

R E P U B L I C A M O L D O V A



N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ț I I

**D.02.07**

CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE, RUTIERE ȘI SPECIALE

**NCM D.02.07:2026**

**Drumuri și poduri  
Proiectarea podurilor și podețelor**

EDIȚIE OFICIALĂ

MINISTERUL INFRASTRUCTURII ȘI DEZVOLTĂRII REGIONALE

CHIȘINĂU 2026

---

**NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII**

---

**NCM D.02.07:2026****Drumuri și poduri  
Proiectarea podurilor și podețelor**

---

**Cuvinte cheie:** proiectare poduri, podețe, rezistență, durabilitate, suprastructură, tablier, pile, infrastructură

---

**Preambul**

1 ELABORAT de către I.P. „Oficiul Amenajarea Teritoriului, Urbanism, Construcții și Locuințe”, grup de creație: conf.univ., dr. Sergiu Bejan, șef lucrări dr.inj. Pințoi Maria-Ramona.

2 ACCEPTAT de către Comitetul Tehnic pentru Normare Tehnică în Construcții CT-C D (01-04) "Construcții hidrotehnice, rutiere și speciale", procesul-verbal nr.     din     .

3 APROBAT prin Ordinul Viceprim-ministrului, ministru al infrastructurii și dezvoltării regionale nr. \_\_\_\_ din \_\_\_\_ 20\_\_ (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2026, nr. \_\_\_\_, din \_\_\_\_), cu aplicare din \_\_\_\_ 2026.

4 ELABORAT PENTRU PRIMA DATĂ.

NOTĂ - În conformitate cu articolului 54 alineatul (3) din Legea nr. 100/2017 privind actele normative, în cazul în care apar discrepanțe între textul în limba română și traducerea acestuia în altă limbă, prevalează prevederile stabilite de textul în limba română.

## Cuprins

| Nr. |                                                                                                  | Pag. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1   | Domeniu de aplicare.....                                                                         | 4    |
| 2   | Referințe normative.....                                                                         | 5    |
| 3   | Termeni și definiții.....                                                                        | 8    |
| 4   | Principii generale.....                                                                          | 11   |
| 5   | Amenajarea podurilor și podețelor.....                                                           | 14   |
| 6   | Cerințele de bază pentru construcțiile de poduri.....                                            | 16   |
| 7   | Gabarite pentru poduri.....                                                                      | 18   |
| 8   | Calculul podurilor și podețelor la acțiunile cursului de apă.....                                | 23   |
| 9   | Acțiuni asupra podurilor.....                                                                    | 25   |
| 10  | Grupări de acțiuni.....                                                                          | 43   |
| 11  | Deformații, deplasări, profilul longitudinal al construcțiilor.....                              | 51   |
| 12  | Tabliere ale suprastructurii.....                                                                | 54   |
| 13  | Alcătuirea căii podului.....                                                                     | 55   |
| 14  | Aparate de reazem.....                                                                           | 61   |
| 15  | Infrastructurile podurilor și podețelor.....                                                     | 65   |
| 16  | Evaluarea impactului asupra mediului.....                                                        | 68   |
| 17  | Particularități de proiectare a podurilor pietonale (pasarele) .....                             | 69   |
| 18  | Pasaje subterane pietonale (galerii pietonale) .....                                             | 70   |
| 19  | Particularități de proiectare ale reconstrucției și reparației podurilor.....                    | 70   |
| 20  | Criteriile de proiectare a pasajelor.....                                                        | 73   |
| 21  | Racordarea podurilor cu rampele de acces.....                                                    | 74   |
| 22  | Evacuarea apelor.....                                                                            | 76   |
| 23  | Edificii și structuri pentru exploatarea și întreținerea podurilor.....                          | 77   |
| 24  | Date privind natura terenului de fundare la poduri.....                                          | 80   |
| 25  | Fundații și determinarea solurilor de fundare.....                                               | 81   |
| 26  | Proiectarea structurilor pentru durabilitate.....                                                | 85   |
| 27  | Structuri din beton și beton armat.....                                                          | 91   |
| 28  | Proiectarea elementelor de beton armat și beton precomprimat.....                                | 105  |
| 29  | Calculul elementelor de beton precomprimat.....                                                  | 118  |
| 30  | Alcătuirea elementelor de beton armat și beton precomprimat.....                                 | 125  |
| 31  | Alcătuirea constructivă a suprastructurilor din grinzi de beton armat și beton precomprimat..... | 137  |
| 32  | Sisteme de izolare pentru poduri.....                                                            | 157  |
| 33  | Structuri din oțel.....                                                                          | 168  |
| 34  | Proiectarea și calculul structurilor din oțel.....                                               | 175  |
| 35  | Cerințe constructive față de structurile din oțel.....                                           | 179  |
| 36  | Structuri mixte oțel - beton armat.....                                                          | 196  |
| 37  | Tabliere cu grinzi înglobate.....                                                                | 214  |
| 38  | Întreținerea podurilor.....                                                                      | 216  |
| 39  | Supravegherea de autor. Urmărirea tehnico-științifică.....                                       | 218  |
|     | Bibliografie.....                                                                                | 219  |



---

# N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ț I I

---

## Proiectarea podurilor și podețelor

Design of bridges and culverts

Проектирование мостов и труб

---

Data punerii în aplicare: 2026-00-00

### 1 Domeniu de aplicare

**1.1** Prezentul document normativ în construcții (denumit în continuare Normativ) stabilește cerințele ce se aplică proiectării, reconstrucției, reparării și întreținerii structurilor de poduri și podețe. Normativul se aplică structurilor existente, precum și celor noi, amplasate pe:

- a) rețeaua rutieră din Republica Moldova, indiferent de regimul de proprietate (drumuri europene, drumuri naționale, drumuri locale, străzi și drumuri comunale);
- b) căi ferate cu ecartament de 1520 mm și 1435 mm;
- c) infrastructuri rutiere și feroviare destinate circulației transportului auto și feroviar.

Prezentul Normativ, NCM D.02.05:2026 "Proiectarea podurilor și podețelor", se elaborează în conformitate cu Caietul de sarcini aprobat de beneficiar, S.A. "Administrația Națională a Drumurilor" (în continuare – AND), ca adaptare a celor mai bune practici în domeniul proiectării structurilor, având ca obiectiv îmbunătățirea cadrului normativ existent prin completarea acestuia cu prevederile EUROCODURILOR (inclusiv anexele naționale), în special ale standardelor SM EN 1990, SM EN 1991-2 "Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri", SM EN 1992-2 "Poduri de beton. Proiectare și prevederi constructive", SM EN 1993-2 "Poduri de oțel" și SM EN 1994 2 "Proiectarea structurilor compozite din oțel și beton. Reguli generale și reguli pentru poduri".

Normativul se aplică pentru toate tipurile de poduri, pasaje, viaducte și podețe, atât pentru lucrări de construcții noi, cât și pentru lucrări de reconstrucție și intervenții asupra structurilor existente, în cadrul rețelilor de infrastructură rutieră și feroviară.

Elaborarea Normativului se realizează în coordonare cu beneficiarul, având la bază anexele naționale ale EUROCODURILOR românești, adaptate și implementate în Republica Moldova prin intermediul Institutului de Standardizare din Moldova (ISM). Ca document de referință se utilizează normativul românesc PD-165 "Normativ privind alcătuirea și calculul structurilor de poduri și podețe de șosea cu suprastructuri monolite și prefabricate", pentru podurile din beton armat, precum și referințele specifice pentru podurile cu suprastructuri din oțel și pentru cele cu suprastructuri mixte oțel-beton.

Pentru structurile dimensionate conform prescripțiilor în vigoare anterior introducerii EUROCODURILOR, beneficiarul are obligația de a preciza, prin tema de proiectare, intensitatea traficului (inclusiv coeficienții de reducere ai acțiunilor din trafic conform SM EN 1991-2), precum și durata de exploatare solicitată după realizarea lucrărilor de reabilitare.

Stabilirea soluțiilor de reparație, reabilitare, consolidare și reconstrucție se realizează pe baza concluziilor rezultate din elaborarea unei expertize tehnice.

**1.2** Prevederile Normativului se aplică, de asemenea și structurilor de pasarele pietonale și galeriilor pietonale de sub/și peste căi ferate, autostrăzi, străzi și drumuri din zonele intravilane și extravilane.

**1.3** Normativul nu se aplică:

- a) structurilor de poduri pe liniile de căi ferate de mare viteză (peste 200 km/h);
- b) structurilor de poduri pe drumuri interioare de uz local (care nu conduc la rețeaua de drumuri publice sau căi fluviale navigabile);
- c) estacade de serviciu și galerii ale clădirilor și structurilor industriale;
- d) structurilor de poduri din lemn, materiale compozite și din piatră ale structurilor de travee.

## 2 Referințe normative

Următoarele documente, în totalitate sau parțial, sunt referințe normative în acest Normativ și sunt indispensabile pentru aplicarea acestuia. Pentru referințele datate, se aplică numai ediția citată. Pentru referințele nedatate, se aplică ultima ediție a documentului la care se face referire (inclusiv, eventualele amendamente):

|                 |                                                                                                                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NCM A.07.06     | Componența și conținutul compartimentului „Protecția mediului” în documentația de proiect                                                  |
| NCM A.08.02     | Securitatea și sănătatea muncii în construcții                                                                                             |
| COD Nr. CUC 434 | Codul Urbanismului și Construcțiilor                                                                                                       |
| NCM C.01.06     | Cerințe generale de securitate pentru obiectele de construcție la folosirea și accesibilitatea lor pentru persoanele cu dizabilități       |
| NCM C.04.02     | Iluminatul natural și artificial.                                                                                                          |
| NCM D.02.01     | Proiectarea drumurilor publice.                                                                                                            |
| NCM E.01.02     | Regulament privind stabilirea categoriilor de importanță a construcțiilor                                                                  |
| NCM E.02.02     | Fiabilitatea elementelor de construcții și terenurilor de fundații. Principii de bază                                                      |
| NCM E.04.04     | Proiectarea protecției anticorozive a construcțiilor                                                                                       |
| NCM F.02.02     | Calcul, proiectarea și alcătuirea elementelor de construcții din beton armat și beton precomprimat                                         |
| NCM D.02.38     | Organizarea lucrărilor de drumuri.                                                                                                         |
| CP C.01.13      | Mediu urban. Reguli de proiectare accesibile pentru persoane cu dizabilități                                                               |
| CP D.01.05      | Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova                                                            |
| CP D.02.05      | Proiectarea podurilor de șosea în zone seismice                                                                                            |
| CP D.02.10      | Recomandări privind siguranța rutieră                                                                                                      |
| CP D.02.11      | Recomandări privind proiectarea străzilor și drumurilor din localități urbane și rurale                                                    |
| CP D.02.24      | Clasificarea și periodicitatea executării lucrărilor de întreținere și reparație a drumurilor publice                                      |
| CP D.02.25      | Mixturi asfaltice executate la cald. Condiții tehnice de proiectare, preparare și punere în operă a mixturilor asfaltice                   |
| CP D.02.26      | Reguli privind efectuarea inspecției, diagnosticării, stabilirea stării tehnice a lucrărilor de artă (poduri, podețe) amplasate pe drumuri |
| CP D.02.30      | Reglementări privind protecția mediului în activitatea de proiectare, construcție, modernizare, reabilitare și întreținere a drumurilor.   |
| CP D.02.36      | Ghid privind efectuarea înregistrării circulației rutiere pe drumurile publice.                                                            |
| CP D.02.42      | Proiectarea infrastructurii pentru transportul verde. Infrastructura pentru biciclete.                                                     |

|                              |                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CP D.03.01                   | Căile ferate cu ecartamentul 1520 mm.                                                                                                                                      |
| CP D.03.02                   | Proiectarea terasamentului căilor ferate cu ecartamentul 1520 mm                                                                                                           |
| SM EN 1990:2023              | Eurocod 0: Bazele proiectării structurale și geotehnice.                                                                                                                   |
| SM EN<br>1990:2011/NA:2018   | Anexa națională. Eurocod: Bazele proiectării structurilor                                                                                                                  |
| SM EN 1991-1-1               | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Greutăți specifice ale materialelor, greutăți proprii ale lucrărilor de construcții și încărcări utile pentru clădiri. |
| SM EN 1991-1-1:2015/NA:2018  | Anexa națională. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale. Greutăți specifice, greutăți proprii, încărcări utile pentru clădiri.               |
| SM EN 1991-1-2               | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-2: Acțiuni asupra structurilor expuse la foc.                                                                             |
| SM EN 1991-1-2:2016/NA:2018  | Anexa națională. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-2: Acțiuni generale. Acțiuni asupra structurilor expuse la foc.                                          |
| SM EN 1991-1-4:2011          | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-4: Acțiuni generale. Acțiuni ale vântului                                                                                 |
| SM EN 1991-1-4:2011/NA:2018  | Anexa națională. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-4: Acțiuni generale. Acțiuni ale vântului                                                                |
| SM EN 1991-1-5:2011/NA:2018  | Anexa națională. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-5: Acțiuni generale. Acțiuni termice                                                                     |
| SM EN 1991-2:2011            | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri                                                                                             |
| SM EN 1992-2:2011            | Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 2: Poduri de beton. Proiectare și prevederi constructive                                                              |
| SM EN 1993-2                 | Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 2: Poduri de oțel                                                                                                      |
| SM EN 1993-2:2011/AC:2015    | Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 2: Poduri de oțel                                                                                                      |
| SM EN 1993-1-8:2024          | Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-8: Îmbinări.                                                                                                         |
| SM EN 1993-1-10:2011/NA:2019 | Anexa națională. Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-10: Alegerea claselor de calitate a oțelului                                                        |
| SM EN 1993-1-13:2024         | Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-13: Grinzi cu deschideri mari.                                                                                       |
| SM EN 1994-2:2011            | Eurocod 4: Proiectarea structurilor compozite de oțel și beton. Partea 2: Reguli generale și reguli pentru poduri.                                                         |
| SM EN 1994-2:2011/AC:2011    | Erată. Eurocod 4: Proiectarea structurilor compozite de oțel și beton. Partea 2: Reguli generale și reguli pentru poduri.                                                  |
| SM EN 1994-2:2011/NA:2020    | Anexa națională. Eurocod 4: Proiectarea structurilor compozite de oțel și beton. Partea 2: Reguli generale și reguli pentru poduri.                                        |
| SM EN 1998-2:2011/A2:2015    | Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 2: Poduri                                                                                        |
| SM EN 1998-2:2011/NA:2019    | Anexa națională. Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 2: Poduri                                                                       |

|                            |                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SM EN 1997-1:2004          | Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1:Reguli generale.                                                                                                                                    |
| SM EN 1997-2:2024          | Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2:Proprietăți ale terenului.                                                                                                                          |
| SM EN 1997-3:2025          | Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 3:Structuri geotehnice.                                                                                                                               |
| SM EN 15273-3+A1:2017      | Aplicații feroviare. Gabarite. Partea 3: Gabarit de liberă trecere.                                                                                                                             |
| SM EN 1337-1:2015          | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 1: Reguli generale de proiectare.                                                                                                                    |
| SM SR EN 1337-2:2013       | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 2: Elemente de alunecare                                                                                                                             |
| SM SR EN 1337-3:2010       | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 3: Aparate de reazem din elastomeri.                                                                                                                 |
| SM SR EN 1337-4:2010       | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 4: Aparate de reazem cu rulouri.                                                                                                                     |
| SM SR EN 1337-5:2010       | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 5: Aparate de reazem tip oală.                                                                                                                       |
| SM SR EN 1337-6:2010       | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 6: Aparate de reazem cu balansiere                                                                                                                   |
| SM EN 1337-10:2015         | Aparate de reazem pentru structuri. Partea 10: Inspecție și întreținere                                                                                                                         |
| SM EN 1793                 | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Metodă de încercare pentru determinarea performanței acustice.                                                                     |
| SM SR EN 12620+A1:2010     | Agregate pentru beton                                                                                                                                                                           |
| SM EN 1793 (pe părți)      | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Metodă de încercare pentru determinarea performanței acustice.                                                                     |
| SM EN 1090-2+A1:2024       | Execuția structurilor de oțel și structurilor de aluminiu. Partea 2: Cerințe tehnice pentru structuri de oțel                                                                                   |
| SM CR 12793:2017           | Măsurarea adâncimii stratului de carbonatare a betonului întărit                                                                                                                                |
| SM ISO 2394:2021           | Principii generale de fiabilitate a construcțiilor                                                                                                                                              |
| SM EN 206:2013+A2:2021     | Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate                                                                                                                                     |
| SM SR 1848-7:2017/A91:2021 | Semnalizare rutieră. Marcaje rutiere                                                                                                                                                            |
| SM EN 1790:2016            | Produse pentru marcare rutieră. Marcaje rutiere prefabricate                                                                                                                                    |
| SM CEN/TR 17172:2022       | Programul încercărilor de validare a metodelor standardizate de încercare referitoare la penetrarea clorurilor și carbonizare                                                                   |
| SM SR EN 1504-7:2010       | Produse și sisteme pentru protecția și repararea structurilor de beton. Definiții, condiții, control de calitate și evaluarea conformității. Partea 7: Protecția armăturii împotriva coroziunii |
| SM SR EN 1317 (pe părți)   | Dispozitive de protecție la drumuri.                                                                                                                                                            |
| SM EN ISO 6504-3           | Vopsele și lacuri. Determinarea puterii de acoperire. Partea 3: Determinarea puterii de acoperire a vopselelor pentru zidărie, beton și uz intern                                               |

|                           |                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SM SR EN 10080            | Oțeluri pentru armarea betonului. Oțeluri sudabile pentru beton armat. Generalități                                                                                                             |
| SM EN ISO 15630-1         | Oțeluri pentru armarea și precomprimarea betonului. Metode de încercare. Partea 1: Bare, sârme laminate și sârme pentru armarea betonului                                                       |
| SM SR EN 10025-1          | Produse laminate la cald din oțeluri pentru construcții. Partea 1: Condiții tehnice generale de livrare                                                                                         |
| SM EN 10025-2             | Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 2: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții nealiat                                                                |
| SM EN 10025-3             | Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 3: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții sudabile cu granulație fină în stare normalizată/laminare normalizantă |
| SM EN 10025-4             | Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 4: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții sudabile cu granulație fină obținute prin laminare termomecanică       |
| SM EN 10025-5             | Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 5: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții cu rezistență îmbunătățită la coroziunea atmosferică                   |
| SM EN 10025-6             | Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 6: Condiții tehnice de livrare pentru produse plate din oțeluri cu limită de curgere ridicată în stare călită și revenită           |
| SM EN 10164               | Produse din oțel cu proprietăți de deformare îmbunătățite perpendicular pe suprafața produsului. Condiții tehnice de livrare                                                                    |
| SM SR EN ISO 13920        | Sudare. Toleranțe generale pentru construcții sudate. Dimensiuni pentru lungimi și unghiuri. Forme și poziții                                                                                   |
| SM STAS 5626:2005         | Poduri. Terminologie.                                                                                                                                                                           |
| SM SR 4032-1:2013         | Lucrări de drumuri. Terminologie                                                                                                                                                                |
| SM CEN/TS 12390-9         | Încercare pe beton întărit. Partea 9: Rezistență la îngheț-dezgheț cu ajutorul sărurilor de dezghețare. Exfoliere                                                                               |
| SM EN ISO 14688-1         | Investigații și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere                                                                           |
| SM EN ISO 14688-2         | Investigații și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare                                                                      |
| SM EN 13108 (pe părți)    | Mixturi asfaltice. Specificații pentru materiale.                                                                                                                                               |
| SM SR EN 13450            | Agregate pentru balast de cale ferată                                                                                                                                                           |
| SM SR EN 13043            | Agregate pentru amestecuri bituminoase și pentru finisarea suprafețelor, utilizate la construcția șoselelor, a aeroporturilor și a altor zone cu trafic.                                        |
| SM EN ISO 898-2           | Elemente de asamblare. Caracteristici mecanice ale elementelor de asamblare executate din oțel carbon și oțel aliat. Partea 2: Piulițe de clase de calitate specificate                         |
| SM SR EN 12385-10+A1:2011 | Cabluri de oțel. Securitate. Partea 10: Cabluri elicoidale pentru aplicații generale în construcții                                                                                             |
| SM EN 10293               | Oțeluri turnate. Oțeluri turnate pentru utilizări tehnice generale                                                                                                                              |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SM ISO 4995      | Table laminate la cald din oțel de construcție                                                                                                                                                                                                                              |
| SM EN ISO 9692-1 | Sudare și procedee conexe. Tipuri de pregătire a îmbinărilor. Partea 1: Sudare manuală cu arc electric cu electrod învelit, sudare cu arc electric cu electrod fuzibil în mediu de gaz protector, sudare cu gaze, sudare WIG și sudare cu fascicule de energie a oțelurilor |
| SM EN ISO 898-1  | Caracteristici mecanice ale elementelor de asamblare executate din oțel carbon și oțel aliat. Partea 1: Șuruburi parțial și complet filetate și prezoane de clase de calitate specificate. Filete cu pas grosolan și filete cu pas fin.                                     |
| SM EN ISO 4014   | Elemente de asamblare. Șuruburi cu cap hexagonal parțial filetate. Grade A și B.                                                                                                                                                                                            |
| SM EN 10056-1    | Corniere cu aripi egale și inegale din oțel pentru construcții. Partea 1: Dimensiuni.                                                                                                                                                                                       |
| SM EN 10056-2    | Corniere cu aripi egale și inegale din oțel pentru construcții. Partea 2: Toleranțe la formă și la dimensiuni.                                                                                                                                                              |
| SM EN 10051      | Table, benzi late laminate continuu la cald și benzi fâșiate, din oțeluri aliate și nealiate. Toleranțe la dimensiuni și de formă.                                                                                                                                          |
| SM EN ISO 4032   | Elemente de asamblare. Piulițe hexagonale normale (stil 1).                                                                                                                                                                                                                 |
| SM EN 485-1      | Aluminiu și aliaje de aluminiu. Table, benzi și table groase. Partea 1: Condiții tehnice de inspecție și de livrare.                                                                                                                                                        |
| SM SR EN 573-1   | Aluminiu și aliaje de aluminiu. Compoziția chimică și forma produselor obținute prin deformare plastică. Partea 1: Sistem numeric de simbolizare                                                                                                                            |

### 3 Termeni și definiții

Pentru interpretarea corectă a prezentului Normativ se aplică termenii și definițiile din SM STAS 5626:2005, SM SR 4032-1:2013 și a normativului românesc PD-165 cu următoarele completări:

#### 3.1

##### **pod**

construcție inginerescă destinată asigurării continuității unei căi de comunicație peste un obstacol natural sau artificial, prin realizarea unei deschideri care permite traversarea acestuia.

Principalele elemente ale unui pod sunt:

- suprastructura;
- infrastructura

#### 3.2

##### **pod oblic**

construcție, de regulă, mai lungă decât un pod drept, determinată de formele speciale ale elementelor de infrastructură (pile și culee), valoarea lungimii depinzând în mod direct de valoarea unghiului la care axa podului intersectează axa obstacolului traversat.

Oblicitatea la stânga: dacă, față de perpendiculara pe zidul de gardă al culeei, podul se vede în stânga.

Oblicitatea la dreapta: dacă, față de perpendiculara pe zidul de gardă al culeei, podul se vede în dreapta.

#### 3.3

##### **pod drept (normal)**

axele infrastructurilor sunt perpendiculare pe axa longitudinală a podului.

#### 3.4

##### **suprastructura**

parte a construcției pe care se așează calea de rulare a vehiculelor și care suportă încărcarea transmisă de acestea. Suprastructura este elementul principal al structurii de rezistență și asigură continuitatea căii deasupra obstacolului.

Elementele suprastructurii sunt:

- *calea de rulare*, având rolul de a crea o suprafață continuă pentru circulația vehiculelor și a pietonilor, fiind alcătuită din partea carosabilă și trotuare.
- *platelajul* este elementul de construcție ce susține calea și transmite încărcările la structura principală de rezistență. În cazul podurilor din beton armat platelajul este alcătuit din placă și antretoaze sau numai din placă.

*Elementul principal de rezistență* sustine platelajul și transmite, direct sau prin intermediul aparatelor de reazem, incarcările la infrastructura.

În cazul podurilor masive elementul principal de rezistență poate fi:

- dală;
- grindă;
- cadru;
- arc;
- boltă.

Racordarea cu terasamentele din spatele culeei se poate face:

- cu sferturi de con;
- cu aripi;
- cu plăci de racordare.

*Traveea* este porțiunea de pod între două elemente de infrastructura învecinate.

### 3.5

#### **infrastructura**

partea din construcție ce susține suprastructura și transmite încărcările la terenul de fundație. Infrastructura este alcătuită din culei la podurile cu o singură travee și din culei și pile la podurile cu două sau mai multe travee. Elementele constitutive ale unei infrastructuri sunt: fundația și elevația.

### 3.6

#### **deschiderea**

este proiecția pe orizontala a distanței dintre axele a două aparate de reazem succesive ale aceluiași element de rezistență. În cazul bolților și arcelor dublu incastrate deschiderea se măsoară între centrele de greutate ale secțiunilor de incastrare.

### 3.7

#### **lumina**

este distanța măsurată pe orizontala, între fetele a două elemente de infrastructura consecutive.

### 3.8

#### **lumina totală**

este suma luminilor unui pod cu mai multe travei.

### 3.9

#### **lungimea suprastructurii**

este distanța între extremitățile suprastructurii podului măsurată în axul podului, între fețele zidurilor întoarse ale culeilor.

### 3.10

#### **lungimea totală a podului**

este lungimea între fetele extreme ale culeilor, măsurată în ax (lungimea suprastructurii + lungimea zidurilor întoarse ale culeilor). La pasarele se include și lungimea scarilor de acces.

### 3.11

#### **înălțimea de construcție**

este diferența de nivel între partea cea mai ridicată a cailor și partea cea mai de jos a suprastructurii în partea de deformare maximă.

### 3.12

#### **înălțimea de liberă trecere pe sub pod**

este diferența între nivelul cel mai ridicat al apelor sau al obstacolului traversat și nivelul cel mai de jos al suprastructurii, în stare de deformare maximă.

### 3.13

#### **gabariul de libera trecere pe pod**

este conturul geometric în plan vertical, perpendicular pe axa caili, în care nu este necesar să patrundă nici un obiect sau element de construcție al podului.

### 3.14

#### **latimea podului**

este distanța dintre fetele interioare ale parapetului, la nivelul mâinii curente.

### 3.15

#### **debuseul podului**

este capacitatea de scurgere a apelor sub pod astfel încât să se asigure trecerea flotantilor, a gheturilor și după caz, plutaritul sau navigația.

### 3.16

#### **debitul de calcul**

este debitul considerat în calculul luminii totale a podului.

### 3.17

#### **nivelul apelor extraordinare (NAE)**

este nivelul apelor mari maxim cunoscut în ultimii 5 ani.

### 3.18

#### **nivelul apelor mici (Nam)**

este nivelul minim al apelor cunoscut în ultimii 5 ani.

### 3.19

#### **etiajul**

este nivelul mediu al celor mai scăzute ape considerate pe o perioadă lungă de timp (10...30 ani).

### 3.20

#### **afuiere**

este acțiunea de erodare a fundului albiei de către curentul unei ape curgătoare.

### 3.21

#### **rezistență (capacitate portantă)**

capacitatea unei structuri sau a unei părți a acesteia de a rezista acțiunilor fără a ceda.

### 3.22

#### **situație de proiectare**

condiții fizice care pot să apară într-un interval de timp, pentru care este necesar să se demonstreze, cu suficientă fiabilitate, că stările limită considerate nu sunt depășite.

### 3.23

#### **scafă**

reprezintă o decupare circulară sau eliptică practică în inima unei grinzi sau într-o rigidizare pentru a permite trecerea unei suduri continue sau pentru a evita intersecția sudurilor.

### 3.24

#### **dorn**

Unealtă de oțel cu care se fac sau se largesc găuri în tablă, la poduri metalice pentru gaurile destinate niturilor sau șuruburilor în noduri și gusee.

## **4 Principii generale**

**4.1** Podurile sunt lucrări de artă realizate pentru susținerea unei căi de comunicație și asigurarea continuității ei peste un obstacol întâlnit pe traseu, obstacol pe care calea de comunicație îl traversează denivelat.

Podurile asigură și continuitatea obstacolului traversat de calea de comunicație respectivă, sub pod rămânând un spațiu liber ce face posibil acest lucru. Podurile pot fi amplasate peste cursuri de apă, peste văi uscate sau peste alte căi de comunicație existente, sau să înlocuiască un terasament.

**4.2** Un parametru foarte important ce influențează în mod direct și fundamental soluția, în vederea construirii unui pod, este deschiderea podului, care reprezintă distanța teoretică măsurată pe orizontală între punctele de rezemare (axele aparatelor de reazem) ale suprastructurii pe două infrastructuri consecutive (pile sau culee).

### 4.3 Clasificarea podurilor

Clasificarea podurilor se poate face după mai multe criterii, dintre care:

- a) După natura caii de transport pe care o susține:
  - pod de cale ferată
  - pod de șosea
  - pasarela (destinată circulației pietonilor)
  - pod apeduct (pod canal, care susține un curs de apă, un canal navigabil)
  - pod ecoduct (destinate pentru migrarea și traversarea animalelor salbatice)
  - pod tehnic (destinat pentru traversarea conductelor, sau a anumitor rețele)
- b) După natura obstacolului traversat:
  - pod – traversează un curs de apă
  - viaduct - care traversează o vale adâncă
  - pod galerie – destinat pentru protecția de avalanșe în zone muntoase
  - pod balcon - destinat pentru zone muntoase
  - estacadă – pod ce înlocuiește un rambleu/un terasament înalt
  - pasaj – pod ce traversează o cale de transport (drum sau cale ferată)
- c) După mărimea deschiderii:
  - podeț – pod având deschiderea mai mică de  $< 5$  m
  - pod mic – pod cu deschiderea maximă între  $5 < L \leq 20$  m
  - pod mijlociu – pod la care deschiderea cea mai mare este de  $20 < L \leq 50$  m
  - pod mare – pod la care deschiderea cea mai mare este de  $50 < L \leq 100$  m
  - pod foarte mare – pod având cel puțin o deschidere peste  $> 100$  m
- d) După materialul din care este realizată suprastructura:
  - Pod din lemn
  - pod metalic
  - pod din zidărie (caramida sau piatră)
  - pod din beton
  - pod din beton armat
  - pod din beton precomprimat
  - pod cu suprastructura mixtă (oțel–beton armat sau oțel–beton precomprimat)

Podurile din zidărie, beton, beton armat sau beton precomprimat poartă denumirea de poduri masive, deoarece sunt caracterizate prin greutate proprie mare.

- e) După schema statică a structurii de rezistență podurile masive pot fi:
  - dale sau grinzi simplu rezemate
  - dale sau grinzi cu console
  - dale cu grinzi continue
  - cadre
  - arce – pereți sau șaibe
  - arce sau bolti
  - mixtă (când sunt combinate două sau mai multe scheme statice)
- f) După modul de execuție podurile din beton armat sau beton precomprimat pot fi:
  - monolite
  - cu elemente preturnate
  - cu elemente prefabricate
  - mixte (când este îmbinată execuția prefabricată cu cea monolită)

Pentru simplificarea în continuare se va utiliza sintagma de pod și pentru viaducte și pasaje, estacade, galerii, balcoane, etc.

### 4.4 Caracteristici de transport și exploatare ale structurilor de poduri

**4.4.1** La proiectarea structurilor de poduri (denumite în continuare - poduri), este necesar să fie asigurate următoarele caracteristici de transport și exploatare:

- a) funcționale;

- b) de asigurare a vitalității;
- c) de exploatare;
- d) social-economice.

#### 4.4.1.1 Caracteristicile funcționale:

- a) capacitatea de transport;
- b) capacitatea de încărcare;
- c) siguranța și confortul traficului;
- d) durabilitate și fiabilitate.

#### 4.4.1.2 Caracteristici care asigură cerințele fundamentale aplicate construcțiilor conform codului urbanismului și construcțiilor:

- a) Cerința 1 – Integritatea structurală a construcțiilor;
- b) Cerința 2 – Protecția construcțiilor împotriva incendiilor;
- c) Cerința 3 – Protecția lucrătorilor și a utilizatorilor construcțiilor împotriva efectelor negative asupra condițiilor de igienă și a sănătății, determinate de construcții;
- d) Cerința 4 – Protecția lucrătorilor și utilizatorilor construcțiilor împotriva vătămărilor corporale, determinate de construcții;
- e) Cerința 5 – Rezistența la propagarea sunetului și proprietățile acustice ale construcțiilor;
- f) Cerința 6 – Eficiența energetică și performanța termică a construcțiilor;
- g) Cerința 7 – Prevenirea emisiilor periculoase în mediul ambiant, determinate de construcții;
- h) Cerința 8 – Utilizarea durabilă a resurselor naturale din care sunt realizate construcțiile.

#### 4.4.1.3 Caracteristicile de exploatare:

- a) accesibilitate pentru grupurile de persoane cu mobilitate redusă;
- b) accesibilitate pentru reparații și întreținere;
- c) capacitatea de reparare (mentenanță).

#### 4.4.1.4 Caracteristici socioeconomice:

- a) economicitate și raționalitatea de planificare;
- b) compatibilitatea cu mediul;
- c) expresivitatea arhitecturală și cromatică.

### 4.5 Durata de viață proiectată

**4.5.1** Durata de viață proiectată pentru poduri și podețe, în conformitate p.2.3 tabelul 1 SM EN 1990, respectiv cu NCM E.01.02, este necesar să fie 100 de ani.

**4.5.2** Durata de viață proiectată a elementelor podului, în condiții normale de întreținere și reparații, este prezentată în tabelul 4.1.

**Tabelul 4.1 - Durata de viață proiectată a elementelor podului**

| Elemente ale podului                                                                                                                                                      | Durata de viață proiectată, ani, minimum |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Structuri de tabliere cu deschideri de beton, beton armat, oțel, oțel-beton, inclusiv elementele de infrastructură: pile și culee                                         | 100                                      |
| Structuri de tabliere cu deschideri de până la 33 m inclusiv, inclusiv elementele infrastructurii după reconstrucție                                                      | 30                                       |
| Structuri de tabliere cu deschideri de peste 33 m inclusiv, inclusiv elementele infrastructurii după reconstrucție                                                        | 50                                       |
| Stratul de uzură a îmbrăcămintei părții carosabile a podurilor de pe drumurile naționale și urbane pentru care intensitatea depășesc $MZA \geq 16000 \text{ veh.fiz/zi}$  | 4                                        |
| Stratul de uzură a îmbrăcămintei părții carosabile a podurilor de pe drumurile naționale și din urbane pentru care intensitatea depășesc $MZA < 16000 \text{ veh.fiz/zi}$ | 7                                        |
| Îmbrăcămintea părții carosabile a podurilor de pe drumurile locale, în localitățile rurale                                                                                | 10                                       |
| Hidroizolarea căii de rulare a podurilor                                                                                                                                  | minim 15                                 |
| Sistem de evacuare și drenare a apelor                                                                                                                                    | 20                                       |

| Elemente ale podului                                                                                     | Durata de viață proiectată, ani, minimum    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Rosturi de dilatație-contrație                                                                           | ca pentru îmbrăcăminte<br>părții carosabile |
| Parapete de siguranță ale podurilor:<br>- tip parapet din beton armat;<br>- tip barieră/grindă metalică. | 30<br>15                                    |
| Aparate de reazem din cauciuc/neopren                                                                    | ≥ 25                                        |
| Aparate de reazem metalice                                                                               | 50                                          |
| Accesorii pentru întreținere / de mentenanță                                                             | 50                                          |
| Elemente compozite provizorii (cu elemente de exploatare temporară)                                      | 30                                          |

## 4.6 Cerințe privind siguranța

**4.6.1** La toate etapele a ciclului de viață, al unei structuri de pod, este necesar asigurate următoarele:

- protecția vieții și (sau) a sănătății cetățenilor și a bunurilor;
- protecția mediului, a animalelor și a plantelor;
- eficiența energetică și conservarea resurselor;
- prevenirea acțiunilor care induc în eroare consumatorii cu privire la destinația și siguranța acestora.

**4.6.1.1** Realizarea acestor cerințe este asigurată prin respectarea cerințelor prezentului Normativ și a altor reglementări tehnice interdependente.

**4.6.2** Construcția structurilor de poduri cu o lungime mai mare de 300 m, structuri de poduri pe cablu și suspendate, structuri de poduri cu scheme structurale complexe, structuri de poduri cu structuri experimentale utilizate pentru prima dată, precum și reconstrucția sau reparația capitală a structurilor de poduri urbane cu o lungime mai mare de 150 m, cu scheme structurale complexe, este necesar să fie asigurate de sprijin științific și tehnic pentru a atinge calitatea și siguranța necesară ale structurii prin identificarea și eliminarea în timp util a posibilelor abateri potențial periculoase de la proiect, precum și prin elaborarea, împreună cu executantul de lucrări și cu elaboratorul documentației de proiectare a unor soluții, care să asigure atingerea indicatorilor de calitate și siguranță specificați (Conlucrare asigurată de comitetele tehnice de profil).

## 5 Amplasarea podurilor și podețelor

**5.1** Stabilirea lungimii podurilor. Principalul criteriu de stabilire a lungimii unui pod îl constituie condițiile hidraulice de scurgere a apelor de sub pod, inclusiv condițiile geometrice și de relief a obstacolului traversat.

**5.2** Lumina totală a podului, care reprezintă distanța măsurată pe orizontală între fețele culeelor este elementul ce se dimensionează prin calculul hidraulic.

**5.3** Calculul lungimii podurilor și podețelor în cazul depășirii obstacolelor de ape, se face conform CP D.01.05 "Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova", pentru aceasta se stabilesc în conformitate cu prevederile NCM E.01.02 categoria de importanță a podului.

**5.3.1** Calculul lungimii podețelor va depinde și de înălțimea terasamentului proiectat, reeșind din condițiile de exploatare a acestora post execuție. Pentru podețele amplasate pe drumuri de categoriile tehnice I-III, este interzisă proiectarea și amenajarea podețelor cu diametre mai mici de 1,0m.

**5.4** Încadrarea podului într-o anumită categorie din punct de vedere hidrotehnic se face în funcție de tipul de importanță a drumurilor pe care este amplasat podul (autostradă, drumuri naționale, drumuri locale și comunale).

**5.5** În funcție de aceasta clasa de importanta, se stabilește în conformitate cu CP D.01.05 probabilitatea anuală de depășire a debitelor maxime în condiții normale de exploatare pe baza căruia se determina debitul de calcul.

**5.6** În funcție de valoarea debitului de calcul și de caracteristicile albiei cursului de apă, se calculează toate elementele principale ale podului: lungime, număr de deschideri, nivelul maxim al apei, afuieri generale și locale, lucrări de protecție și dirijare.

**5.7** Înălțimea de liberă trecere sub pod determina poziționarea în plan vertical a podului, iar pe baza ei și a înălțimii de construcție, se calculează cotele căii pe pod, prin înălțimea de liberă trecere se înțelege distanța între nivelul apelor la debitul de calcul și cota minimă a intradosului suprastructurii podului.

**5.8** Pentru cursurile de apă navigabile cota căii pe pod se stabilește în funcție de înălțimea dreptunghiului de navigație și plutărit.

**5.9** În cap. 7 a prezentului Normativ sunt date înălțimile de liberă trecere pentru diferite tipuri de poduri și valori ale debitelor de calcul.

**5.10** Lungimea pasajelor și viaductelor se determina din considerente tehnice (traversarea de obstacole, drumuri, cai ferate) și economice. Lungimea optimă se stabilește prin compararea indicilor tehnico-economici între soluția cu viaduct și soluția cu rampe.

**5.11** Latimea podurilor, pasajelor și a viaductelor. Prin latimea podului se înțelege distanța dintre fetele interioare ale parapetelor, la nivelul mâinii curente. În secțiunea transversală, latimea podurilor se stabilește de la caz la caz în funcție de lățimea părții carosabile a categoriei tehnice de drum pe care este amplasat podul, lățimile de gabarit conform cap. 7 a normativului, dar și raportat la NCM D.02.01 "Proiectarea drumurilor publice", respectiv CP D.02.11 "Recomandări privind proiectarea străzilor și drumurilor din localități urbane și rurale", aprobate de organul central de specialitate.

**5.12** În cazul podurilor în curbă, la determinarea lățimii părții carosabile se va ține seama de supralargire conform NCM D.02.01 și CP D.02.11 care se adaugă la latimea stabilită pentru podurile în aliniament.

**5.13** Alegerea amplasamentului trecerii/traversării, poziția structurii în plan și profil și secționarea podurilor în deschideri este necesar să se efectueze ținând seama de condițiile de trasare a drumului sau căii ferate, de soluțiile de planificare urbană adoptate, precum și de procesele geologice periculoase, condițiile de albie, hidrogeologice, ecologice, peisagistice și alte condiții locale care afectează performanța tehnică, economică și operațională a tronsonului (liniei) de drum respectiv.

**5.14** La selectarea amplasamentului unui pod ce traversează râuri navigabile, în funcție de posibilitate este necesar să se efectueze:

- podul este necesar să fie amplasat perpendicular pe curentul de apă (cu o înclinare de cel mult  $10^\circ$ ) pe o secțiune de aliniament cu o albie stabilă, într-un loc cu o luncă inundabilă îngustă (slab inundată), îndepărtată de rifturile fluviale la o distanță de cel puțin 1,5 ori lungimea de calcul a garniturii de nave sau de plute;
- să alinieze centrul deschiderilor navigabile cu axa căii navigabile corespunzătoare, ținând seama de posibilele remodelări a albiei și deplasări ale canalului, în timpul duratei de viață proiectată a podului;
- să asigure paralelismul reciproc dintre axa cursului navei, direcția curentului de apă și planurile pilelor, orientate spre deschiderile navigabile;
- abaterea de la paralelismul dintre cursul navei și direcția curentului fluvial nu este necesar să depășească  $10^\circ$ ;
- nu se va admite o creștere a vitezei cursului de apă al nivelului proiectat navigabil, cauzat de construirea traversării de pod, mai mare de 20 % pentru vitezele apei în condiții naturale, de până la 2 m/s și de 10 % pentru vitezele apei de peste 2,4 m/s (pentru vitezele apei în condiții naturale de peste 2 m/s și până la 2,4 m/s, procentul de creștere admisibil al vitezei medii este necesar determinat prin interpolare);
- secțiunea transversală ale pilelor de albie a podului, în limitele inundării, până la nivelul apei (luând în considerare efectul retenției și acțiunii valurilor) la debitul maxim al celei mai mari inundații, este necesar să fie, de regulă, prevăzută de formă hidrodinamică a aerbecului și avanbecului, după caz se vor construi și elemente de siguranță/protecție a pilelor.

**5.15** Numărul și dimensionarea structurilor de podețe la traversarea unui curs de apă, este necesar stabilite pe baza calculelor hidrometeorologice, totodată este necesar luat în considerare impactul ulterior al structurilor de podețe asupra mediului.

**5.15.1** Trecerea mai multor cursuri de apă (afluenți) printr-o singură structură de podeț este necesar să fie justificată, iar în prezența aluviunilor noroioase, a solurilor loess și a posibilității de formare a gheții o astfel de soluție nu este permisă.

**5.15.2** Nu este permisă proiectarea podețelor circulare sau dreptunghiulare cu mai mult de 2 deschideri în zonele cu înmămolire permanentă, viituri în apropierea livezilor, viilor și plantațiilor forestiere, în cazul drumurilor și căilor ferate, care se află de-a lungul luncilor inundabile, paralele cu cursurile de apă, cu niveluri de inundare (subinundare) parțială sau completă a deschiderilor podețelor.

**5.15.2.1** Nu este permisă proiectarea podețelor cu regimul înecat de lucru a debitelor pe drumurile de categorii superioare și pentru toate podețele tubulare cu fundații predispuse la afuiere, se impune calculul exact al remuului debitelor apei.

**5.15.3** Proiectarea podețelor cu mai mult de 2 deschideri cu condiții favorabile de funcționare și de trecere a viiturilor de proiectare, este permisă pe baza unei comparații tehnice și economice cu un pod sau podeț cu o singură deschidere.

**5.16** Podurile de cale ferată cu cale de balast, podurile rutiere și urbane de dimensiuni mici și medii, precum și podețele, pot fi amplasate pe secțiuni de drum (stradă) cu orice profil și plan, adoptate pentru drumul (strada) în curs de proiectare.

Podurile de cale ferată cu cale de rulare fără balast este necesar amplasate pe secțiuni de cale dreaptă/rectilie, platforme orizontale sau pante, declivitatea cărora nu depășește 0,4%. Amplasarea unor astfel de poduri pe pante mai mari de 0,4% și, pe curbele din planul căilor ferate ale întreprinderilor, este permisă numai pe baza unui studiu de fezabilitate.

**5.17** Declivitatea longitudinală a părții carosabile a podurilor mari nu este necesar să fie mai mare de, %.

- 3 % - pentru podurile rutiere;
- 6 % - pentru podurile urbane și intersecțiile denivelate a pasajelor peste drumul principal;
- 15 % - pentru podurile din zonele cu relief muntos și de deal (de zidărie).

**5.17.1** În cazul în care este necesară amplasarea structurii podului pe pante mai mari de 4 %, urmează să fie utilizate îmbrăcămînțile părții carosabile cu rugozitate sporită și parapeti cu capacitate de rezistență sporită.

**5.18** Grosimea materialului de umplutură peste elementele sau casetele podețelor, sau plăcile de planșeu (inclusiv galeriile pietonale), precum și peste bolțile podurilor, nu este necesar să fie mai mică decât cea specificată în tabelul 5.1.

**Tabelul 5.1 - Grosimea materialului de umplutură**

| Căi de comunicații terestre                                                                                                                                                                                                                         | Grosimea materialului de umplutură*, deasupra podețelor, m |                              |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                     | tubulare din beton armat                                   | tubulare și gofrate metalice | peste bolțile podurilor |
| Căi ferate:                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |                              |                         |
| - rețeaua generală și căile de acces ale întreprinderilor;                                                                                                                                                                                          | 1,0                                                        | 1,2                          | 0,7                     |
| - căi ferate interne ale întreprinderilor.                                                                                                                                                                                                          | 0,4                                                        | 1,0                          | 0,7                     |
| Drumuri publice, drumuri și străzi urbane, localități și așezări rurale, precum și în întreprinderi industriale.                                                                                                                                    | 0,5                                                        | 0,5**                        | 0,2                     |
| Drumuri intergospodărești din întreprinderile și organizațiile agricole, drumuri de interes local.                                                                                                                                                  | 0,2***                                                     | —                            | —                       |
| * Este determinat de la partea superioară a elementului podețului (planșeului) sau de la partea superioară a bolții până la partea inferioară a traverselor - pe căile ferate, sau până la partea inferioară a structurii rutiere - pentru drumuri; |                                                            |                              |                         |
| **Nu mai puțin de 0,8 m de la partea superioară a elementului podețului până la suprafața îmbrăcămînței rutiere;                                                                                                                                    |                                                            |                              |                         |
| ***Nu mai puțin de 0,5 m până la nivelul muchiei terasamentului.                                                                                                                                                                                    |                                                            |                              |                         |
| NOTA 1 - Grosimea umpluturii peste elementele tubulare sau casetate din beton armat și galeriile pietonale situate în interiorul gărilor poate fi mai mică de 1 m;                                                                                  |                                                            |                              |                         |
| NOTA 2 - În cazuri justificate, pe străzi și drumuri, grosimea umpluturii peste conducte și rigole închise poate fi mai mică de 0,5 m.                                                                                                              |                                                            |                              |                         |

## 6 Cerințele de bază pentru construcțiile de poduri

**6.1** Soluțiile structurale, arhitecturale și de sistematizare a podurilor, materialele și produsele utilizate este necesar să fie fezabile din punct de vedere tehnologic și executabile în timpul construcției, întreținerii curente, în perioada de exploatare, reparații și reconstrucției.

**6.1.1** În proiectele podurilor de cale ferată este necesar să fie prevăzută posibilitatea utilizării acestora la construcția unei căi secundare și la înlocuirea deschiderilor pe rețeaua de exploatare.

**6.1.2** La utilizarea elementelor tip sau a pieselor standard în structurile de construcții, este necesar să se țină seama de toleranțele admisibile de formă și dimensiuni geometrice stabilite pentru acestea. Pentru elementele și produsele non-standard, se pot stabili propriile valori ale abaterilor admisibile, cu justificarea corespunzătoare.

**6.2** Dimensiunile principale ale grinzilor și pilonilor podurilor noi, precum masa și dimensiunile elementelor de structură prefabricate, este necesar stabilite ținând seama de condițiile de fabricație și de posibilitatea de a utiliza macarale de construcții specializate și mijloace de transport de serie pentru transportare și montare.

**6.3** Structura dispozitivelor de deformare, (aparate de reazem, îmbinări, rosturi de dilatare, dispozitive de egalizare, șine de egalizare sezonieră) și amplasarea acestora este necesar să asigure libertatea necesară a mișcărilor reciproce preconizate (liniare, unghiulare) ale părților (elementelor) individuale ale structurii.

**6.3.1** Documentația de proiectare este necesar să conțină instrucțiuni pentru instalarea dispozitivelor de dilatare sau dilatare-contrație, luând în considerare gradul de pregătire al structurii și temperatura aerului (structurii) în timpul închiderii structurii.

**6.3.2** Acțiunea temperaturii climatice normate trebuie luată în considerare la calculul deplasărilor pentru poduri de toate tipurile, la determinarea eforturilor în sistemele static nedeterminate, precum și la calculul elementelor mixte ale deschiderilor din oțel și beton armat.

**6.3.3** Temperatura normată medie a secțiunii transversale a elementelor sau a părților acestora se admite a fi adoptată:

- a) pentru elementele din beton, beton armat și compozite polimerice în sezonul rece al anului, precum și pentru structurile metalice în orice moment al anului - temperatura normativă a aerului exterior;
- b) pentru elementele din beton și beton armat în sezonul cald al anului - temperatura normativă a aerului exterior minus o valoare egală numeric cu  $0,2a$ , dar nu mai mult de  $10^{\circ}\text{C}$ , unde:  $a$  - este grosimea elementului sau a părții sale, în cm, inclusiv platforma carosabilă a podurilor de șosea.

**6.3.4** Temperatura elementelor cu secțiune complexă este necesar să fie determinată ca o medie ponderată a temperaturii elementelor individuale (pereți, flanșe etc.).

Temperaturile normate ale aerului în sezonul cald  $t_{n.T}$  și rece  $t_{n.X}$  este necesar considerate ca fiind egale:

- a) la elaborarea proiectelor tip, precum și a proiectelor pentru aplicarea repetată pe teritoriul țării;  
- pentru structurile proiectate pentru zone cu o temperatură minimă de proiectare a aerului sub minus  $35^{\circ}\text{C}$ , conform SM EN 1991-1-5:2011/NA:2018

$$t_{n.T} = + 40^{\circ}\text{C}; t_{n.X} = - 45^{\circ}\text{C};$$

- pentru structurile proiectate pentru alte regiuni

$$t_{n.T} = + 40^{\circ}\text{C}; t_{n.X} = - 40^{\circ}\text{C};$$

- b) în alte cazuri

$$t_{n.T} = t_{VII} + T,$$

în care,

$t_{VII}$  - este temperatura medie a aerului din luna cea mai caldă, preluată din anexele naționale ale SM EN 1991;

$T$  - este amplitudinea medie zilnică a temperaturii aerului din luna cea mai caldă, preluată din anexele naționale la SM EN 1991;

**6.3.5** Temperatura normată  $t_{n,x}$  este egală cu temperatura minimă calculată a aerului în zona de construcție. Temperatura minimă calculată este necesar considerată ca fiind temperatura medie a aerului exterior din cea mai rece perioadă de cinci zile din zona de construcție, în conformitate cu cerințele din anexele naționale SM EN 1991:

0,92 - pentru structuri din beton și beton armat;

0,98 - pentru structuri metalice, părți metalice ale structurilor cu secțiune mixtă oțel-beton și elemente din materiale compozite polimerice.

**6.3.6** Influența radiației solare asupra temperaturii elementelor este necesar luată în considerare sub forma încălzirii suplimentare cu 10°C a stratului de suprafață însoțit, cu o grosime de 15 cm (inclusiv îmbrăcămintea părții carosabile).

**6.3.7** Temperaturile de închidere ale structurilor, în cazul în care nu sunt specificate în proiect, este necesar considerate ca fiind egale cu, °C:

$$t_{3,T} = t_{n,T} - 15;$$

$$t_{3,X} = t_{n,X} + 15$$

**6.3.8** La calcularea tablierelor cu secțiune mixtă oțel-beton, este necesar luat în considerare efectul repartiției neuniforme a temperaturii în secțiunea transversală ale elementelor, cauzată de schimbările de temperatură a aerului și de radiațiile solare.

**6.3.9** La calcularea deplasărilor, coeficientul de dilatare liniară este necesar să fie de  $1,2 \times 10^{-5}$  pentru structurile din oțel și beton armat cu oțel și de  $1,0 \times 10^{-5}$  pentru structurile din beton armat.

**6.4** În documentația de proiectare este necesar prevăzute măsuri de protecție ale elementelor și părților podurilor împotriva deteriorării în timpul execuției și consolidării terasamentelor și taluzurilor, împotriva colmatării și poluării, efectelor nocive ale mediilor agresive, a temperaturilor ridicate, a curenților ocazionali, etc.

**6.5** Pentru podurile noi proiectate, distanțele dintre fermele principale (grinzile) vecine este necesar să fie determinate reieșind din condiția asigurării inspecției și întreținerii curente.

În cazul unor travee separate (pentru fiecare cale sau carosabil pe același sens de circulație), distanța în lumină este necesar de adoptat cel puțin de, m:

a) 1,0 - între fermele adiacente principale cu zăbrele (grinzile);

b) 0,20 - între fețele plăcilor părții carosabile.

**6.6** Soluțiile de proiectare, pentru podurile feroviare mici cu cale pe balast, este necesar să permită posibilitatea ridicării căii în timpul reparațiilor curente, periodice dar și a reparațiilor capitale.

**6.7** Lungimea pasajelor și viaductelor se determină din considerente tehnice (traversarea de obstacole, drumuri, căi ferate, etc.) și economice. Lungimea optimă se stabilește prin compararea indicilor tehnico-economici între soluția cu viaduct și soluția cu rampe.

## 7 Gabarite pentru poduri

**7.1** Gabaritele de liberă trecere ale structurilor de pod, proiectate pentru construcții noi, este necesar să asigure trecerea liberă a vehiculelor peste și sub acestea. La proiectarea lucrărilor de reparație capitală a podurilor, dimensiunile tablierului este necesar să corespundă în caz general parametrilor drumului.

**7.2** Gabaritele de liberă trecere ale structurilor de pod, care urmează să fie proiectate pentru trecerea traficului feroviar este necesar să respecte sursa [4] GOST 9238 pentru ecartament 1520 mm și SM EN 15273-3+A1 până la elaborarea documentului "Anexa națională, care reglementează gabaritele de liberă trecere ale structurilor de proiectare a podurilor feroviare".

**7.2.1** Gabaritele de liberă trecere ale structurilor podurilor rutiere este necesar de adoptat în conformitate cu NCM D.02.01, cu asigurarea benzilor de siguranță și de gabarit, până la elaborarea normativului „Anexa națională - care reglementează gabaritele corespunzătoare”.

**7.2.2** Gabaritele de liberă trecere ale structurilor podurilor în zonele urbane și rurale sunt necesare de adoptat în conformitate cu CP D.02.11, până la elaborarea normativului „Anexa națională care reglementează gabaritele corespunzătoare”.

**7.3** Gabaritele lății podurilor rutiere de pe drumurile publice este necesar de adoptat conform Directivei 96/53/CE (cu modificările ulterioare), a NCM D.02.01 până la elaborarea normativului „Anexa națională care reglementează gabaritele corespunzătoare”. Gabaritele lății podurilor de pe drumurile din localități este necesar de adoptat în conformitate cu CP D.02.11 până la elaborarea normativului „Anexa națională care reglementează gabaritele corespunzătoare”.

**7.3.1** Gabaritele lății și componentele profilului secțiunii transversale pentru podurile de pe alte drumuri, decât cele publice, sunt adoptate în conformitate cu sarcina de proiectare. Pentru podurile de pe drumurile industriale, lățimea benzii de siguranță  $P$  este necesar de adoptat de 1,50 m.

**7.3.2** La amplasarea podurilor în curbe (orizontale) în plan, partea carosabilă este necesar lărgită în funcție de categoria drumului, în conformitate cu NCM D.02.01, până la elaborarea normativului „Anexa națională privind gabaritele corespunzătoare”.

**7.3.3** Lățimea benzii mediane (zonei mediane) pe poduri se va adopta identică cu cea de pe drumul sau strada pe care se află, în conformitate cu NCM D.02.01 și respectiv CP D.02.11 până la elaborarea normativului „Anexa națională care reglementează gabaritele corespunzătoare”.

**7.3.4** Pe podurile mari, în special cele care dictează secțiunea transversală a drumului sau străzii, cu o argumentare tehnico-economică corespunzătoare, se admite modificarea lății benzii mediane.

**7.4** În absența unor cerințe speciale, dimensiunile structurilor pentru ecoducte (poduri verzi) sau pasaje, la trecerea tehnicii agricole și a animalelor (migrația faunei sălbatice) este necesar să fie adoptate după cum urmează:

- a) pentru drumurile agricole: înălțimea nu mai mică de 4,50 m, lățimea - 6,0 m, dar nu mai mică decât lățimea maximă, mărită cu 1,0 m, a utilajelor agricole, a căror deplasare este posibilă pe aceste drumuri;
- b) pentru trecerile de animale domestice: înălțimea nu mai mică de 3,0 m, lățimea - conform formulei  $2 + \lambda/6$ , unde  $\lambda$  - lungimea pasajului pentru animale, dar nu mai mică de 4,0 m și nu mai mare de 8,0 m pentru drumuri și căi ferate;
- c) în cazul ecoductelor, lățimile vor fi determinate de specia, intensitatea și densitatea animalelor migratoare, de obicei sunt foarte largi, de la 30÷60m și mai mult (se determina după caz), suprafața podului este acoperită cu pământ, iarbă, arbuști și uneori chiar arbori mici, pentru a crea un aspect similar cu pădurea sau câmpia din jur.

**7.4.1** Un drum agricol sau de trecere a animalelor, care trece pe sub o deschidere de pod sau printr-un podeț pe sub un rambleu, este necesar să fie consolidat pe întreaga sa lățime și pe sectoare de cel puțin 10,0m lungime în fiecare direcție de la structură (în cazul automagistralelor pe toată lungimea ei). Dacă este necesar, de instalat parapete sau garduri de ghidare la nivelul structurilor.

**7.4.2** Gabaritele și pozițiile structurilor pentru migrația animalelor sălbatice "ecoductelor" se vor determina în conformitate cu cerințele tehnice ale organelor (agențiilor) de protecție a mediului. La proiectarea acestor structuri se va lua în considerație practica țărilor Uniunii Europene până la elaborarea normativului corespunzător.

**7.5** Înălțimea elementelor structurale ale podului deasupra nivelele de curgere a apei și ghețurilor nu este necesar să fie mai mică decât valorile indicate în tabelul 7.1.

*(Spațiu liber lăsat intenționat)*

**Tabelul 7.1 - Înălțimea elementelor structurale ale podului deasupra nivelului apei și al derivei de gheață**

| Parte sau element structural al podului                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Înălțimea/elevația părților sau elementelor de structuri, m                                                             |                                                       |              |                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | deasupra nivelului apei (luând în considerare efectul retenției și al acțiunii valurilor) la debitele maxime de viitură |                                                       |              | deasupra celui mai înalt nivel al derivei de gheață |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | poduri de proiectare                                                                                                    |                                                       | cel mai mare |                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | pe rețeaua generală de căi ferate, în orașe și localități                                                               | pe alte căi ferate și pe drumuri de toate categoriile |              |                                                     |
| Partea de jos a traveelor:<br>- la adâncimea apei de retenție până la 1 m inclusiv:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,50                                                                                                                    | 0,50                                                  | 0,25         | —                                                   |
| - aceeași peste 1 metru;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,75                                                                                                                    | 0,50                                                  | 0,25         | 0,75                                                |
| - în prezența blocajelor de gheață pe râu;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1,00                                                                                                                    | 0,75                                                  | 0,75         | 1,00                                                |
| - dacă există blocaje cu crengi pe cursul de apă.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,50                                                                                                                    | 1,00                                                  | 1,00         | —                                                   |
| Partea superioară a platformei pentru montarea aparatelor de reazem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,25                                                                                                                    | 0,25                                                  | —            | 0,50                                                |
| Partea inferioară a călcâiului arcurilor și bolților                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,25                                                                                                                    | 0,25                                                  | —            | 0,25                                                |
| NOTA 1 - Pentru podurile mici, cea mai mică supraînălțare a părții inferioare a traveei poate fi determinată fără a se ține seama de înălțimea valurilor de vânt.<br>NOTA 2 - În prezența unor fenomene care determină niveluri mai ridicate ale apei (din cauza retenției din râurile, lacurile sau rezervoarele din aval, a valurilor de apă provocate de vânt, a formării de blocaje sau a trecerii viiturilor prin albie acoperite cu gheață etc.), cotele indicate în tabel este necesar calculate pornind de la acest nivel, a cărui probabilitate de depășire este stabilită în conformitate cu Tabelul 4.<br>NOTA 3 - La determinarea înălțimii părții superioare a plăcii de montare a aparatelor de reazem, nivelul ei este necesar să fie determinat ținând cont de ridicarea nivelului cauzat de creșterea debitului pe pilonul podului.<br>NOTA 4 - În cazul în care blocajele cu crengi pe cursul de apă și ghețurilor sunt prezente în același timp, valorile înălțimii este necesar mărite cu cel puțin 0,5 metri. |                                                                                                                         |                                                       |              |                                                     |

**7.6** Înălțimea părții inferioare a traveelor deasupra celui mai înalt nivel static al bazinului de apă pentru podurile situate în zonele nenavigabile ale bazinului de apă, este necesar să constituie cel puțin 0,75 m deasupra înălțimii de calcul a valului provocat de vânt, mărită cu 0,25 m.

**7.7** Distanța liberă între pilele intermediare a podului, în prezența unui blocaj cu crengi (flotanți) pe cursul de apă, este necesar stabilită ținând cont de dimensiunea acestui blocaj, dar nu mai puțin de 15 m.

**7.8** Lățimea trotuarelor de pe drumurile și podurile urbane este necesar stabilită în funcție de intensitatea în perspectivă de calcul a traficului pietonal în perioada orelor de vârf. Capacitatea de calcul a benzii pentru pietoni de 0,75 m este necesar de adoptatca fiind egală cu 1500 persoane/h.

**7.8.1** Lățimea trotuarelor cu mai multe benzi este necesar stabilită ca un multiplu de 0,75 m, lățimea trotuarelor cu o singură bandă - nu mai mică de 1 m.

**7.8.2** Capacitatea medie de proiectare a unei benzi cu lățimea de 1 m este necesar de adoptatpentru poduri pietonale și pasaje subterane - 2000 persoane/oră, pentru scări - 1500 persoane/oră.

**7.8.3** Lățimea podurilor pietonale nu este necesar să fie mai mică de 2,25 m. Lățimea pasarelelor pietonale construite în afara zonelor populate este necesar să fie de 1,5 m.

**7.8.4** În lipsa traficului pietonal, scările de serviciu de pe taluzuri, este necesar de amenajat fără platforme, cu o înălțime a treptelor de până la 20 cm și balustrade unilaterale pe o parte a fiecărui acces. După caz, când este necesar, în condiții urbane, scările de serviciu pot fi amenajate pe ambele părți ale unui sau ambelor accese la pod.

**7.8.5** Panta scărilor de serviciu nu este necesar să depășească panta taluzului în zona de racordare a podului, numărul de trepte în marș nu este necesar să fie mai mare de 15. După fiecare rampă de scări, este necesar să amenajate platforme cu o lungime de cel puțin 1,5 metri. Scările de pe traseele pietonale este necesar dublate cu rampe în conformitate cu NCM C.01.06.

**7.8.6** Pe podurile urbane izolate de traficul pietonal, precum și pe podurile rutiere cu o intensitate a traficului pietonal de 200 de persoane/zi sau mai puțin, este necesar prevăzute numai treceri de serviciu. În caz general trotuarele sau culoarele de serviciu se prevăd pe fiecare parte a podului. În cazul unor condiții restrânse, cu o argumentare tehnico-economică, se admite realizarea trotuarelor pe o singură parte a podului.

**7.8.7** Pe podurile cu tabliere separate, trotuarele și culoarele de serviciu este necesar prevăzute numai pe partea exterioară (în raport cu axa drumului). Lățimea culoarelor de serviciu se adoptă nu mai mică de 0,75 m.

**7.8.8** Pe podurile cu o lungime a tablierului de până la 50m, cu o intensitate a traficului pietonal de până la 20 pietoni/zi sau în cazul asigurării condițiilor, care exclud deplasarea acestora, nu se amenajează trotuare și culoarele de serviciu. Totodată nu este permisă reducerea benzii de siguranță. În astfel de cazuri, culoarele de serviciu este necesar construite numai la cererea beneficiarului.

**7.9** În cazul, în care o pistă pentru biciclete este prevăzută în apropierea unui drum sau a unei străzi direcționată către o structură de pod, pistă pentru biciclete se va încadra în zona de trotuare, lățimea trotuarului în acest caz este necesar să fie mai mare de 1,5 m, în conformitate cu CP D.02.42.

**7.10** Gabaritul de înălțime pentru podurile proiectate este necesar adoptate nu mai mic de 5,0m pentru drumurile de categoria tehnică IV-V, și 5,50m pentru drumurile de categoria tehnică I-III.

**7.11** Pe râurile și lacurile de acumulare cu regimuri speciale de exploatare (în zonele peisagistice și de agrement și în zonele de frontieră), spațiul liber sub pod este necesar să fie adoptat în conformitate cu specificațiile organelor centrale de specialitate.

**7.12** În cazul în care este necesar să fie amenajate piste pentru biciclete sub structurile podurilor, și pe tablierul acestora, amplasarea și parametrii geometrici ai pistei este necesar adoptate în conformitate cu CP D.02.11 respectiv CP D.02.42.

**7.13** Distanța de la muchia platformei drumului traversat, până la marginea frontală a culeelor fără rambleu sau până la sfertul de con al terasamentului la nivelul muchiei (pentru terasamentele cu rambleu), în lipsa parapetelor/barierelor de siguranță de pe marginea drumului traversat, nu este necesar să fie mai mică decât valorile indicate în tabelul 7.2.

**Tabelul 7.2 - Distanța de la muchia terasamentului drumului traversat (muchia platformei)**

| Categorია<br>drumului<br>traversat | Distanță minimă de la muchia platformei drumurilor care urmează să fie traversate, m,<br>la proiectare |                                                                           |     |     |     |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                    | Poduri pietonale                                                                                       | Viaducte, pasaje, galerii (intersecții denivelate)<br>cu numărul de benzi |     |     |     |
|                                    |                                                                                                        | 2                                                                         | 4   | 6   | 8   |
| I, II, III                         | 2,0                                                                                                    | 3,0                                                                       | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
| IV                                 | 1,0                                                                                                    | 1,5                                                                       | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| V                                  | 0,5                                                                                                    | 0,5                                                                       | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

**7.14** Elevația pilelor intermediare (cu poziționarea spre drum) este necesar să fie amplasate de la muchia platformei drumului traversat, la o distanță de cel puțin 2 m pentru pilele cu stâlpi flexibili, de cel puțin 4 m pentru pilele cu pereții masivi pe drumurile din categoriile I – III, și de 0,5 m pe drumurile din categoriile IV și V.

**7.14.1** La traversarea drumurilor urbane de mare viteză și a străzilor, pilele de toate tipurile este necesar amplasate la o distanță de cel puțin 1 m de bariere de siguranță sau bordură, în cazul lipsei unei bariere sau borduri - la o distanță de cel puțin 1,5 m de muchia părții carosabile a străzilor.

**7.15** Elevațiile culeelor sau pilelor pasajelor urbane de tip tunel este necesar să fie situați la limitele gabaritelor de apropiere ale structurilor de sub pasaje superioare, în conformitate cu figura 7.1.

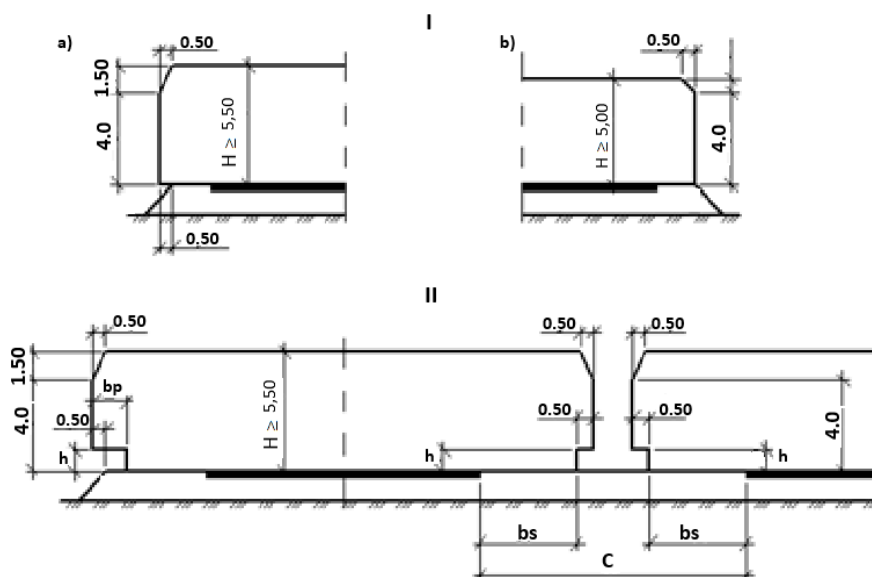


**Figura 7.1 - Scheme ale gabaritelor de liberă trecere ale structurilor de sub pod/pasaj:**

- a) - pentru drumurile din categoriile I, II și III; b) - pentru drumurile din categoriile IV și V.  
 bp - lățimea parapetului/barierei de siguranță; h - înălțimea parapetului/barierei de siguranță;  
 b - lățimea unei benzi de circulație; bs - lățimea benzii de siguranță; C - lățimea benzii mediane;  
 H - înălțimea gabaritului de liberă trecere (distanța dintre suprafața carosabilă și suprafața inferioară a suprastructurii); I - în lipsa barierelor de protecție pe drumurile care este necesar traversate;  
 II - în cazul existenței unor suporturi pe bandă delimitatoare și a unor bariere de siguranță.

**7.16** Lățimea benzii mediane pe pod, va avea aceeași lățime ca și banda mediană pe drum sau stradă.

## 8 Calculul podurilor și podețelor la acțiunile cursului de apă

**8.1** Podurile și rambleele de luncă este necesar să fie calculate pentru efectele debitului de apă în conformitate cu hidrografele și diagramele de măsurare a apei pentru viiturile de proiectare. În plus, podurile și rambleele inundabile de pe rețeaua feroviară generală este necesar să fie calculate în funcție de hidrograme și de diagramele de viituri măsurate, denumite convențional viituri maxime. Totodată, probabilitatea de depășire a viiturilor de calcul și a celor mai mari viituri este necesar să fie adoptată în conformitate cu tabelul 8.1.

**Tabelul 8.1 - Probabilitatea de depășire a debitelor de viitură maxime**

| Tip cale terestră             | Construcții    | Categoria tehnică a drumului, în conformitate cu NCM D.02.01 | Probabilitatea de depășire a debitului maxim al viiturilor, % |          |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|
|                               |                |                                                              | de calcul                                                     | maximale |
| Căi ferate                    | Poduri         | I și II (rețea generală)                                     | 1                                                             | 0,33     |
|                               |                | III și IV (rețea generală)                                   | 2                                                             | 1*       |
|                               |                | IV și V (căi de acces)                                       | 2**                                                           | —        |
|                               |                | Căi interne ale întreprinderilor industriale                 | 2                                                             | —        |
| Drumuri, străzi în localități | Toate podurile | I, II și III, străzi în orașe și alte localități             | 1                                                             |          |
|                               | Toate podurile | IV, V                                                        | 2***                                                          |          |
|                               | Toate podurile | Străzi și drumuri, altele decât cele enumerate mai sus       | 3                                                             |          |

\* În calculele privind cotă muchiei terasamentului ale structurilor de reglare neinundabile și barajele albiilor râurilor haotice pentru căile ferate de categoria III (CP D.03.01), probabilitatea de depășire a debitului maxim la cea mai mare viitură este necesar de adoptatde 0,33 %.

**\*\*** În cazul în care, din motive tehnologice ale întreprinderilor, întreruperea traficului nu este permisă, probabilitatea de depășire este necesar de adoptat de 1 %.

**\*\*\*** Se permite ca deschiderile structurilor de pe drumurile temporare și intrările pe șantier să fie proiectate pentru a trece debitele de proiectare cu o probabilitate de depășire a 10 %.

**NOTĂ** - În cazuri excepționale, justificate din punct de vedere tehnic și economic, este permisă acceptarea unui procent de 5%-50%, cu o grosime a revărsării care să nu depășească 20 cm.

**8.1.1** În lipsa bazinelor hidrografice de inundații și a graficelor de inundații măsurate, precum și în alte cazuri justificate, calculul structurilor la impactul debitului de apă este necesar efectuat pe baza debitelor maxime și a nivelurilor corespunzătoare ale viiturilor de calcul și maxime.

**8.1.2** Calculele este necesar să ia în considerare experiența de exploatare a canalelor de scurgere a structurilor din apropiere pe același curs de apă, influența reciprocă a canalelor de scurgere, precum și influența structurilor hidraulice și a altor structuri fluviale existente sau planificate pentru construcție asupra canalelor de scurgere proiectate.

**8.1.3** În cazul în care în vecinătatea podurilor există structuri ingineresti, clădiri și terenuri agricole, este necesar verificată siguranța acestora împotriva înbibării cu apă din cauza retenției în amonte de structură.

**8.1.4** Pentru construcțiile poduri, situate în apropierea barajelor provizorii (din terasamente), este necesar luată în considerare posibilitatea ruperii acestor baraje. Problema consolidării acestor baraje sau a măririi deschiderilor structurilor este necesar abordată în mod cuprinzător prin compararea indicatorilor tehnici și economici ale soluțiilor posibile.

**8.2** În calcule este necesar luate în considerare debitele maxime de viitură de aceea origine, la care se creează cele mai nefavorabile condiții de funcționare a structurii pentru o anumită valoare a probabilității de depășire.

**8.2.1** Întocmirea bazinelor hidrografice și a graficelor hidrometrice, determinarea debitelor maxime la diferite viituri și a nivelurilor de apă corespunzătoare acestora, este necesar efectuate în conformitate cu cerințele din CP D.01.05.

**8.3** Deschiderile podurilor mici, sunt dimensionate pe baza vitezelor medii de curgere a apei, admise pentru tipul de sol al albiei (inclusiv a zonelor de intrare și ieșire a elevației deschiderii), a tipurilor de consolidare ale acesteia, cât și de consolidarea sferurilor de con.

**8.3.1** Deschiderile podurilor mici este necesar proiectate luând în considerare acumularea de apă la nivelul structurii. Diminuarea debitele de apă în baza acumulărilor pot fi reduse de cel mult:

- a) 3 ori, dacă deschiderea este dimensionată în funcție de deversorul apelor pluviale;
- b) 2 ori, dacă deschiderea este dimensionată în funcție de deversorul scurgerilor din topirea de zăpadă și nu există formări de gheață și alte fenomene care să reducă geometria deschiderii.

**8.4** Dimensionarea deschiderilor podurilor mari și mijlocii este necesar determinate astfel încât să se țină seama de reflux, de deformarea naturală a albiei, de stabilitatea albiei sau a canalului de sub pod (afuieri), de afuierea generală și locală în zona pilelor, a conurilor și a edificiilor/elementelor de protecție și reglare. Lumina podului nu este necesar să fie mai mică decât lățimea stabilă a albiei.

**8.4.1** Dimensiunea deschiderilor podurilor urbane este necesar stabilită ținând seama de elementele dereglare planificate a râului și de cerințele amenajării cheiurilor râului sau a zonei riverane.

**8.5** Calculul eroziunii totale a albiei sub poduri, este necesar să se facă pe baza rezolvării ecuației bilanțului depunerilor în secțiunile albiilor râurilor în apropierea traversării podurilor în timpul precipitațiilor specificate la 8.1. Pentru calcule preliminare, precum și în lipsa datelor necesare privind regimul cursului de apă, eroziunea totală este determinată de viteza curgerii corespunzătoare bilanțului sedimentelor.

**8.5.1** Pentru calculul la determinarea adâncimii de eroziune generală bazat pe studii morfometrice, se recomandă mărirea valorii cu 15%. Calculele podurilor pentru impactul sarcinilor seismice este necesar efectuate fără a lua în considerare eroziunea locală a albiei în zona pilelor.

**8.6** La construirea liniilor de eroziune a albiei, este necesar luate în considerare, pe lângă eroziunea generală, eroziunea locală în limita pilelor, influența structurilor de regularizare și a altor elemente de pod, sunt posibile reconfigurări ale albiei cât și caracteristicile structurii geologice.

**8.7** Valoarea coeficientului de eroziune totală elevației albiei podului, este necesar justificată prin calcule tehnice și economice. În acest caz, este necesar să se țină seama de tipul de sol din albie, de proiectarea fundațiilor pilelor podului și de adâncimea de amplasare a acestora, deschiderile proiectate a podului, de geometria pilelor, posibilitatea de lărgire ale albiei, vitezele de circulație pentru navigație și migrarea peștilor, precum și alte condiții locale. Valoarea coeficientului de eroziune este necesar să fie considerată nu mai mare de 2, determinată de raportul dintre suprafața naturală secțiunii transversale a fluxului de sub pod după eroziune și suprafața de curgere exploatată din deschidere.

**8.8** Tăierea/decaparea solului în zona inundabilă a deschiderii podului este necesar să fie asigurată numai pentru râurile de câmpie. Dimensionarea și configurarea este necesar determinate prin calcule, reieșind din condițiile depunerii de aluviuni, periodicitatea de inundare a albiei și nivelul de obstruare a fluxurilor pentru nivelul de calcul al apelor mari.

**8.8.1** Afuiurile din malurile laterale și din bancuri, nu sunt incluse în calculul suprafeței secțiunii naturale a albiei de sub pod.

**8.9** Tăierea/decaparea solului în partea inundabilă a deschiderii podului este necesar să fie prevăzută numai pe râurile de șes. Lărgirea de sub pod ca urmare a tăierii solului este necesar racordată treptat cu părțile nelărgite ale albiei pentru a asigura condiții favorabile pentru curgerea apei și a sedimentelor, care formează albia în secțiunea de sub pod. Lungimea totală a tăieturii (în amonte și în aval de axa de traversare) trebuie să fie de 4 până la 6 ori mai mare decât lățimea sa la aliniamentul podului. Este necesar evitate cele mai mari lățimi de tăiere la capetele structurilor de regularizare.

**8.9.1** În cazul tăierii în câmpia inundabilă, este necesar luate măsuri pentru îndepărtarea nămolului din câmpia inundabilă, până când straturile aluvionare nelegate, sunt decopertate în întreaga zonă de tăiere.

**8.10** Supraînălțarea terasamentelor căii din limita de racordare a podurilor mari și mijlocii deasupra nivelului apei în timpul inundațiilor, în conformitate cu punctul 8.1 (luând în considerare înaintarea valurilor pe taluzuri și posibilul reflux) nu este necesar să fie mai mică de:

- a) 0,5 m - pentru terasamente, la digurile de deviere și retenție a apei, precum și digurile de dirijare a curentului pe râurile cu albiei rătăcitoare;
- b) 0,25 - pentru structurile de regularizare și berme rambleate.

**8.10.1** Supraînălțarea muchiei platformei drumului în apropierea podurilor mici, peste nivelul apei în timpul inundațiilor în conformitate cu punctul 8.1 (luând în considerare apa de reflux și acumulările) nu este necesar să fie mai mică de 0,5 m.

**8.10.2** Supraînălțarea muchiei platformei drumului la racordările podurilor este necesar să fie adoptată în conformitate cu NCM D.02.01.

## 9 Acțiuni asupra podurilor

### 9.1 Noțiuni generale

**9.1.1** Prin acțiune se înțelege orice cauză capabilă să producă eforturi sau deformații în elementele podurilor sau în structurile de poduri.

**9.1.2** Valorile caracteristice ale acțiunilor care se iau în considerare la calculul podurilor de șosea sunt prezentate în Eurocodul 1 – Acțiuni asupra structurilor. Acțiunile pentru poduri sunt detaliate în paragraful 9.2.

**9.1.3** Valorile de calcul  $F_d$  (reprezintă valoarea finală a unei încărcări sau acțiuni) se determină prin multiplicarea valorilor caracteristice  $F_k$  cu coeficienții de siguranță  $\gamma_f$  și de grupării  $\gamma$ .

$$F_d = \gamma_f \cdot \gamma \cdot F_k ;$$

unde,

$\gamma_f$  – reprezintă coeficientul parțial care ține seama de posibilitatea de abateri nefavorabile de la valorile reprezentative;

$y$  – poate fi egal cu 1.00 sau cu  $y_0, y_1, y_2$  în funcție de grupare;

$F_k$  – este valoarea de referință dată de SM EN 1991-2, ex: pentru modelul de încărcare din trafic LM1,

$F_k$  – este încărcarea pe osie de 300 kN (sau 200 kN pe a doua bandă).

**9.1.4** Greutățile specifice ale materialelor din care sunt alcătuite elementele de construcție se iau conform tabelului 9.1.

**Tabelul 9.1 - Greutăți specifice la poduri**

| Materialele                                  | Greutatea specifică $\gamma$ ( $kN/m^3$ ) |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Îmbrăcămintea rutieră pentru poduri de șosea |                                           |
| - asfalt turnat și beton asfaltic;           | 24,0 până la 25,0                         |
| - mastic asfalt;                             | 18,00 până la 22,0                        |
| - asfalt fierbinte cilindrât.                | 23,0                                      |
| Umpluturi pentru poduri:                     |                                           |
| - nisip (uscat);                             | 15,0 până la 16,0                         |
| - balast, pietriș (în stare liberă);         | 15,0 până la 16,0                         |
| - îmbrăcămintă de piatră;                    | 18,5 până la 19,5                         |
| - zgură concasată;                           | 13,5 până la 14,5                         |
| - umplutură din piatră spartă;               | 20,5 până la 21,5                         |
| - argilă plastică.                           | 18,5 până la 19,5                         |

## 9.2 Clasificarea acțiunilor

### 9.2.1 Acțiunile se clasifică după următoarele criterii:

#### 9.2.1.1 Variația în timp:

- **acțiuni permanente (G)** – sunt acțiuni ce nu au schimbări puternice, de durată într-o perioadă de referință dată, și pentru care variația în timp a mărimii este neglijabilă, sau pentru care variația este mereu în aceeași direcție (monotonă) până când atinge o valoare limită;
- **acțiuni variabile (Q)** – sunt acțiuni pentru care variația mărimii în timp nu este nici neglijabilă nici monotonă;
- **acțiuni accidentale (A)** – sunt acțiuni în general de scurtă durată, dar de mărime semnificativă, care are puține șanse de a interveni asupra unei structuri date în timpul duratei de viață proiectate.

#### 9.2.1.2 Variația în spațiu:

- **acțiuni fixe**, de exemplu greutatea proprie;
- **acțiuni libere**, de exemplu încărcările utile mobile, efectele vântului și ale zăpezii;

#### 9.2.1.3 Natura acțiunii și a răspunsului structurii:

- **acțiuni statice**, care nu generează accelerații semnificative structurii sau unui element structural;
- **acțiuni dinamice**, care generează accelerații semnificative structurii sau unui element structural;

#### 9.2.1.4 Natura de origine:

- **acțiuni directe**, sunt încărcări aplicate structurii, de exemplu încărcările permanente (greutatea proprie, încărcarea moartă), încărcările produse de convoaie, aglomerări cu oameni, presiunea vântului, etc;
- **acțiuni indirecte**, sunt deformații impuse, de exemplu efectul variațiilor de temperatură sau tasările diferențiate, contracția și curgerea lentă a betonului, etc.

### 9.2.2. Pentru verificarea și dimensionarea podurilor rutiere se utilizează următoarele acțiuni:

#### 9.2.2.1 Acțiuni permanente ( $G_k$ ):

- greutatea proprie a structurii de rezistență;
- greutatea elementelor nestructurale: calea de pe pod (hidroizolații, sistemul rutier, etc), echipamentele pentru poduri (borduri, parapete de siguranță direcționale și pietonale, panouri fonoabsorbante, panouri de protecție, dispozitive de acoperire a rosturilor de dilatație, stâlpi de iluminat, semne rutiere, etc);
  - umplutura pământului pe elemente ale structurii;
  - împingerea pământului (ex: presiunea rambleului de acces asupra elementelor culeei podului);
- acțiuni de precomprimare (P).

**9.2.2.1.1** Pentru determinarea valorii caracteristice a unei acțiuni permanente, este necesar stabilită variația acesteia pe durata de viață proiectată a structurii. În cazul în care coeficientul de variație este mic (0,05 și 0,10), pentru acțiunea permanentă se utilizează o singură valoare caracteristică  $G_k$ , fiind media între valorile extreme. Dacă variația acțiunii nu poate fi considerată mică, în calcule se utilizează două valori: o valoare superioară  $G_{k, sup}$ , și o valoare inferioară  $G_{k, inf}$ .

**9.2.2.1.2** Greutatea proprie a structurii de rezistență, poate fi reprezentată de o singură valoare caracteristică, calculată pe baza dimensiunilor nominale și a valorii medii ale greutateilor specifice indicate în tabelul 9.1.

**9.2.2.1.3** Greutatea elementelor nestructurale se calculează în același mod prezentat mai sus în elementele structurale. În cazul echipamentelor de poduri valoarea caracteristică va fi specificată pentru fiecare proiect în parte.

**9.2.2.1.4** Umpluturile de pământ de pe elementele ale structurii (ex: umpluturile pe treptele fundațiilor, etc) sunt încărcări permanente și distribuția acestora este necesar luată în considerare la proiectare.

**9.2.2.1.5** Împingerea pământului se referă la presiunea exercitată de masa de pământ pe suprafețele structurilor de susținere (culei, ziduri de sprijin, pînți, sferturi de con, etc).

**9.2.2.1.6** Precomprimarea ( $P$ ), se califică ca o acțiune permanentă cauzată fie de forțe controlate și/sau deformații controlate impuse pe o structură.

#### **9.2.2.2 Acțiuni variabile ( $Q_k$ ).**

- acțiuni din trafic la poduri (SM EN 1991-2:2005);
- acțiuni ale vântului (SM EN 1991-1-4:2006);
- acțiuni termice (SM EN 1991-1-5:2005);
- acțiuni date de zăpadă (SM EN 1991-1-3:2005);
- împingerea pământului din suprasarcină.

##### **9.2.2.2.1 Acțiuni din trafic la poduri**

Încărcarea reală pe podurile de șosea constă în diverse categorii de vehicule (autoturisme, camioane și vehicule speciale) și pietoni ce dau naștere unor forțe verticale, orizontale, statice și dinamice.

Acțiunile din trafic în funcție de zona de aplicare pe pod, pot fi: acțiuni aplicate pe partea carosabilă și acțiuni aplicate pe trotuare.

##### **9.2.2.2.1.1 Acțiuni aplicate pe partea carosabilă**

Lățimea părții carosabilă " $w$ " se măsoară între fețele bordurilor sau ale sistemului de protecție al vehiculelor, fără a se lua în calcul zona mediană dintre parapetele de siguranță sau borduri, în cazul unui pod cu două fire de circulație individuale.

Pentru determinarea efectelor zonelor de încărcarea a părții carosabile a unui pod aceasta este divizată în benzi teoretice.

Benzile teoretice de circulație " $w_1$ " se obțin prin împărțirea lățimii părții carosabile la cel mai mare număr întreg posibil " $n_1$ ", conform tabelului 9.2.

**Tabelul 9.2 - Numărul și lățimea benzilor teoretice de circulație**

| Lățimea părții carosabile, $w$                                                                                                                   | Numărul benzilor teoretice de circulație | Lățimea unei benzi teoretice de circulație | Lățimea zonei rămase |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| $w < 5,4m$                                                                                                                                       | $n_t = 1$                                | 3m                                         | $w - 3m$             |
| $5,4m \leq w < 6m$                                                                                                                               | $n_t = 2$                                | $\frac{w}{2}$                              | 0                    |
| $6m \leq w$                                                                                                                                      | $n_1 = \text{int}(\frac{w}{3})$          | 3m                                         | $w - 3 \cdot n_1$    |
| NOTĂ - De exemplu, pentru o parte carosabilă cu lățimea de 11m, $n_t = \text{int}(\frac{w}{3}) = 3$ , și lățimea zonei rămase este de 11-3x3=2m. |                                          |                                            |                      |

Numărul, poziția și numerotarea benzilor teoretice încărcate, se realizează astfel încât efectele convoaielor de calcul să fie cele mai defavorabile în scopul unei verificări individuale.

Banda care oferă cel mai nefavorabil efect poartă numele de "banda nr.1", banda care oferă al doilea cel mai nefavorabil efect este numită "banda nr.2", și așa mai departe, (a se vedea în fig. 9.1).

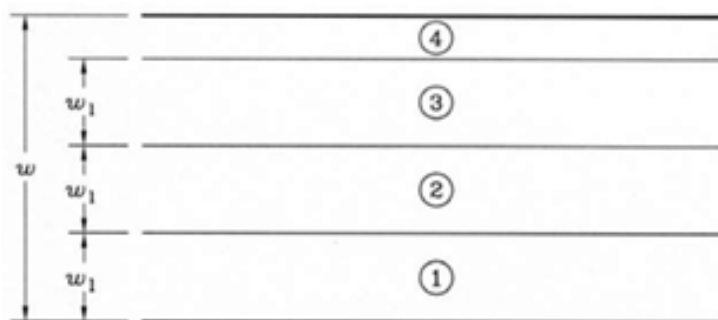


**Figura 9.1 - Poziția și numerotarea benzilor teoretice încărcate**

$w$  – lățimea părții carosabile;  $w_1$  – lățimea benzii teoretice de circulație; 1 – banda teoretică nr.1; 2 – banda teoretică nr.2; 3 – banda teoretică nr.3; 4 – zona rămasă.

#### 9.2.2.2.1.2 Încărcări verticale – valori caracteristice

**a) convoiul de calcul 1 (LM 1):** Acest convoi este alcătuit din încărcări concentrate și încărcări uniform distribuite ce acoperă cele mai multe efecte din traficul alcătuit din camioane și automobile, fiind utilizat atât pentru verificări locale cât și globale.

Încărcările concentrate sunt reprezentate de sistemul tandem TS alcătuit din 2 osii cu greutatea " $a_Q Q_k$ " pe fiecare osie. Osiile au câte două roți identice cu amprenta la sol pătrată cu latura de 0.4m conform fig. 9.2

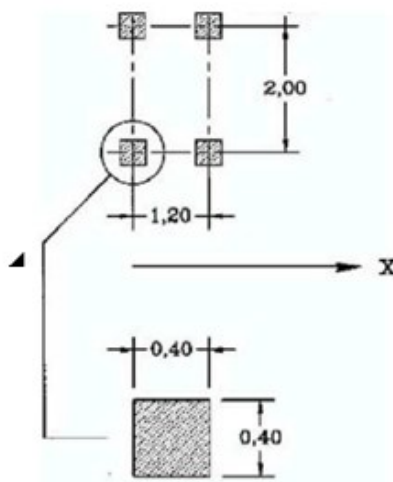


**Figura 9.2 - Sistemul tandem TS alcătuit din 2 osii cu greutatea " $a_Q Q_k$ "**

NOTĂ - atât pentru verificări locale cât și generale se va aplica un singur sistem tandem pe fiecare bandă de circulație cu precizarea că poziționarea acestuia se va face centrat pe axul fiecărei benzi, în cazul verificărilor globale, și poziția ce mai defavorabilă în cazul celor locale, fără însă a depăși limita de 0,5m între două sisteme de pe două benzi adiacente.

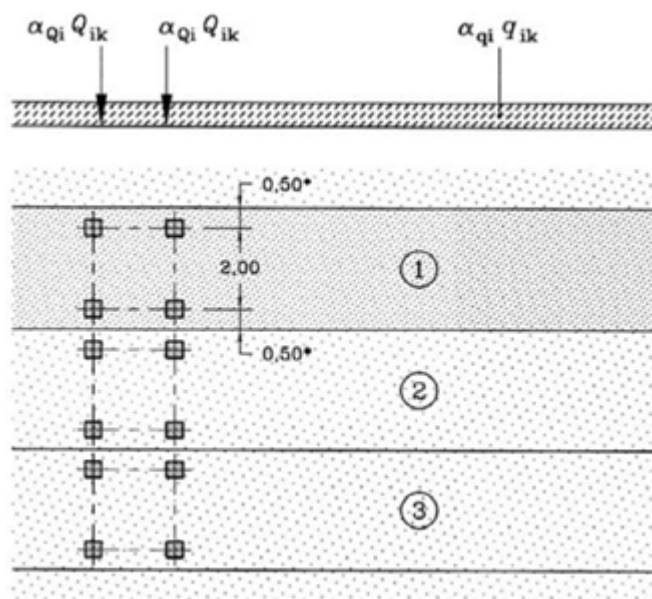
Încărcările uniform distribuite sunt reprezentate de sistemul UDL cu greutatea " $a_Q Q_k$ " pe metru pătrat.

Valorile caracteristice  $Q_k$  și  $q_k$  pentru fiecare bandă teoretică de circulație se găsesc centralizate în tabelul 9.3 iar poziționarea acestora pe benzile teoretice în figura 9.3.

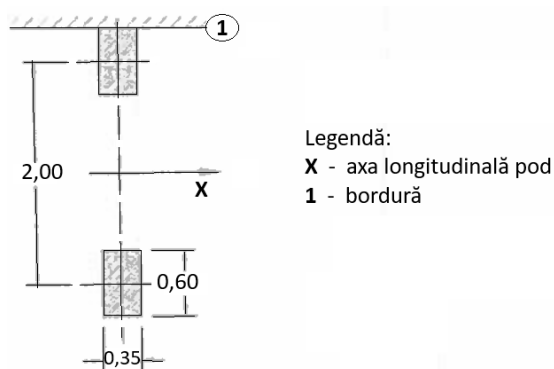
Valorile încărcărilor prezentate în tabelul 9.3 includ amplificarea dinamică. Coeficienții de corecție pentru încărcările uniform distribuite și concentrate " $a_q$ " și " $a_Q$ " se iau egali cu 1 (conform secțiunea 4-4.3.2(3) – SM EN 1991-2:2004/NB:2006).

**Tabelul 9.3 - Valorile caracteristice  $Q_k$  și  $q_k$  pentru fiecare bandă teoretică de circulație**

|                          | Sistemul tandem TS               | SISTEMUL UDL                                |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
|                          | Încărcarea pe osie $Q_{ik}$ , kN | $q_{ik}$ (sau $q_{rk}$ ), kN/m <sup>2</sup> |
| Banda numărul 1          | 300                              | 9,0                                         |
| Banda numărul 2          | 200                              | 2,5                                         |
| Banda numărul 3          | 100                              | 2,5                                         |
| Alte benzi               | 0                                | 2,5                                         |
| Zona rămasă ( $q_{rk}$ ) | 0                                | 2,5                                         |

**Figura 9.3 - Poziționarea pe benzile teoretice a valorilor caracteristice  $Q_k$  și  $q_k$** 

**b) Convoi de calcul 2 (LM2):** Acest convoi acoperă efectele unui trafic normal de elemente structurale scurte. Pentru elemente structurale cu lungimi între 3m și 9m este necesar să se utilizeze acest convoi de calcul. Convoiul LM2 este alcătuit dintr-o singură osie (fig.9.4), cu greutatea  $\beta_Q Q_{ak}$  cu  $Q_{ak}$  egal cu 400kN, care include amplificarea dinamică și care se poate aplica oriunde pe partea carosabilă. Totuși dacă este relevant se poate considera numai o singură roată cu intensitatea de  $200\beta_Q$  kN. Factorul " $\beta_Q$ "=1 (conform secțiunea 4-4.3.3(2)-SM EN 1991-2:2004/NB:2006). Suprafața de contact a fiecărei roți se consideră de formă dreptunghiulară cu dimensiunile de 0.35m și 0.60m (fig. 9.4)

**Figura 9.4 - Suprafața de contact a fiecărei roți în cazul încărcării LM2**

**c) Convoiul de calcul 3 (LM3).** Acest convoi este reprezentat de vehicule speciale sub forma unui set de încărcări pe osii asamblate. Modelele de bază ale vehiculelor speciale corespund pentru niveluri variate ale încărcărilor excepționale care pot fi autorizate să circule pe trasee particulare ale rețelei de autostrăzi europene. Sunt admise vehicule cu lățimea de 3,00m pentru osii de 150 kN și 200 kN și 4,50m pentru osii de 240 kN.

În cazuri particulare, beneficiarul cu acordul autorității relevante (administratorul drumului) poate stabili alte convoaie de calcul pentru vehicule speciale, precum și regulile lor de aplicare care se precizează în caiete de sarcini.

Convoiul de calcul LM3 se utilizează atât la verificări locale cât și globale.

Modelele de bază pentru convoiul LM3 sunt prezentate în tabelele 9.4 și 9.5 conform Anexa A – SM EN 1991-2:2005.

**Tabelul 9.4 - Modelele de bază pentru convoiul LM3**

| Greutatea totală | Compunere                                                                                                                  | Notăție                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 600 kN           | 4 osii de 150 kN                                                                                                           | 800/150                              |
| 900 kN           | 6 osii de 150 kN                                                                                                           | 900/150                              |
| 1200 kN          | 8 osii de 150 kN<br>sau 6 osii de 200 kN                                                                                   | 1200/150<br>1200/200                 |
| 1500 kN          | 10 osii de 150 kN<br>sau 7 osii de 200 kN+1 osie de 100 kN                                                                 | 1500/150<br>1500/200                 |
| 1800 kN          | 12 osii de 150 kN<br>sau 9 osii de 200 kN                                                                                  | 1800/150<br>1800/200                 |
| 2400 kN          | 12 osii de 200 kN<br>sau 10 osii de 240 kN<br>sau 6 osii de 200 kN (la distanța de 12m)+<br>6 osii de 200 kN               | 2400/200<br>2400/240<br>2400/200/200 |
| 3000 kN          | 15 osii de 200 kN<br>sau 12 osii de 240 kN+1 osie de 120kN<br>sau 8 osii de 200kN (la distanța de 12m)+<br>7 osii de 200kN | 3000/200<br>3000/240<br>3000/200/200 |
| 3600 kN          | 18 osii de 200kN<br>sau 15 osii de 240 kN<br>sau 9 osii de 200 kN(la distanța de 12m)+<br>9 osii de 200kN                  | 3600/200<br>3600/240<br>3600/200/200 |

**Tabelul 9.5 Valorificările numărului de osii și distanțe pentru convoiul LM3**

|                                                                                                                                                     | Osii de 150 kN                              | Osii de 200kN                                                                                                                | Osii de 240 kN                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 600 kN                                                                                                                                              | $n = 4 \times 150$<br>$e = 1.50 \text{ m}$  |                                                                                                                              |                                                                                                                              |
| 900 kN                                                                                                                                              | $n = 6 \times 150$<br>$e = 1.50 \text{ m}$  |                                                                                                                              |                                                                                                                              |
| 1200 kN                                                                                                                                             | $n = 8 \times 150$<br>$e = 1.50 \text{ m}$  | $n = 8 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                                   |                                                                                                                              |
| 1500 kN                                                                                                                                             | $n = 10 \times 150$<br>$e = 1.50 \text{ m}$ | $n = 1 \times 100 + 7 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                    |                                                                                                                              |
| 1800 kN                                                                                                                                             | $n = 12 \times 150$<br>$e = 1.50 \text{ m}$ | $n = 9 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                                   |                                                                                                                              |
| 2400 kN                                                                                                                                             |                                             | $n = 12 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$<br>$n = 6 \times 200 + 6 \times 200$<br>$e = 5 \times 1.50 + 12 + 5 \times 1.50$ | $n = 10 \times 240$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                                  |
| 3000 kN                                                                                                                                             |                                             | $n = 15 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$<br>$n = 8 \times 200 + 7 \times 200$<br>$e = 7 \times 1.50 + 12 + 6 \times 1.50$ | $n = 1 \times 120 + 12 \times 240$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                   |
| 3600 kN                                                                                                                                             |                                             | $n = 18 \times 200$<br>$e = 1.50 \text{ m}$                                                                                  | $n = 15 \times 240$<br>$e = 1.50 \text{ m}$<br>$n = 8 \times 200 + 7 \times 240$<br>$e = 7 \times 1.50 + 12 + 6 \times 1.50$ |
| NOTA - n – numărul osiilor multiplicare cu greutatea fiecărei osii din fiecare grup în (kN);<br>NOTA - e – este distanța între fiecare grup în (m). |                                             |                                                                                                                              |                                                                                                                              |

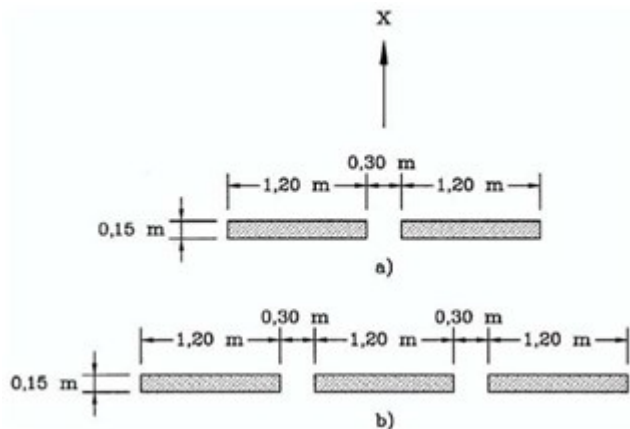
Valorile încărcărilor pe osie prezentate în tabelele de mai sus nu conțin coeficientul de amplificare dinamic. Pentru acest tip de convoi se întâlnesc două situații de deplasare în funcție de viteză, și anume: deplasare lentă cu o viteză mică de 5 km/h și deplasare normală cu o viteză de 70 km/h. Pentru deplasarea lentă nu este necesară atribuirea amplificării dinamice, dar în schimb pentru o viteză de 70 km/h coeficientul de amplificare dinamică se poate calcula cu următoarea formula:

$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500}, \text{ pentru } \varphi \geq 1$$

unde,

$L$  – lungimea liniei de influență;

Suprafața de contact a roților funcție de clasa vehiculelor speciale este prezentată în fig. 9.5.



Legendă:

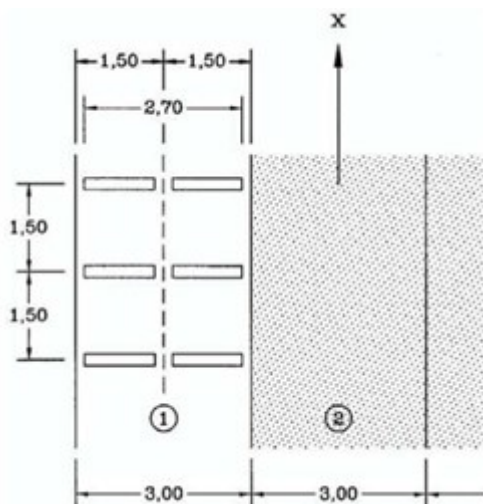
X – axa podului;

a) amprenta pentru șiruri de roți de la 100-200 kN;

b) amprenta pentru șiruri de roți de 240 kN.

**Figura 9.5 - Suprafața de contact a roților funcție de clasa vehiculelor speciale**

Amplasarea vehiculelor speciale pe suprafața părții carosabile divizată în benzi teoretice de circulație se face în scopul obținerii efectului cel mai defavorabil, funcție de clasa acestuia. Astfel, pentru vehicule alcătuite din șiruri de osii de 150 kN sau 200 kN, pe o singură bandă de circulație, iar pentru cele alcătuite din osii de 240 kN pe două benzi teoretice alăturate (fig.9.6).



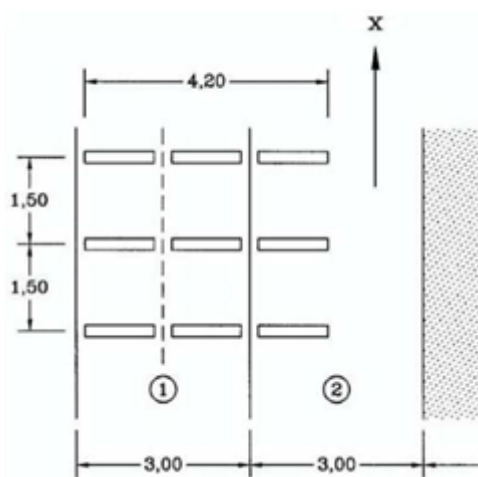
Legendă:

Șiruri de osii de 150 kN sau 200 kN (b=2,70m)

X – axa podului;

(1) Banda 1;

(2) Banda 2.



Legendă:

Șiruri de osii de 240 kN (b=4,20m)

X – axa podului;

(1) Banda 1

(2) Banda 2

**Figura 9.6 - Amplasarea vehiculelor speciale pe suprafața părții carosabile divizată în benzi teoretice de circulație, pentru 150kN sau 200kN, și 240 kN**

**d) Convoiul de calcul 4 (LM 4)**

Acest convoi se referă la încărcarea din aglomerație de oameni, fiind utilizat numai la verificări generale și este necesar considerată numai ca situație de proiectare tranzitorie. Încărcarea constă dintr-o forță uniform distribuită ce include și amplificarea dinamică și este egală cu  $5 \text{ kN/m}^2$ . Aplicarea acesteia se face pe o lungime și lățime corespunzătoare a părții carosabile și dacă este cazul și pe zona mediană.

**9.3 Încărcări orizontale. Valori caracteristice**

**9.3.1** Forța de frânare și tracțiune. Forța de frânare " $Q_{lk}$ " este o forță ce acționează în sens longitudinal podului la nivelul suprafeței de rulare a părții carosabile. Aceasta se amplasează în axul oricărei benzi teoretice de circulație, iar dacă efectul excentricității nu e semnificativ, poate fi aplicată pe axul părții carosabile și uniform distribuită pe toată lungimea de încărcare.

**9.3.2** Valoarea caracteristică  $Q_{lk}$  este limitată la 900 kN pentru întreaga lățime a podului, și este necesar calculată ca fracțiune din totalul sarcinilor verticale maxime corespunzătoare convoiului LM1, aplicabile benzii nr.1 după cum urmează:

$$Q_{lk} = 0.60 \cdot \alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0.10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ (kN)};$$

unde,

$L$  – lungimea tablierului sau a părții considerate în calcul.

**9.3.3** Pentru cazurile curente când lungimea de încărcare  $L > 1,2 \text{ m}$  forța de frânare este egală cu  $Q_{lk} = 360 + 2,7 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$ .

**9.3.4** Limita inferioară a forței de frânare la podurile de șosea este de 300kN.

**9.3.5** Forțele de frânare asociate convoiului de calcul LM3 se stabilesc de către beneficiar cu acordul autorității relevante, precum și regulile de combinare ale acestora și se definesc în caietele de sarcini.

**9.3.6** Forțele datorate tracțiunii sunt egale ca mărime cu cele datorate frânării dar de sens contrar.

**9.4 Forța centrifugă**

**9.4.1** Forța centrifugă " $Q_{tk}$ " este necesar considerată ca o forță transversală ce acționează la nivelul carosabilului finalizat și radial față de axa acestuia.

**9.4.2** Valoarea caracteristică  $Q_{tk}$  este necesar considerată ca o forță transversală ce acționează la nivelul carosabilului finalizat și radial față de axa acestuia.

**9.4.3** Valoarea caracteristică  $Q_{tk}$  a forței centrifuge în care sunt incluse efectele dinamice este menționată în tabelul 9.6 funcție de raza în plan orizontal a axei părții carosabile.

**Tabelul 9.6 - Valoarea caracteristică a forței centrifuge în care sunt incluse efectele dinamice**

|                                          |                                                         |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| $Q_{tk} = 0.2 \cdot Q_v \text{ (kN)}$    | <i>dacă <math>r &lt; 200 \text{ m}</math></i>           |
| $Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r \text{ (kN)}$ | <i>dacă <math>200 \leq r \leq 1500 \text{ m}</math></i> |
| $Q_{tk} = 0$                             | <i>dacă <math>r &gt; 1500 \text{ m}</math></i>          |

unde,

$r$  – raza în plan a axei părții carosabile în metri;

$Q_v$  – este suma tuturor încărcărilor concentrate ale sistemului tandem al convoiului de calcul 1, adică  $\sum_i \alpha_{Qi}(2Q_{ik})$ .

**9.4.4** Forța centrifugă  $Q_{tk}$  se consideră că acționează ca o forță în orice secțiune transversală podului.

**9.4.5** Dacă este cazul, forțele transversale produse de derapajul vehiculelor datorat frânării sau blocării roților se iau în considerare.

**9.4.6** Se consideră o forță de frânare transversală  $Q_{trk}$  egală cu 25% din forța de accelerație longitudinală  $Q_{lk}$ , care acționează simultan cu  $Q_{lk}$ , aplicată la nivelul suprafeței de rulare.

## 9.5 Acțiuni aplicate pe trotuar

**9.5.1** Acțiunile aplicate pe trotuarele podurilor de șosea se împart în două convoaie de calcul:

- a) o forță uniform distribuită  $q_{fk}$ ;
- b) o forță concentrată  $Q_{fwk}$ .

Cele două convoaie se aplică pentru situații de proiectare permanente și tranzitorii.

**9.5.2** Convoiul de calcul reprezentat de o forță uniform distribuită " $q_{fk}$ ": La podurile de șosea care susțin trotuare pentru pietoni sau piste pentru cicliști, valoarea caracteristică a forței uniform distribuite  $q_{fk}$  este de 5 kN/m<sup>2</sup>. Forța se aplică pe toată lățimea utilă a trotuarului.

**9.5.3** Convoiul de calcul reprezentat de o forță concentrată  $Q_{fwk}$ : Valoarea caracteristică a forței concentrate  $Q_{fwk}$  este de 10 kN și acționează pe o suprafață pătrată cu o latură de 0.10m.

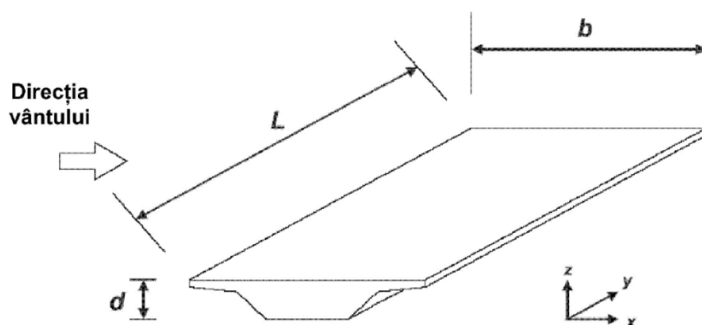
**9.5.4** Dacă la verificări se pot separa efectele generale și cele locale, se recomandă determinarea efectelor locale cu ajutorul forței concentrate.

**9.5.6** În cazul zonelor de inspecție a podurilor, modelul de calcul utilizat, este cel care produce efectele cele mai defavorabile dintre o forță uniform distribuită de 2 kN/m<sup>2</sup> și o forță concentrată de 3 kN aplicată pe o suprafață pătrată cu dimensiunea de (0.20x0,20) m<sup>2</sup>.

## 9.6 Acțiunea vântului la poduri

**9.6.1** Acțiunile din vânt sunt luate în calcul printr-un set de presiuni și forțe ale căror efecte sunt echivalente cu efectele extreme ale unui vânt turbulent. Acțiunea acestora se materializează la nivelul suprastructurii cât și a infrastructurii podurilor.

**9.6.2** Acțiunea vântului la nivelul suprastructurii. Vântul acționează față de axa tablierului în plan orizontal și vertical conform figurii 9.7. Vântul generează forțe pe X (direcția perpendiculară pe deschiderea podului), Y (direcția în lungul deschiderii) și Z (direcția perpendiculară pe tablier). Forțele produse în direcțiile X și Y sunt datorate suflării vântului în diferite direcții și în mod normal nu sunt simultane. În schimb, forțele produse în direcția Z pot fi rezultatul suflării vântului într-un domeniu larg al direcțiilor și se pot asocia în calcul cu oricare dintre forțele de pe celelalte direcții atât timp cât generează un efect nefavorabil.



**L**-lungimea tablierului (m); **B**-lățimea tablierului (m);  
**d**-înălțimea pe direcția Z, în funcție de încărcarea sau neîncărcarea podului (m).

**Figura 9.7 - Acțiunea vântului față de axa tablierului de pod în plan orizontal și vertical**

**9.6.3** Rezultanta acțiunii presiunii vântului asupra tablierului unui pod se calculează simplificat fără a se evalua răspunsul dinamic:

$$F_{wk} = \frac{1}{2} r v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref} ;$$

unde,

$F_{wk}$  – valoarea caracteristică care acționează asupra unei structuri.

**9.6.4** Pentru tablierele podurilor rutiere normale ( $L \leq 40,00m$ ) nu se evaluează răspunsul dinamic.

**9.6.5** Calculul forțelor din vânt pe tablurile podurilor pe direcția X:

$$F_{wk} = \frac{1}{2} r \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} \text{ sau } F_{wk}^* = \frac{1}{2} r \cdot v_{b,0}^{*2} \cdot C \cdot A_{ref,x};$$

în care,

$r = 1.25 \text{ kg/m}^3$ , reprezintă densitatea aerului;

$v_b$  – este valoarea de referință a vântului și se calculează conform formulei:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0};$$

unde,

$c_{dir} = 1$ , reprezintă coeficientul de direcție;

$c_{season} = 1$ , reprezintă factorul de anotimp;

$v_{b,0}$  – este valoarea fundamentală a vitezei de referință a vântului și este indicată în tab.1 din SM EN1991-1-4:2006/NB:2007;

$v_{b,0}^* = 23 \text{ m/s}$ ;

$C$  – este coeficientul de forță a vântului. Acest coeficient poate fi calculat prin două metode:

**9.6.5.1 Metoda 1** (metoda generală)  $C = c_e \cdot c_{f,x}$ ,

în care,

" $c_e$ " – este coeficientul de expunere  $c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$ , (vezi secțiunea 4.5 din SM EN 1991-1-4:2006);

Pentru cazul în care lucrarea de artă traversează un teren plat valoarea coeficientului de expunere se ia din fig.9.8 în funcție de înălțimea la care se găsește obiectivul (pod, viaduct, pasaj) față de suprafața terenului și ținând cont de categoria de teren (vezi tab. 9.7).

**Tabelul 9.7 - Clasificarea suprafețelor de teren pentru determinarea coeficientului de expunere**

|     |                                                                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0   | Mare sau zone costiere expuse vânturilor venind dinspre mare                                                                                                          |
| I   | Lacuri sau terenuri plate și orizontale cu vegetație neglijabilă fără obstacole                                                                                       |
| II  | Terenuri cu iarbă sau obstacole singulare (copaci, clădiri) cu separații de cel puțin de 20 de ori înălțimea obstacolului                                             |
| III | Zone acoperite de vegetație sau clădiri sau zone cu obstacole izolate cu separații de cel mult de 20 de ori înălțimea obstacolului (sate, terenuri suburbane, păduri) |
| IV  | Zone în care cel puțin 15% din suprafață este acoperită cu construcții care au mai mult de 15 m înălțime.                                                             |

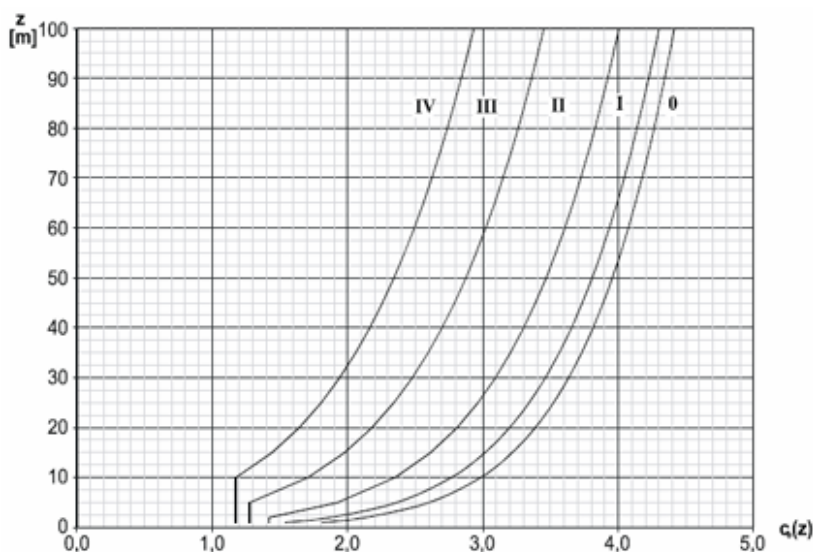


**Figura 9.8 - Valori ale coeficientului de expunere  $c_e(z)$ , pentru factor orografic  $c_0 = 1$  și factor de turbulență  $k_t = 1$**

NOTĂ - Pentru poduri peste văi adânci se va ține seama de creșterea vitezei vântului datorată efectelor de pâlnie.

$c_{f,x}$  – reprezintă coeficientul de forță pe direcția X,  $c_{f,x} = c_{f,x,0}$  ;

$c_{f,x,0}$  – coeficient, care va fi luat din graficul figurii 9.9.

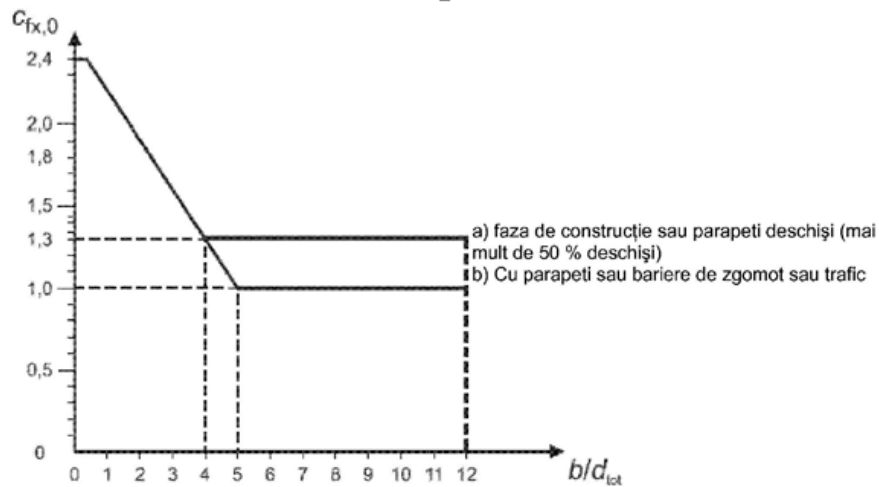


**Figura 9.9 - Determinarea coeficientului de forță  $c_{f,x,0}$  pentru poduri**

Raportul  $b/d_{tot}$  se calculează funcție de tipul secțiunii transversale a podului și de faza de construcție (fig. 9.10 și fig. 9.11).

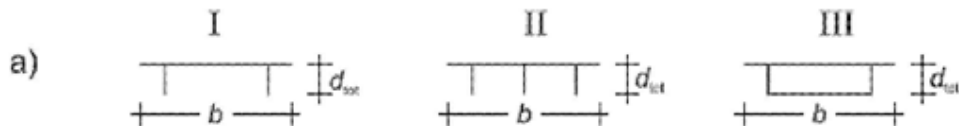


**Figura 9.10 - Poduri aflate în faza de construcție sau poduri cu parapeti deschiși mai mult de 50% din suprafață**

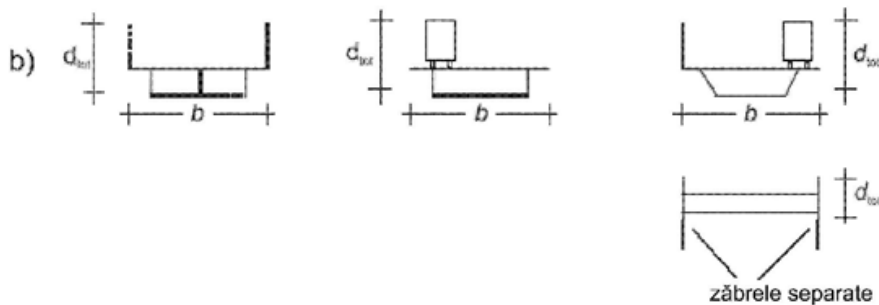


**Figura 9.11 - Poduri cu parapeti, bariere de zgomot sau trafic**

NOTĂ - Dacă fața expusă a vântului este înclinată (figura 9.12) coeficientul de forță  $c_{f,x,0}$  poate fi redus la 0.5% pentru fiecare grad de înclinare  $\alpha_1$  cu verticala dar nu mai mult de 30%;

Dacă tablierul este înclinat în sensul transversal a  $c_{f,x,0}$  poate crește cu 3% pentru fiecare grad de înclinare, dar nu mai mult de 25%.

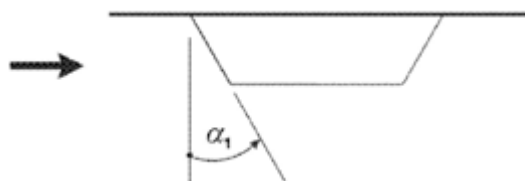


**Figura 9.12 - determinarea coeficientului  $c_{f,x,0}$  după fața expusă a tablierului de pod**

**9.6.5.1 Metoda 2** (metoda simplificată): Conform anexei naționale SM EN 1991-1-4:2006/NB:2007 valorile de calcul recomandate pentru coeficientul de forță C aplicat podurilor sunt indicate în tab. 9.8:

**Tabelul 9.8 - Valorile de calcul recomandate pentru coeficientul de forță**

| $b/d_{tot}$ | $z_e \leq 20m$ | $z_e = 50 m$ |
|-------------|----------------|--------------|
| $\leq 0,5$  | 6,7            | 8,3          |
| $\geq 4,0$  | 3,6            | 4,5          |

Tabelul 9.8 se bazează pe ipotezele următoare: factorul orografic  $c_0 = 1$ , coeficientul de turbulență  $k_l = 1$  și teren de categoria II. Pentru valori intermediare ale lui  $b/d_{tot}$  și  $z_e$  se permite interpolarea liniară.

Raportul  $b/d_{tot}$  se calculează conform figurii 9.11 iar  $z_e$  reprezintă înălțimea de referință luată ca distanță de la cel mai de jos nivel al terenului până la centrul structurii tablierului de pod fără a se ține seama de parapeti sau alte dispozitive de protecție șosea.

unde,

$A_{ref,x}$  – reprezintă aria de referință pe care acționează vântul pe direcția X,  $A_{ref,x} = d_{tot} \cdot L$ ;

$d_{tot}$  – este definită în fig.9.13;

L – lungimea tablier definită în fig. 9.7.

Aria de referință se calculează în două situații:

a) *Pentru grupările de încărcări fără încărcarea din trafic*: aria de referință se calculează ca o sumă a ariilor elementelor de beton sau metal aflate pe direcția de acțiune a vântului la care se adaugă suprafețele dispozitivelor de protecție șosea a căror înălțime se ia conform fig. 9.13 și tab. 9.9.



**Figura 9.13 - Determinarea suprafeței de referință**

**Tabelul 9.9 - Înălțimea totală expusă vântului  $d_{tot}$**

| Dispozitive de protecție pe șosea                  | pe o parte | pe două părți |
|----------------------------------------------------|------------|---------------|
| Parapet deschis sau barieră de securitate deschisă | $d + 0,3m$ | $d + 0,6m$    |
| Parapet plin sau barieră de securitate plină       | $d + d_1$  | $d + 2d_1$    |
| Parapet deschis și barieră de securitate deschisă  | $d + 0,6m$ | $d + 1,2m$    |

b) *Pentru grupările de încărcări cu încărcarea din trafic*: aria de referință se va calcula în același mod ca la punctul a) cu diferența că la calculul suprafeței totale pe care acționează vântul, înălțimii "d" din fig.9.13 se adaugă 2.00m de la nivelul părții carosabile independent de amplasarea încărcărilor din trafic.

#### 9.6.6 Calculul forțelor din vânt pe tablierale podurilor pe direcția Y.

În cazul în care se consideră că valoarea încărcării vântului pe direcția Y are un efect semnificativ atunci aceasta se va calcula astfel:

- Pentru podurile pline, 25% din forțele de vânt de pe direcția X.
- Pentru podurile cu zăbrele, 50% din forțele de vânt pe direcția X.

#### 9.6.7 Calculul forțelor de vânt pe tablierale podurilor pe direcția Z.

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot r \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} ;$$

Forța de vânt pe direcția Z are efecte semnificative doar dacă are același semn cu forța din greutatea proprie. Forțele din vânt pe tablierul podurilor pe direcția Z se calculează conform pașilor prezentați pentru direcția X cu următoarele precizări:

$$C = c_e \cdot c_{f,z} ;$$

unde,

$c_{f,z}$  – coeficient de forță pe direcția Z, definit atât în sens ascendent cât și descendent.

În absența experimentelor realizate în tunelul de vânt coeficientul " $c_{f,z}$ " este egal cu  $\pm 0,9$ . În această valoare în care sunt incluse: o eventuală pantă transversală a tablierului și fluctuațiile unghiului de incidență ale vântului în raport cu tablierul datorat unei turbulențe.

Ca o alternativă coeficientul de forță pe direcția Z poate fi evaluat cu ajutorul figurii 9.14 în funcție de  $b/d_{tot}$ .

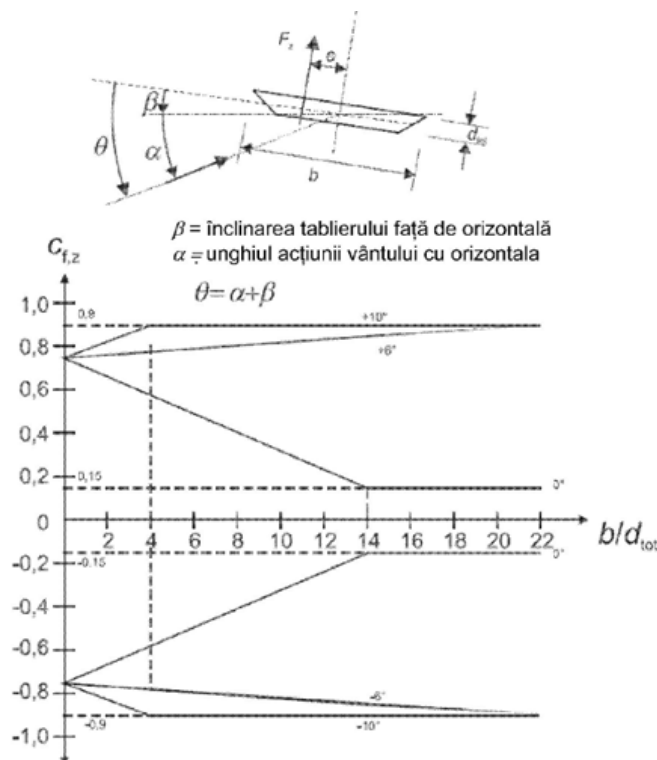


**Figura 9.14 - Evaluarea coeficientului de forță pe direcția Z funcție de  $b/d_{tot}$**

unde,

$d_{tot}$  – înălțimea tablierului nu se ia în considerație, înălțimile suplimentare provenite din trafic sau echipamente montate pe pod;

$b$  – lățimea tablierului definită în fig. 9.7;

$\alpha$  – unghiul pe care îl face vântul cu orizontală poate fi considerat egal cu  $\pm 5^\circ$  datorită turbulenței atât pentru un teren plat orizontal cât și pentru unul undulat față de care tablierul se află la 30m înălțime;

$e$  – excentricitatea forței pe direcția X și poate fi egală cu  $b/5$ ;

$A_{ref,z}$  – aria de referință, este egală cu  $A_{ref,z} = b \cdot L$ , pentru care  $b$  și  $L$  sunt definiți în fig.9.7.

## 9.7 Acțiuni termice la poduri

**9.7.1** Acțiunile termice se aplică atât la nivelul suprastructurii cât și la cel a infrastructurii podurilor.

**9.7.2** Acțiuni termice la nivelul suprastructurii. Se aplică următoarelor tipuri de tabliere de pod:

Tipul 1 – tablier metalic (grindă metalică casetată, grinzi metalice cu zăbrele sau grinzi compuse);

Tipul 2 – tablier cu structură mixtă (oțel-beton);

Tipul 3 – tablier de beton (placă de beton, grinzi de beton, grindă chesonată de beton).

**9.7.3** Încărcările produse de acțiunile termice la poduri sunt împărțite în două componente: componenta de temperatură uniformă și componenta diferențelor de temperatură.

**9.7.3.1** Valorile caracteristice ale încărcărilor au o probabilitate anuală de depășire de 0,02 pentru toate situațiile de proiectare în afară de cea tranzitorie pentru care valorile de referință ale acțiunii termice pot fi determinate conform anexa A SM EN1991-1-5:2005.

**9.7.3.2** Componenta de temperatură uniformă.

Valoarea caracteristică a componentei de temperatură uniformă este asociată fie contracției, fie dilatării fiind notată cu  $\Delta T_{N,contracție}$  sau  $\Delta T_{N,dilatare}$  pentru fiecare caz în parte.

$$\Delta T_{N,contracție} = T_0 - T_{e,min} ;$$

$$\Delta T_{N,dilatare} = T_{e,max} - T_0 ;$$

unde,

$T_0$  – reprezintă temperatura inițială și este egală cu temperatura unui element structural după încheierea fazei de construcție. Dacă temperatura inițială nu este cunoscută, se poate utiliza valoarea temperaturii medii din perioada de construcție. Dacă nu există date disponibile  $T_0 = 10^\circ\text{C}$ .

$T_{e,min}$  și  $T_{e,max}$  – reprezintă componentele de temperatură uniformă minimă și maximă. Aceste valori se determină din graficul prezentat în fig.9.15 pentru intervale zilnice de temperatură a aerului de  $10^\circ\text{C}$ .

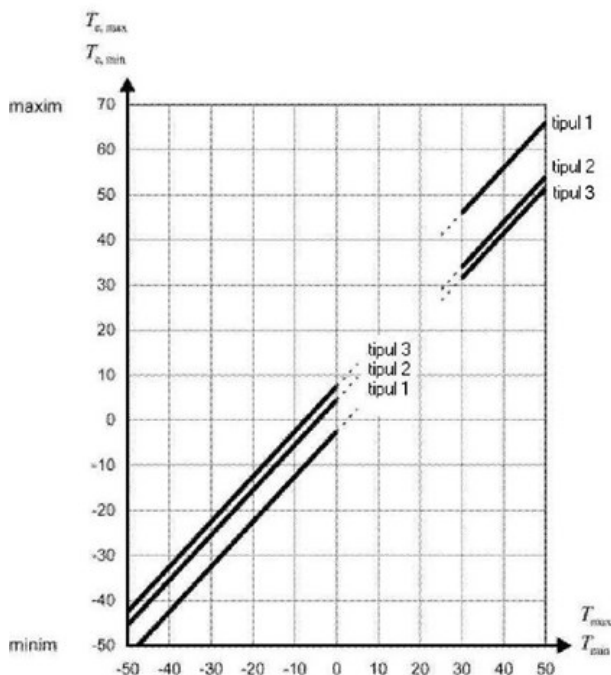


**Figura 9.15 - componentele de temperatură uniformă minimă și maximă**

$T_{min}$  și  $T_{max}$  – reprezintă temperaturile minime și maxime și sunt specificate în hărțile de izoterme NA.1 și NA.2 și în tabelul NA.1 din anexa națională SM EN 1991-1-5:2011/NA:2018.

**9.7.3.3** Componenta diferența de temperatură. Componenta diferența de temperatură pe direcție verticală este datorată încălzirii și răcirii feței superioare a tablierului de pod. Efectul diferenței de temperatură pe verticală este luat în considerare prin utilizarea unor componente liniare de diferență de temperatură echivalente cu  $\Delta T_{TM,încălzire}$  și  $\Delta T_{TM,răcire}$ . Pentru straturi de protecție de 50mm și pentru diferite tipuri de tablier valorile pentru  $\Delta T_{TM,încălzire}$  și  $\Delta T_{TM,răcire}$  se iau din tabelul 9.10.

**Tabelul 9.10 - Determinarea componenta diferența de temperatură**

| Tip de tablîer                                                                                     | Fața superioară mai caldă         | Fața inferioară mai caldă      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                                    | $\Delta_{TM,încălzire}, ^\circ C$ | $\Delta_{TM,răcire}, ^\circ C$ |
| Tipul 1:<br>Tablîer din oțel                                                                       | 18                                | 13                             |
| Tipul 2:<br>Tablîer cu structură mixtă                                                             | 15                                | 18                             |
| Tipul 3:<br>Tablîer de beton:<br>-grindă chesonată de beton<br>-grindă de beton<br>-placă de beton | 10<br>15<br>15                    | 5<br>8<br>8                    |

**9.7.3.4** Pentru straturi de protecție diferite de 50mm valorile pentru  $\Delta_{TM,încălzire}$  și  $\Delta_{TM,răcire}$  se multiplică cu factorul  $k_{suprafață}$  prezentat în tabelul 9.11 în funcție de tipul de tablîer analizat.

**Tabelul 9.11 - Determinarea componentei "diferența de temperatură" pentru straturi de protecție diferite de 50mm**

| Grosime strat de protecție | Tipul 1                   |                           | Tipul 2                   |                           | Tipul 3                   |                           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                            | Fața superioară mai caldă | Fața inferioară mai caldă | Fața superioară mai caldă | Fața inferioară mai caldă | Fața superioară mai caldă | Fața inferioară mai caldă |
| mm                         | $k_{suprafață}$           | $k_{suprafață}$           | $k_{suprafață}$           | $k_{suprafață}$           | $k_{suprafață}$           | $k_{suprafață}$           |
| Fără strat de protecție    | 0,7                       | 0,9                       | 0,9                       | 1,0                       | 0,8                       | 1,1                       |
| Cu strat impermeabil *     | 1,6                       | 0,6                       | 1,1                       | 0,9                       | 1,5                       | 1,0                       |
| 50                         | 1,0                       | 1,0                       | 1,0                       | 1,0                       | 1,0                       | 1,0                       |
| 100                        | 0,7                       | 1,2                       | 1,0                       | 1,0                       | 0,7                       | 1,0                       |
| 150                        | 0,7                       | 1,2                       | 1,0                       | 1,0                       | 0,5                       | 1,0                       |
| balast (750 mm)            | 0,6                       | 1,4                       | 0,8                       | 1,2                       | 0,6                       | 1,0                       |

\*- Valorile prezentate reprezintă valorile limită superioare pentru cazul utilizării unei culori închise a stratului de protecție

**9.7.3.5** În general, componenta de diferență de temperatură necesită să fie luată în considerație numai pe direcția verticală.

**9.7.3.6** Componenta diferența de temperatură pe direcție orizontală se ia în considerare doar în unele cazuri particulare (ex: configurația sau orientarea podului presupune expunerea mai accentuată la soare a unei părți față de cealaltă parte), iar valoarea este egală cu 5°C.

**9.7.3.7** Componentele temperaturii (temperatura uniformă și diferența de temperatură), se pot utiliza simultan în situația în care cazul de încărcare considerat generează efectul cel mai favorabil.

**9.7.3.8** Se va utiliza următoarea expresie pentru determinarea cazurilor de încărcare:

$$\Delta_{TM,încălzire}(sau \Delta_{TM,răcire}) + \omega_N \cdot \Delta_{TN,dilatare}(sau \Delta_{TN,contracție});$$

sau

$$\omega_M \Delta_{TM,încălzire}(sau \Delta_{TM,răcire}) + \Delta_{TN,dilatare}(sau \Delta_{TN,contracție});$$

unde,

$\omega_N = 0,35$  și  $\omega_M = 0,75$  reprezintă factori de reducere.

**9.7.3.9** La proiectarea podurilor cu tablîerul alcătuit din grinzi casetate de beton armat de mari dimensiuni, sunt luate în considerare diferențele de temperatură care pot înregistra între pereții interiori și exteriori cu o valoare de 15°C.

**9.7.4** Acțiunile termice la nivelul infrastructurii de pod.

**9.7.4.1** La proiectarea pilelor de pod pentru evaluarea acțiunilor termice se ia în considerare diferența liniară de temperatură între fețele exterioare.

**9.7.4.2** La proiectarea pilelor de beton cu secțiune plină sau casetată se utilizează valoarea de 5°C pentru diferențele liniare de temperatură între fețele exterioare opuse.

**9.7.4.3** La proiectarea pereților pilelor pentru diferențele liniare de temperatură între fața interioară și fața exterioară se utilizează valoarea de 15°C.

## 9.8 Acțiunile din zăpadă la poduri

**9.8.1** Valorile caracteristice ale încărcărilor date de zăpadă pe sol, se determină având în vedere harta de zonare a RM, prezentată în fig. NA.1 și zonarea principalelor localități din RM, indicată în tabelul NA.1 din anexa națională SM EN 1991-1-3:2011/NA:2018.

**9.8.2** Pentru evaluarea ale încărcărilor date de zăpadă pe sol, valoarea greutateii specifice a zăpezii, s-a considerat  $\gamma = 2.0 \text{ kN/m}^3$ .

**9.8.3** Pentru amplasamente situate la altitudini mai mici de 1000m, valorile caracteristice ale încărcării date de zăpadă pe sol nu iau în considerare variația încărcării cu altitudinea și este necesar determinate astfel:

Zona 1:  $s_k = 1.5 \text{ kN/m}^2$ ;

Zona 2:  $s_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$ ;

Zona 3:  $s_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$ .

unde,

$s_k$  – reprezintă valoarea caracteristică a încărcării date de zăpadă pe sol având o probabilitate anuală de depășire de 0.02 kN/m<sup>2</sup>.

**9.8.4** Pentru construcții de poduri situate la altitudini mai mari din cele stipulate în p.9.8.3, valoarea încărcării de zăpadă pe sol se poate efectua în baza unor studii speciale la care este necesar avute în vedere prelucrarea statistică a unor șiruri lungi de date, de cel puțin 20 ani, privind căderile zilnice de zăpadă înregistrate pe amplasamentul respectiv.

## 9.9 Împingerea pământului din suprasarcină

**9.9.1** Evaluarea împingerii pământului asupra infrastructurilor podurilor, asupra podețelor sau lucrărilor de susținere, ca parte a interacțiunii construcțiilor cu terenul înconjurător, este reglementată de SM EN 1997-1:2024 și anexele naționale (NA). Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale, în cazul presiunii în regim static și de Eurocod 8, "Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur" SM EN 1998-5:2024. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice, în cazul presiunii în regim dinamic, sub acțiunea seismului.

**9.9.2** În Secțiunea 9 a SM EN 1997-1:2024 sunt făcute câteva considerații privind valorile presiunii pământului în stare de repaus. Anexa C a SM EN 1997-1:2024 prezintă exemple de proceduri pentru determinarea valorilor limită ale presiunii pământurilor asupra pereților verticali.

**9.9.3** Prevederi în SM EN 1998-5:2024, Eurocod 8: "Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice", privind calculul simplificat a presiunii pământului și a presiunii apei în condiții seismice.

**9.9.4** Pentru ziduri a căror înălțime nu depășește 10 m, coeficientul seismic este necesar luat constant pe toată înălțimea. Pentru structurile de susținere cu înălțimi mai mari de 10 m se va consulta Anexa E din SM EN 1998-5:2024 respectiv anexele naționale.

**9.9.5** Expresiile greutateii de volum a pământului din spatele lucrării de susținere ( $\gamma^*$ ), a unghiului  $\theta$ , în SM EN 1998-5:2024, E6 și E7, se vor prelua pentru calculul coeficientului presiunii pământului și a presiunii hidrodinamice  $E_{wd}$ .

**9.9.6** În SM EN 1998-5:2024 pentru structurile rigide, care nu au deplasări relative în raport cu terenul, astfel încât nu se poate mobiliza o presiune activă în pământ, când peretele este vertical, iar suprafața radierului este orizontală, se dă următoarea expresie a efortului dinamic datorat creșterii presiunii pământului:

$$\Delta P_d = \alpha \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2,$$

unde,

$\alpha$ ,  $S$ ,  $\gamma$  - au semnificațiile menționate anterior, iar  $H$  este înălțimea lucrării de susținere. Punctul de aplicare poate fi luat la jumătatea înălțimii lucrării.

**9.9.7** Un aspect esențial al manifestării interacțiunii dezvoltate pe durata unui cutremur, între pământul sprijinit și construcția de sprijin, este că efectul oscilațiilor seismice nu se manifestă prin amplificarea simplă a împingerilor statice.

**9.9.8** Considerarea presiunilor seismice. Din punct de vedere al oscilațiilor pe verticală se vor face calculele pentru ambele sensuri ale forțelor de inerție, respectiv în sus sau în jos ( $F_v = Wk_v$ ).

**9.9.10** Pentru lucrări curente se poate face calculul numai la împingeri active, considerate cu același sens cu cel al forțelor seismice ale infrastructurii (sprijinirii) și cu deplasarea acesteia, putând fi o cauză a ei. Rezistențele pasive sunt în sens invers forțelor seismice aferente lucrării și se opun deplasării acesteia.

**9.9.11** Mobilizarea integrală a valorilor maxime ale rezistențelor pasive se realizează la deplasări mari, situație care nu este în general posibilă, dat fiind faptul că echilibrul se stabilește la deplasări mici, iar în cazul mișcărilor seismice are loc o modificare rapidă de sens.

**9.9.12** În cazul podurilor ale căror culei fac corp comun cu tablierul și oscilează în direcție orizontală solidar cu acesta, interacțiunea cu terenul din spatele celor două culei se manifestă în mod diferit. Considerându-se oricare din cele două sensuri ale deplasării generale, la culeea din spate se manifestă împingerea activă în timp ce pe culeea din față se dezvoltă rezistența pasivă a terenului.

Dacă de adoptă un model de calcul care cuprinde întregul ansamblu, compus din tablier-pile-culei și teren, reacțiunile pasive ale terenului rezultă din calculul de conlucrare, prin modelarea adecvată a interacțiunii culee-teren.

## 9.10 Acțiuni accidentale ( $A_d$ )

**9.10.1** Acțiunile accidentale asupra podurilor sunt cauzate de următoarele evenimente:

- a) impactul vehiculelor rutiere asupra infrastructurilor și suprastructurilor de pod (inclusiv impactul asupra bordurilor și parapetelor);
- b) impactul trenurilor asupra infrastructurilor de pod;
- c) impactul navelor asupra infrastructurilor de pod.

**9.10.2** *Impactul* presupune un fenomen de integrațiune între un corp în mișcare și o structură, în care energia cinetică a corpului în mișcare este brusc transformată în energie de deformare.

**9.10.3** Impactul poate fi dur în care energia este disipată de corpul impactant sau slab, în care structura este proiectată pentru a se deforma și a absorbi energia de impact.

**9.10.4** Pentru proiectarea structurală acțiunile cauzate de impact sunt determinate cu ajutorul unei analize dinamice sau printr-un model simplificat reprezentate printr-o forță statică echivalentă.

**9.10.5** Analiza dinamică presupune determinarea proprietăților mecanice ale corpului în mișcare cât și a structurii ținând cont de următoarele variabile: viteza de impact, unghiul de impact, mișcarea corpului după impact, comportarea și caracteristicile de deformare a corpului și structurii.

**9.10.6** Modelul simplificat este utilizat pentru verificarea rezistenței, echilibrului și evaluarea capacității de deformare a structurii care a suferit impactul. În proiectare se utilizează în general forțele statice echivalente.

## 10 Grupări de acțiuni

**10.1** Este necesar făcută distincție între stările limită ultime și stările limită de exploatare. Verificarea uneia între cele două categorii de stări poate fi omisă dacă sunt disponibile suficiente informații pentru a demonstra că se îndeplinește cealaltă.

**10.2** Stările limită definite conform SM EN 1990-2023, este necesar asociate cu situațiile de proiectare. Situațiile de proiectare sunt seturi de condiții fizice care reprezintă condițiile reale întâlnite într-un interval de timp pentru care nu sunt depășite stările limită relevante. Fiecare situație de proiectare se caracterizează printr-o grupare de acțiuni compatibile la care se fac verificările pentru stările limită relevante.

### 10.3 Situațiile de proiectare se clasifică în:

- a) *situații de proiectare permanente* - care se referă la condiții normale de utilizare, fiind relevantă în timpul unei perioade de același ordin cu durata de viață proiectată a podului (100 de ani). Pentru poduri, situația de proiectare permanentă implică acțiunile permanente, inclusiv geotehnice, acțiunile din trafic precum și acțiuni termice și ale vântului;
- b) *situații de proiectare tranzitorii* care se referă la condiții de utilizare temporare a structurii fiind relevantă pentru un interval mult mai scurt decât durata de viață proiectată a structurii. Se iau în considerare acțiuni asupra elementelor componente al structurii pe perioada manipulării acestora, acțiuni geotehnice, pretensionarea armăturilor, deformații inițiale (deplasări ale reazemelor), acțiuni termice, acțiunea vântului, a zăpezii, a apei, prezența personalului de execuție, depozitarea echipamentelor utilizate temporar sau a materialelor, etc.
- c) *situații de proiectare accidentală* care se referă la condiții excepționale aplicabile structurii. Inginerul proiectant împreună cu beneficiarul lucrării sau cu autoritatea relevantă este necesar să stabilească anumite situații accidentale de proiectare pentru care se va calcula structura respectivă;
- d) *situații de proiectare seismice* care se referă la condiții aplicate structurii când aceasta este supusă la evenimente seismice.

**10.4** Situațiile de proiectare este necesar alese astfel încât să includă toate condițiile care pot apărea în mod previzibil în timpul execuției și utilizării structurii.

**10.5** *Stările limită ultime* implică securitatea oamenilor și/sau securitatea structurii. Următoarele stări limită ultime este necesar verificate acolo unde pot fi relevante:

**EQU** - pierderea echilibrului structurii sau a unei părți a acesteia, considerate ca un corp rigid, unde: variații mici în valoarea distribuției spațiale a acțiunilor de la o singură sursă sunt considerate importante și rezistențele materialelor de construcție sau ale solului, în general, nu sunt decisive;

**STR** - cedarea internă sau deformarea excesivă a structurii sau elementelor structurale, inclusiv pilele, fundațiile sau piloții fundațiilor, etc. unde rezistențele materialelor de construcție sunt decisive;

**GEO** - cedarea sau deformarea excesivă a solului unde rezistența pământului sau rocii sunt semnificative în asigurarea rezistenței;

**FAT** - cedarea la oboseală a structurii sau elementelor structurale.

**10.6** *Stările limită de exploatare* implică funcționarea structurii sau a elementelor structurale în condiții normale de exploatare, confortul oamenilor și aspectul (deformații mari și fisuri extinse) lucrărilor de construcție.

**10.7** Verificarea stărilor limită de exploatare se bazează pe criterii care urmăresc următoarele aspecte:

- a) deformații care afectează aspectul, confortul utilizatorilor, sau funcționarea structurii, sau care provoacă deteriorări finisajelor sau elementelor nestructurale;
- b) vibrații care provoacă disconfort persoanelor sau care limitează eficiența funcțională a structurii;
- c) deteriorări care pot afecta negativ aspectul, durabilitatea sau funcționarea structurii.

### 10.8 Grupări de acțiuni pentru stări limită ultime (exclus oboseala)

**10.8.1** Pentru gruparea acțiunilor se consideră trei situații de proiectare, și anume:

#### a) situații de proiectare permanente și tranzitorii (grupări fundamentale)

$$E_d = \sum g_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup} + \sum g_{Gj,inf} \cdot G_{kj,inf} + g_P \cdot P + g_{Q1} \cdot Q_{k,1} + \sum g_{Qi} \cdot Q_{k,i} + \sum g_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  – valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$g_{Gj,sup} / g_{Gj,inf}$  – coeficient parțial pentru acțiunea permanentă "j" la calcularea valorii de calcul superioare/inferioare;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$g_P$  - coeficient parțial pentru acțiuni de pretensionare;

$g_{Q1}$  - coeficient parțial pentru acțiunea variabilă principală;

$Q_{k,1}$  - valoarea caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$g_{Q,i}$  - coeficient parțial pentru acțiunea variabila "i";

$\psi_{0,i}$  - coeficient pentru valoarea grupării a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

**b) situații de proiectare accidentale.**

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + P + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  - valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$A_d$  - valoare de calcul a acțiunii accidentale;

$\psi_{1,1}$  - coeficient pentru valoarea frecventă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,1}$  - valoarea caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$\psi_{2,i}$  - coeficient pentru valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

**c) situații de proiectare seismice.**

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + P + A_{Ed} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  - valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$A_{Ed} = g_1 \cdot A_{Ek}$  - valoare de calcul a acțiunii seismice;

$g_1$  - coeficient de importanță;

$\psi_{2,i}$  - coeficient pentru valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

**Tabelul 10.1 - Coeficienții de grupare**

| STAREA LIMITA DE EXPLOATARE |           |                                        |                                   |                                                        |                         |          |          |                      |          |
|-----------------------------|-----------|----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------------------|----------|
| Nr.crt.                     | Acțiuni   |                                        |                                   | Nr.crt.<br>din col 1 al<br>acțiunilor<br>incompatibile | Gruparea caracteristica |          |          | Gruparea nefrecventa |          |
|                             |           |                                        |                                   |                                                        | $\psi_0$                | $\psi_1$ | $\psi_2$ | $\psi_{1,inf}$       | $\psi_2$ |
| 1                           | Variabile | Acțiuni variabile din trafic           | gr.1a (parte carosabila)          | TS                                                     | 2,3,4,5,6               | 0.75     | 0.75     | 0.00                 | 0.80     |
|                             |           |                                        |                                   | UDL                                                    |                         | 0.40     | 0.40     | 0.00                 | 0.40     |
|                             |           |                                        | gr.1a (trotuar)                   | 3kN/m <sup>2</sup>                                     |                         | 0.40     | 0.40     | 0.00                 | 0.40     |
|                             |           |                                        | gr.1b                             | LM2                                                    | 1,3,4,5,6               | 0.00     | 0.75     | 0.00                 | 0.80     |
|                             |           |                                        | gr.2                              | 0.75*TS                                                | 1,2,4,5,6,7,8           | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        |                                   | 0.40*UDL                                               |                         | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        |                                   | $Q_{k1}$                                               |                         | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        |                                   | $Q_{k2}$                                               |                         | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        | gr.3 (trafic pietonal)            | 5kN/m <sup>2</sup>                                     | 1,2,3,5,6,7,8           | 0.00     | 0.40     | 0.00                 | 0.80     |
|                             |           |                                        | gr.4 (parte carosabila + trotuar) | LM4 (5kN/m <sup>2</sup> )                              | 1,2,3,4,6,7,8           | 0.00     | 0.75     | 0.00                 | 0.80     |
|                             |           |                                        | gr.5                              | 0.75*TS                                                | 1,2,3,4,5,7,8           | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        |                                   | 0.40*UDL                                               |                         | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
|                             |           |                                        |                                   | LM3                                                    |                         | 0.00     | 0.00     | 0.00                 | -        |
| 7                           |           | Acțiunea vântului                      |                                   | $F_{wk}$                                               | 3,4,5,8,9               | 0.60     | 0.20     | 0.00                 | 0.60     |
| 8                           |           |                                        |                                   | $F_{wk}^*$                                             | 3,4,5,7,9               | 1.00     | -        | -                    | -        |
| 9                           |           | Acțiunea temperaturii                  |                                   | $T_k$                                                  | 7,8                     | 0.60     | 0.60     | 0.50                 | 0.60     |
| 10                          |           | Acțiunea zăpezii                       |                                   | $S_k$                                                  | 1,2,3,4,5               | 0.70     | 0.50     | 0.40                 | 0.70     |
| 11                          |           | Impingerea pamantului din convoaie tip |                                   | 10                                                     |                         | 0.75     | 0.75     | 0.75                 | 0.80     |

**10.9** Coeficienții parțiali de siguranță precum și de grupare se găsesc în tabelele 10.1, 10.2, 10.3, 10.4.

**10.9.1** Pentru verificări la starea limită de stabilitate, în prezența precomprimării exterioare, dacă o creștere a valorii precomprimării poate fi defavorabilă  $g_p=1.3$ .

**10.9.2** Pentru verificări ale efectelor locale (ex: datorită ancorării armăturilor pretensionate preîntinse)  $g_p=1.1$ .

**10.9.3** Valoarea indicată în tabele se aplică pentru structurile de clase de importanță III. Pentru structuri încadrate în clasa de importanță II  $\psi_2=0.20$  iar pentru clasa de importanță I  $\psi_2=0.00$ .

**10.9.4** Valoarea indicată în tabele se aplică pentru structurile de clase de importanță III. Pentru structuri încadrate în clasa de importanță II  $\gamma_I=1.10$  iar pentru clasa de importanță I  $\gamma_I=0.85$ .

**10.9.5** Valoarea indicată în tabel corespunde cazului în care se face o analiză elastică liniară. Pentru o analiza neliniară  $\gamma_{Gj,sup}=1.35$ .

**10.9.6** La proiectarea elementelor structurale (fundatii, coloane, pile, ziduri laterale, ziduri intoarse, ziduri de garda), STR implicand actiuni geotehnice si rezistenta terenului se vor folosi tabelele 10.3 si 10.4 in calcule separate. Valorile pentru dimensionare sunt cele obtinute in situatia cea mai defavorabila.

*(Spațiu liber lăsat intenționat)*

Tabelul 10.2 - Verificarea echilibrului static al podurilor.

| STAREA LIMITA ULTIMA-EQU |                |                                                                 |                                        |                           |                     |                    |          |                                    |                  |            |            |                    |                         |      |                          |                    |   |   |   |
|--------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------|------------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------|-------------------------|------|--------------------------|--------------------|---|---|---|
| Nr.crt.                  | Actiuni        | Nr.crt.<br>din col 1 al actiunilor<br>incompatibile             | Gruparea fundamentala                  |                           |                     |                    |          |                                    |                  |            |            |                    | Gruparea<br>accidentala |      | Gruparea<br>seismica     |                    |   |   |   |
|                          |                |                                                                 | Situatie de protectare permanenta      |                           |                     |                    |          | Situatie de protectare tranzitorie |                  |            |            |                    | $\psi_1$<br>$\psi_2$    |      | $\gamma_1$<br>$\gamma_2$ |                    |   |   |   |
|                          |                |                                                                 | $\gamma_{G,sup}$                       | $\gamma_{G,inf}$          | $\gamma_Q$          | $\gamma_P$         | $\psi_0$ | $\gamma_{G,sup}$                   | $\gamma_{G,inf}$ | $\gamma_Q$ | $\gamma_P$ | $\psi_0$           |                         |      |                          |                    |   |   |   |
| 1                        | Permanente     | Grutatea proprie a structurii de rezistenta                     | 1.05                                   | 0.95                      | -                   | -                  | -        | 1.05                               | 0.95             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 2                        |                | Greutatea elementelor nestructurale                             | 1.05                                   | 0.95                      | -                   | -                  | -        | 1.05                               | 0.95             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 3                        |                | Umplutura de pamant pe treptele fundatiei                       | 1.05                                   | 0.95                      | -                   | -                  | -        | 1.05                               | 0.95             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 4                        |                | Impingerea pamantului                                           | 1.10                                   | 0.90                      | -                   | -                  | -        | 1.10                               | 0.90             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 5                        |                | Tasare si deplasare fundatii                                    | 1.10                                   | 0.90                      | -                   | -                  | -        | 1.10                               | 0.90             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 6                        |                | Deformatii in timp ale betonului (contractia si curgerea lenta) | 1.00                                   | 1.00                      | -                   | -                  | -        | 1.00                               | 1.00             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 7                        |                | Alte actiuni permanente                                         | 1.05                                   | 0.95                      | -                   | -                  | -        | 1.05                               | 0.95             | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        | -                  | - | - | - |
| 8                        | Precomprimarea | -                                                               | -                                      | -                         | -                   | 1.00 <sup>1)</sup> | -        | -                                  | -                | -          | -          | 1.00 <sup>1)</sup> | -                       | -    | -                        | -                  | - | - |   |
| 9                        | Variabile      | Actiuni variabile din trafic                                    | gr.1a (parte carosabila)               | TS                        | -                   | 1.35               | -        | 0.75                               | -                | 1.08       | -          | 0.75               | 0.75                    | 0.00 | -                        | 0.30 <sup>2)</sup> |   |   |   |
| UDL                      |                |                                                                 |                                        | -                         | 1.35                | -                  | 0.40     | -                                  | 1.35             | -          | 0.40       | 0.40               | 0.00                    | -    | 0.30 <sup>2)</sup>       |                    |   |   |   |
| gr.1a (trctuar)          |                |                                                                 | 3kN/m <sup>2</sup>                     | -                         | 1.35                | -                  | 0.40     | -                                  | 1.35             | -          | 0.40       | 0.40               | 0.00                    | -    | 0.00                     |                    |   |   |   |
|                          |                |                                                                 | gr.1b                                  | LM2                       | 9,11,12,13,14,18,23 | 1.35               | -        | 0.00                               | -                | 1.35       | -          | 0.00               | 0.75                    | 0.00 | -                        | -                  |   |   |   |
| gr.2                     |                |                                                                 | 0.75*TS                                | -                         | 1.35                | -                  | 0.00     | -                                  | 1.35             | -          | 0.00       | 0.00               | 0.00                    | -    | -                        |                    |   |   |   |
|                          |                | 0.40*UDL                                                        | 9,10,12,13,14,15,16,18,23              | 1.35                      | -                   | 0.00               | -        | 1.35                               | -                | 0.00       | 0.00       | 0.00               | -                       | -    |                          |                    |   |   |   |
|                          |                | Q <sub>ik</sub>                                                 | -                                      | 1.35                      | -                   | 0.00               | -        | 1.35                               | -                | 0.00       | 0.00       | 0.00               | -                       | -    |                          |                    |   |   |   |
| gr.3 (trafic pietonal)   |                | Q <sub>ik</sub>                                                 | -                                      | 1.35                      | -                   | 0.00               | -        | 1.35                               | -                | 0.00       | 0.00       | 0.00               | -                       | -    |                          |                    |   |   |   |
|                          |                | 5kN/m <sup>2</sup>                                              | 9,10,11,13,14,15,16,18,23              | 1.35                      | -                   | 0.00               | -        | 1.35                               | -                | 0.00       | 0.40       | 0.00               | -                       | -    |                          |                    |   |   |   |
| 13                       |                | gr.4(parte carosabila +trotuar)                                 | LM4 (5kN/m <sup>2</sup> )              | 9,10,11,12,14,15,16,18,23 | -                   | -                  | 0.00     | -                                  | 1.35             | -          | 0.00       | 0.75               | 0.00                    | -    | -                        |                    |   |   |   |
| gr.5                     |                |                                                                 | 0.75*TS                                | -                         | 1.35                | -                  | 0.00     | -                                  | 1.35             | -          | 0.00       | 0.00               | 0.00                    | -    | -                        |                    |   |   |   |
|                          |                |                                                                 | 0.40*UDL                               | 9,10,11,12,13,23          | 1.35                | -                  | 0.00     | -                                  | 1.35             | -          | 0.00       | 0.00               | 0.00                    | -    | -                        |                    |   |   |   |
|                          |                |                                                                 | LM3                                    | -                         | 1.35                | -                  | 0.00     | -                                  | 1.35             | -          | 0.00       | 0.00               | 0.00                    | -    | -                        |                    |   |   |   |
| 15                       |                |                                                                 | Actiunea vantului                      | F <sub>wk</sub>           | 11,12,13,16,17,23   | 1.50               | -        | 0.60                               | -                | 1.50       | -          | 0.80               | 0.80                    | -    | -                        | -                  |   |   |   |
| F <sub>wk</sub> *        |                | 11,12,13,15,17,23                                               |                                        | 1.50                      | -                   | 1.00               | -        | 1.50                               | -                | 1.00       | -          | -                  | -                       | -    |                          |                    |   |   |   |
| T <sub>ik</sub>          |                | 15,16                                                           |                                        | 1.50                      | -                   | 0.60               | -        | 1.50                               | -                | 0.60       | 0.60       | 0.50               | -                       | 0.50 |                          |                    |   |   |   |
| 17                       |                | Actiunea temperaturii                                           | S <sub>k</sub>                         | 9,10,11,12,13,19,23       | -                   | -                  | -        | -                                  | 1.50             | -          | 0.80       | -                  | -                       | -    | -                        | -                  |   |   |   |
| 18                       |                | Actiunea zapezii                                                | Impingerea pamantului din convoaie tip | 18                        | -                   | -                  | 1.50     | -                                  | 0.75             | -          | 1.50       | 0.75               | 0.75                    | 0.00 | -                        | 0.00               |   |   |   |
| 20                       | Accidentale    | Impactul vehiculelor rutiere                                    | 15,16,18,21,22,23                      | -                         | -                   | -                  | -        | -                                  | -                | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        |                    |   |   |   |
| 21                       |                | Izbierea vehiculelor de borduri sau parapete de siguranta       | 15,16,18,20,22,23                      | -                         | -                   | -                  | -        | -                                  | -                | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        |                    |   |   |   |
| 22                       |                | Impactul navelor asupra infrastructurilor de pod                | 15,16,18,20,21,23                      | -                         | -                   | -                  | -        | -                                  | -                | -          | -          | -                  | -                       | -    | -                        |                    |   |   |   |
| 23                       | Seismul        | -                                                               | -                                      | -                         | -                   | -                  | -        | -                                  | -                | -          | -          | -                  | -                       | -    | 1.30 <sup>3)</sup>       | -                  |   |   |   |

| STAREA LIMITA ULTIMA-STR  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|------------|---------------------|----------|-------------------------|----------------------|------|---|---------------------|---|
| Nr.crt                    | Actiuni                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nr.crt.<br>din col 1 al actiunilor<br>incompatibile                                                                                                       | Gruparea fundamentala                                                                                                           |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          | Gruparea<br>accidentala | Gruparea<br>seismica |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | Situatie de proiectare permanenta                                                                                               |                   |            |                     | Situatie de proiectare tranzitorie |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | $\gamma_{Gj,sup}$                                                                                                               | $\gamma_{Gj,inf}$ | $\gamma_Q$ | $\gamma_P$          | $\psi_0$                           | $\gamma_{Gj,sup}$   | $\gamma_{Gj,inf}$ | $\gamma_Q$ | $\gamma_P$          | $\psi_0$ |                         |                      |      |   |                     |   |
| Permanente                | Grutate proprie a structurii de rezistenta<br><br>Greutatea elementelor nestructurale<br><br>Umplutura de pamant pe treptele fundatiei<br><br>Impingerea pamantului<br><br>Tasare si deplasare fundatii<br><br>Deformatii in timp ale betonului (contractia si curgerea lenta)<br><br>Alte actiuni permanente | -                                                                                                                                                         | 1.35                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.35                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | 1.35                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.35                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | 1.35                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.35                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | 1.35                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.35                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | 1.20 <sup>(4)</sup>                                                                                                             | 0.00              | -          | -                   | -                                  | 1.20 <sup>(4)</sup> | 0.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           | 1.00                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.00                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
| 7                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                                                                                                                                                         | 1.35                                                                                                                            | 1.00              | -          | -                   | -                                  | 1.35                | 1.00              | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
| 8                         | Precomprimarea                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | 1.00 <sup>(1)</sup> | -                                  | -                   | -                 | -          | 1.00 <sup>(1)</sup> | -        | -                       | -                    | -    |   |                     |   |
| Variabile                 | Actiuni variabile din trafic                                                                                                                                                                                                                                                                                  | gr.1a (parte carosabila)<br><br>gr.1a (trotuar)<br><br>gr.1b<br><br>gr.2<br><br>gr.3 (trafic pietonal)<br><br>gr.4(parte carosabila +trotuar)<br><br>gr.5 | TS<br><br>UDL<br><br>3kN/m <sup>2</sup><br><br>LM2<br><br>0.75*TS<br><br>0.40*UDL<br><br>Q <sub>ik</sub><br><br>Q <sub>ik</sub> | 10,11,12,13,14,18 | -          | -                   | 1.35                               | -                   | 0.75              | -          | -                   | 1.08     | -                       | 0.75                 | 0.00 | - | 0.30 <sup>(2)</sup> |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   | -          | -                   | 1.35                               | -                   | 0.40              | -          | -                   | 1.35     | -                       | 0.40                 | 0.00 | - | 0.30 <sup>(2)</sup> |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   | -          | -                   | 1.35                               | -                   | 0.40              | -          | -                   | 1.35     | -                       | 0.40                 | 0.00 | - | 0.00                |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   | -          | -                   | 1.35                               | -                   | 0.00              | -          | -                   | 1.35     | -                       | 0.00                 | 0.00 | - | -                   |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 9,10,12,13,14,15,16,18,23                                                                                                                                 | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - | -                   | - |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 9,10,11,13,14,15,16,18,23 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 9,10,11,12,14,15,16,18,23 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 11,12,13,16,17,23         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 11,12,13,15,17,23         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 9,10,11,12,13,19,23       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 15,16,18,21,22,23         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 15,16,18,20,21,23         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 15,16,18,20,21,23         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| 10,11,12,13,14,15,16,18   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| Accidentale               | Impactul vehiculelor rutiere<br><br>Izbierea vehiculelor de borduri sau parapete de siguranta<br><br>Impactul navelor asupra infrastructurilor de pod                                                                                                                                                         | 15,16,18,21,22,23<br><br>15,16,18,20,22,23<br><br>15,16,18,20,21,23                                                                                       | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
| Seismul                   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                         | -                                                                                                                               | -                 | -          | -                   | -                                  | -                   | -                 | -          | -                   | -        | -                       | -                    | -    | - |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |                   |            |                     |                                    |                     |                   |            |                     |          |                         |                      |      |   |                     |   |

## 10.4 - Proiectarea elementelor ce includ acțiuni geotehnice (fundatii, coloane, ziduri întoarse, ziduri de gardă, etc.)

| STAREA LIMITA ULTIMA-GEO |                |                                                           |                                        |                  |                           |                     |          |                  |                                   |            |                     |          |          |          |                      |                     |
|--------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------|----------|------------------|-----------------------------------|------------|---------------------|----------|----------|----------|----------------------|---------------------|
| Nr. crt.                 | Actiuni        | Nr. crt. din col. 1 al actiunilor incompatibile           | Gruparea fundamentala                  |                  |                           |                     |          |                  |                                   |            |                     |          |          |          |                      |                     |
|                          |                |                                                           | Situatie de protectie permanenta       |                  |                           |                     |          |                  | Situatie de protectie tranzitorie |            |                     |          |          |          |                      |                     |
|                          |                |                                                           | $\gamma_{G,sup}$                       | $\gamma_{G,int}$ | $\gamma_D$                | $\gamma_P$          | $\psi_0$ | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,int}$                  | $\gamma_D$ | $\gamma_P$          | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Gruparea accidentala |                     |
| 1                        | Permanente     | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 2                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 3                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 4                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 5                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 0.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 0.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 6                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 7                        |                | -                                                         | 1.00                                   | 1.00             | -                         | -                   | -        | 1.00             | 1.00                              | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 8                        | Precomprimarea | -                                                         | -                                      | -                | -                         | 1.00 <sup>(1)</sup> | -        | -                | -                                 | -          | 1.00 <sup>(1)</sup> | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 9                        | Variabile      | Actiuni variabile din trafic                              | gr. 1a (parte carosabila)              |                  | TS                        | -                   | 1.15     | -                | 0.75                              | -          | 0.92                | -        | 0.75     | 0.00     | -                    | 0.30 <sup>(2)</sup> |
|                          |                |                                                           | UDL                                    |                  | UDL                       | -                   | 1.15     | -                | 0.40                              | -          | -                   | -        | 0.40     | 0.00     | -                    | 0.30 <sup>(2)</sup> |
|                          |                |                                                           | gr. 1a (trotuar)                       |                  | 3kN/m <sup>2</sup>        | -                   | 1.15     | -                | 0.40                              | -          | -                   | -        | 0.40     | 0.00     | -                    | 0.00                |
| 10                       |                |                                                           | gr. 1b                                 |                  | LM2                       | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.75     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           | gr. 2                                  |                  | 0.75TS                    | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           |                                        |                  | 0.40UDL                   | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           |                                        |                  | Q <sub>ik</sub>           | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           |                                        |                  | Q <sub>ik</sub>           | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
| 12                       |                |                                                           | gr. 3 (trafic pietonal)                |                  | 5kN/m <sup>2</sup>        | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.40     | 0.00     | -                    | -                   |
| 13                       |                |                                                           | gr. 4 (parte carosabila + trotuar)     |                  | LM4 (5kN/m <sup>2</sup> ) | -                   | -        | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.75     | 0.00     | -                    | -                   |
| 14                       |                |                                                           | gr. 5                                  |                  | 0.75TS                    | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           |                                        |                  | 0.40UDL                   | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
|                          |                |                                                           |                                        |                  | LM3                       | -                   | 1.15     | -                | 0.00                              | -          | -                   | -        | 0.00     | 0.00     | -                    | -                   |
| 15                       |                |                                                           | Actiunea vantului                      |                  | F <sub>wk</sub>           | -                   | 1.30     | -                | 0.60                              | -          | -                   | -        | 0.80     | -        | -                    | -                   |
| 16                       |                |                                                           |                                        |                  | F <sub>wk</sub> *         | -                   | 1.30     | -                | 1.00                              | -          | -                   | -        | 1.00     | -        | -                    | -                   |
| 17                       |                |                                                           | Actiunea temperaturii                  |                  | T <sub>k</sub>            | -                   | 1.30     | -                | 0.60                              | -          | -                   | -        | 0.60     | 0.50     | -                    | 0.50                |
| 18                       |                |                                                           | Actiunea zapezii                       |                  | S <sub>k</sub>            | -                   | 1.30     | -                | -                                 | -          | -                   | -        | 0.80     | -        | -                    | -                   |
| 19                       |                |                                                           | Impingerea pamantului din convoaie tip |                  | 18                        | -                   | 1.30     | -                | 0.75                              | -          | -                   | -        | 0.75     | 0.00     | -                    | 0.00                |
| 20                       | Accidentale    | Impactul vehiculelor rutiere                              |                                        |                  | 15,16,18,21,22,23         | -                   | -        | -                | -                                 | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 21                       |                | Izbierea vehiculelor de borduri sau parapete de siguranta |                                        |                  | 15,16,18,20,22,23         | -                   | -        | -                | -                                 | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 22                       |                | Impactul navelor asupra infrastructurilor de pod          |                                        |                  | 15,16,18,20,21,23         | -                   | -        | -                | -                                 | -          | -                   | -        | -        | -        | -                    | -                   |
| 23                       | Seismul        | 10,11,12,13,14,15,16,18                                   | -                                      | -                | -                         | -                   | -        | -                | -                                 | -          | -                   | -        | -        | -        | 1.30 <sup>(3)</sup>  | -                   |

## 10.10 Grupări de acțiuni pentru stări limită de exploatare

**10.10.1** Pentru starea limită de exploatare se consideră patru grupări:

a) **Gruparea caracteristică** se folosește la verificarea stărilor de exploatare ireversibile:

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + G_{kj,inf} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  – valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$Q_{k,1}$  - valoare caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$\psi_{0,i}$  - coeficient pentru valoarea grupării a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

b) **Gruparea frecventă** se folosește la verificarea stărilor de exploatare reversibile:

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  – valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$\psi_{1,1}$  - coeficient pentru valoarea frecventă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,1}$  - valoare caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$\psi_{2,i}$  - coeficient pentru valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

c) **Gruparea nefrecventă** se folosește pentru verificarea anumitor stări limită de exploatare în special pentru poduri cu tablier de beton, sau părți de beton ale acestora. Valoarea nefrecventă, definită doar pentru încărcări induse de traficul rutier, acțiuni termice și acțiunea vântului se bazează pe o perioadă de revenire de un an.

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + P + \psi_{1,infq} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  – valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$\psi_{1,i}$  - coeficient pentru valoarea nefrecventă a unei acțiuni variabile "i";

$Q_{k,1}$  - valoare caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$\psi_{1,infq}$  - coeficient pentru valoarea nefrecventă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,1}$  - valoare caracteristică a principalei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

d) **Gruparea cvasipermanentă** se folosește la verificarea stărilor de exploatare reversibile.

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} ;$$

unde,

$E_d$  – valoarea de calcul a efectului acțiunii;

$G_{kj,sup} / G_{kj,inf}$  - valoarea caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente "j";

$P$  - valoarea reprezentativă a unei acțiuni de pretensionare;

$\psi_{2,i}$  - coeficient pentru valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni variabile;

$Q_{k,i}$  - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, "i".

**10.10.2** Coeficienții de grupare pentru acțiuni la determinarea stărilor limită de exploatare se găsesc în tabelul 10.4.

**Tabelul 10.4 - Coeficienții de grupare pentru acțiuni la determinarea stărilor limită de exploatare**

| STAREA LIMITA DE EXPLOATARE |                                        |                                     |                           |               |                                                        |                         |          |          |                    |          |                      |  |                             |  |
|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|--------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|--|
| Nr.crt                      | Actiuni                                |                                     |                           |               | Nr.crt.<br>din col 1 al<br>actiunilor<br>incompatibile | Gruparea caracteristica |          |          | Gruparea frecventa |          | Gruparea nefrecventa |  | Gruparea<br>cvasipermanenta |  |
|                             |                                        |                                     |                           |               |                                                        | $\psi_0$                | $\psi_1$ | $\psi_2$ | $\psi_{1,infq}$    | $\psi_1$ | $\psi_2$             |  |                             |  |
| Variabile                   | Actiuni variabile din trafic           | gr. 1a (parte<br>carosabila)        | TS                        | 2,3,4,5,6     | 0.75                                                   | 0.75                    | 0.00     | 0.80     | 0.75               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | UDL                       |               | 0.40                                                   | 0.40                    | 0.00     | 0.80     | 0.40               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        | gr. 1a (trotuar)                    | 3kN/m <sup>2</sup>        | 1,3,4,5,6     | 0.40                                                   | 0.40                    | 0.00     | 0.80     | 0.40               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | gr.1b                     |               | LM2                                                    | 0.00                    | 0.75     | 0.00     | 0.80               | 0.75     | 0.00                 |  |                             |  |
|                             |                                        | gr. 2                               | 0.75*TS                   | 1,2,4,5,6,7,8 | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | 0.40*UDL                  |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | Q <sub>ik</sub>           |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | Q <sub>ik</sub>           |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | Q <sub>ik</sub>           |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        | gr. 3 (trafic pietonal)             | 5kN/m <sup>2</sup>        | 1,2,3,5,6,7,8 | 0.00                                                   | 0.40                    | 0.00     | 0.80     | 0.40               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        | gr. 4(parte<br>carosabila +trotuar) | LM4 (5kN/m <sup>2</sup> ) | 1,2,3,4,6,7,8 | 0.00                                                   | 0.75                    | 0.00     | 0.80     | 0.75               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        | gr. 5                               | 0.75*TS                   | 1,2,3,4,5,7,8 | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | 0.40*UDL                  |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             |                                        |                                     | LM3                       |               | 0.00                                                   | 0.00                    | 0.00     | -        | 0.00               | 0.00     |                      |  |                             |  |
|                             | Actiunea vantului                      | F <sub>wk</sub>                     | 3,4,5,8,9                 | 0.60          | 0.20                                                   | 0.00                    | 0.60     | 0.20     | 0.00               |          |                      |  |                             |  |
|                             |                                        | F <sub>wk</sub> *                   | 3,4,5,7,9                 | 1.00          | -                                                      | -                       | -        | -        | -                  |          |                      |  |                             |  |
|                             | Actiunea temperaturii                  | T <sub>k</sub>                      | 7,8                       | 0.60          | 0.60                                                   | 0.50                    | 0.80     | 0.60     | 0.50               |          |                      |  |                             |  |
|                             | Actiunea zapezii                       | S <sub>k</sub>                      | 1,2,3,4,5                 | 0.70          | 0.50                                                   | 0.40                    | 0.70     | 0.50     | 0.40               |          |                      |  |                             |  |
|                             | Impingerea pamantului din convoaie tip |                                     | 10                        | 0.75          | 0.75                                                   | 0.75                    | 0.80     | 0.75     | 0.00               |          |                      |  |                             |  |

## 11 Deformații, deplasări, profilul longitudinal al construcțiilor

**11.1** Proiectarea podurilor este necesar să asigure deplasarea lină a vehiculelor prin limitarea deformațiilor elastice ale grinzilor datorate încărcării verticale temporare de scurtă durată și prin atribuirea unui aliniament adecvat profilului longitudinal și a suprafeței părții carosabile (căii de rulare).

**11.2** Atunci când acțiunile dependente de timp determină o accelerație semnificativă a structurii, se recomandă să se efectueze o analiză structurală dinamică a sistemului. Analizele structurale dinamice sunt evaluate conform SM EN 1991, pentru acțiuni seismice de SM EN 1998.

**11.3** Este permis ca acțiunile dinamice sau efectele acțiunilor să fie exprimate sub formă de istorice temporale sau conținut în domeniul frecvenței. După caz, este permis ca efectele acțiunii să fie determinate printr-o analiză modală.

**11.4** Pentru structuri cu geometrie regulată și distribuție regulată a rigidității și a masei este permis ca analiza modală explicată să fie înlocuită de o analiză cu acțiuni statice echivalente.

**11.5** Când este adecvat ca o acțiune dinamică să fie considerată drept cvasistatică, este permis ca partea dinamică a acesteia să fie luată în considerare fie prin includerea în valoarea cvasistatică a acțiunii, fie prin aplicarea unui coeficient de amplificare dinamică echivalent la acțiunea cvasistatică. Acțiunile cvasistatice sunt definite în SM EN 1991.

**11.6** Deflecțiile elastice verticale ale tablierelor, calculate la acțiunea unei sarcini verticale temporare mobile conform cap.9 dar și a SM EN 1990, SM EN 1991-2:2024 (cu factor de fiabilitate a sarcinii  $\gamma_f = 1$  și factor dinamic,  $\Phi_{dyn} = 1$ ), nu este necesar să depășească valorile în metri:

a) pentru podurile de cale ferată.

$$\frac{1}{800 - 1,25 \cdot l} \cdot l, \text{ însă nu mai mare de } \leq \frac{1}{600} \cdot l;$$

unde,

$l$  – lungimea de proiectare a deschiderii.

b) pentru podurile urbane și rutiere (inclusiv podurile de pe drumurile agroindustriale) și pentru podurile pietonale cu deschideri din grinzi

$$\frac{1}{400} \cdot l$$

c) pentru poduri suspendate și cu hobane

$$\frac{1}{320} \cdot l;$$

NOTĂ - Valorile deflecțiilor specificate pentru deschiderile podurilor cu grinzi (cu excepția podurilor pietonale) este necesar majorate cu 20% pentru podurile cu o singură deschidere și pentru poduri static nedeterminate (cu excepția deschiderilor marginale ale podurilor de cale ferată rezemate pe pile intermediare).

**11.7** În procesul de proiectare, conturul necesar al căii ferate și al îmbrăcămintea părții carosabilei pe tablierele podurilor este necesar să fie dat de: contrasăgeata tablierelor podului, modificările în grosimea elementelor tablierului podului și înălțimea de lucru a traverselor căii ferate. Este necesar luate în considerare deformările datorate pretensionării și ajustării sistemelor statice.

**11.7.1** Contrasăgeata structurilor de grinzi din beton armat ale podurilor rutiere și urbane este necesar să fie prevăzută într-o curbă lină, a cărei săgeată, după luarea în considerare a deformațiilor datorate sarcinii permanente, este egală cu 40 % din deformarea elastică a tablierului datorată sarcinii verticale provizorii mobile LM-1 (la  $\gamma_f = 1$  și  $\phi_{dyn} = 1$ ).

**11.7.2** Pentru tablierele podurilor pentru pietoni este necesar să le fie adoptată o contrasăgeată pentru a compensa deformările verticale ale tablierului cauzate de sarcina permanentă. În acest caz, coeficientul de fiabilitate a sarcinii se adoptă ca fiind egal cu unu.

**11.7.3** Urmează să nu se prevadă o contrasăgeată pentru tabliere, a căror săgeată din sarcinile verticale permanente și temporare mobile nu depășește 1/1600 din deschidere (dar nu mai mult de 15 mm în cazul podurilor de cale ferată cu calea pe traverse).

**11.8** Contrasăgeata și linia profilului îmbrăcămintei tablierelor din beton armat ale podurilor rutiere și urbane este necesar prevăzute astfel, încât după deformările cauzate de fluajul și contracția betonului (dar nu mai târziu de 2 ani de la momentul încărcării permanente complete), unghiurile de fractură ale profilului longitudinal de-a lungul axelor benzilor de circulație în locurile, în care tablierele se îmbină între ele și cu accesele, să nu depășească:

- a) în lipsa pe pod a unei sarcini verticale temporare mobile, valorile indicate în Tabelul 11.1;
- b) la încărcarea podului cu sarcină verticală temporară mobilă de-a lungul axelor benzilor:
  - 24 ‰ - pentru încărcarea vehiculelor LM-1 pe bandă;
  - 13 ‰ pentru încărcătura cu un singur vehicul LM-3.

**Tabelul 11.1 - Viteza de proiectare a traficului**

| Viteza estimată a traficului, km/h, unități ale autoturismului unitar pe secțiunea de drum adiacentă podului                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Unghiul de rupere, ‰ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 150–100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8                    |
| 80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 9                    |
| 70                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 11                   |
| 60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 13                   |
| 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 17                   |
| <p>NOTA 1 - În cazul în care distanța dintre locurile de îmbinare ale structurilor deschiderilor între ele sau cu accesele la pod depășește 50 m, valorile limită ale unghiurilor de fractură este necesar mărite cu un factor de 1,2 ori.</p> <p>NOTĂ 2 - În cazul deschiderilor neseperate din punct de vedere al temperaturii, unite pe placă părții carosabile, unghiurile de fractură ale profilului este necesar determinate fără a lua în considerare influența plăcii.</p> |                      |

**11.8.1** În documentația de proiectare este necesar să fie specificate profilul longitudinal al căii la momentul construirii îmbrăcămintea părții carosabile (cu îmbunătățirea planificată a suprafeței acesteia prin modificarea grosimii stratului de egalizare) și după deformațiile, cauzate de contracția și fluajul betonului.

**11.8.2** Înainte de apariția deformațiilor pe termen lung, unghiurile de fracturare ale profilului longitudinal în lipsa pe pod unei sarcini mobile verticale temporare, pot depăși de cel mult 2 ori valorile, date în Tabelul 11.1.

**11.8.3** În cazul utilizării cablurilor de suspendare cu toroane răsucite pentru tabliere suspendate și cu hobane, la specificarea contrasăgeții și a suprafeței profilului părții carosabile, este necesar de ținut cont de posibilitatea deformării prin fluaj a cablurilor/hobanelor.

**11.9** Planeitatea profilului longitudinal cu îmbrăcămintea părții carosabile pe poduri (cu trecere în palier deasupra pilelor intermediare) atunci când se utilizează structuri de tabliere, care prezintă o contrasăgeată sau contracurbură sub influența de pretensionare a armăturii, se asigură de o grosime variabilă a stratului de egalizare: nominal - la mijlocul tablierului; deasupra pilonilor - ținând cont de creșterea datorată contrasăgeții structurilor, ce este necesar reflectat în documentația de proiectare.

**11.9.1** În acest caz, este necesar să se țină seama de modificarea curburii structurale a deschiderilor din cauza greutateii îmbrăcămintei rutiere și al elementelor accesorii platelajului/platfomei podului.

**11.10** La proiectarea tablierelor în sisteme static nedeterminate la exterior, determinările este necesar să ia în considerare posibilele tasări și deplasări ale vârfului pilelor.

**11.10.1** Deplasările orizontale și verticale ale părții superioare a pilelor este necesar de asemenea să fie luate în considerare atunci, când se stabilește construcția pilelor și a rosturilor de deformație, precum și dimensiunile banchetelor cuzineților (cap de pilon, rigle, etc).

**11.10.2** Tasările diferite a pilelor învecinate nu este necesar să provoace unghiuri de fractură suplimentare în profilul longitudinal care să depășească:

- a) 2 ‰ pentru podurile rutiere și urbane;
- b) 1 ‰ pentru podurile de cale ferată.

**11.10.3** Valorile limită ale deplasărilor longitudinale și transversale ale părții superioare a pilelor podurilor de cale ferată cu tabliere cu grinzi simplu rezemate, luând în considerare eroziunea totală a albiei, nu este necesar să depășească  $0,5 \cdot \sqrt{l_0}$ , cm.

unde:  $l_0$ - este lungimea celei mai mici deschideri adiacente pilei, luată nu mai puțin de 25 m.

**11.11** Perioada de calcul a vibrațiilor proprii transversale orizontale pentru tablierele cu grinzi simplu rezemate metalice și cu secțiune mixtă oțel-beton ale podurilor de cale ferată nu este necesar să fie (în secunde) mai mare de  $0,01 \cdot l$  (unde  $l$ -este lățimea, m) și nu este necesar să depășească 1,5 secunde.

**11.11.1** Pentru tablierele podurilor pietonale și urbane, perioadele de calcul ale oscilațiilor proprii (în stare neîncărcată) pentru două forme inferioare (în sistemele simplu rezemate cu grinzi - pentru o formă inferioară) nu este necesar să fie cuprinse în intervalul: de la 0,45 la 0,60 s - în plan vertical; de la 0,9 la 1,2 s - în plan orizontal. În acest caz, perioada oscilațiilor orizontale nu este necesar să coincidă cu perioada oscilațiilor verticale sau să fie un multiplu al acesteia.

**11.11.2** În acest caz pentru tablierele podurilor pietonale, urmează să se ia în considerare posibilitatea de a fi încărcate de mulțime care generează o sarcină de 0,5 kPa.

**11.11.3** În etapa de montare/asamblare a structurilor pentru consolele, formate prin asamblare articulată sau prin împingere longitudinală, perioadele oscilațiilor proprii transversale în plan vertical și orizontal nu este necesar să depășească 3 s, în timp ce perioada oscilațiilor proprii de torsionare nu este necesar să depășească 2 s.

**11.11.4** Podurile suspendate și podurile cu hobane cu deschideri de 100 m și mai mari este necesar verificate privind stabilitatea aerodinamică și rigiditatea spațială. Pentru structurile cu caracteristici dinamice semnificativ diferite de cele ale podurilor existente, în afară de calculele analitice, este necesar efectuate studii pe modele adecvate.

**11.12** Contrasăgeata podețelor la înălțimi ale terasamentului mai mari de 12 m se determină în conformitate cu calculul tasării preconizate din greutatea solului rambleului. La calcularea tasării podețelor, se utilizează metodologia folosită la calcularea tasării fundațiilor conform SM EN 1997.

Podețele sub rambleuri cu o înălțime mai mică sau egală cu 12 m este necesar să fie montate cu o contrasăgeată (de-a lungul deversorului) egală cu:

1/80h - pentru fundații pe baze de soluri nisipoase, cu pietriș și din pietriș;  
 1/50h - pentru fundații pe baze de soluri argiloase, argilonisipoase și nisip-argiloase;  
 1/40h - pentru pernele de sol alcătuite din amestec de nisip cu pietriș sau nisip cu piatră spartă,

unde,  
 $h$  este înălțimea terasamentului.

**11.12.1** Contrasăgeata nu este necesar să fie atribuită la construirea podețelor pe soluri stâncoase și pe fundații pe piloți.

**11.12.2** Cotele capului de podeț (portalelor) este necesar să fie stabilite astfel, încât să fie mai mari decât cotele elementului de mijloc al podețului atât înainte de apariția tasării fundației, cât și după încetarea tasării.

**11.3** Stabilitatea poziției cotei de proiect a elementelor de fundație și a elementelor podețelor la trecerea apelor în direcția axei longitudinale a edificiilor, este necesar să fie asigurată de stabilitatea pantelor rambleului și de rezistența solurilor de fundație.

## 12 Tabliere ale suprastructurii

**12.1** Dimensionarea tablierelor și pilelor podurilor precum și ale podețelor noi construite, este necesar să fie determinate în conformitate cu principiile modularității și unificării în construcții.

**12.1.1** La elaborarea proiectelor standard pentru poduri și podețe de cale ferată, dacă este solicitarea caietului de sarcini, este necesar să fie prevăzută posibilitatea de a le folosi la construirea celei de-a doua linie și la înlocuirea tablierelor pe rețeaua în exploatare.

**12.2** Lungimile de calcul ale tablierelor sau lungimile complete ale podurilor rutiere și urbane pe sectoare de căi de acces sau drumuri în aliniament, cu suprastructuri simplu rezemate, se recomandă să fie de 3 (4), 6 (8), 9, 12, 15, 18, 21, 24, (27) 28, 30, 33 (36), 40 și 42 m, reieșind din contextul industrializării elementelor prefabricate și mentenanței acestora, iar în cazul unor deschideri mai mari - multipli de 10 m.

**12.2.1** La etapa studiului de Fezabilitate, cu o argumentare tehnico-economică, abaterile de la dimensiunile recomandate sunt permise la proiectare, dacă:

- a) podul care urmează să fie construit este în apropierea podului existent;
- b) reparații și reconstrucții de structuri cu păstrarea pilelor/culeelor;
- c) pasaje superioare cu mai multe deschideri peste liniile de cale ferată a gării/depourilor;
- d) tabliere individuale ale podurilor cu scheme statice complexe de alcătuire.

**12.2.2** În cazurile în care, podurile existente sunt supuse reconstrucției, reabilitării, reparațiilor capitale, cu păstrarea lungimii deschiderilor de construcție și a schemelor statice de alcătuire, la care se demonstrează capacitatea portantă a terenului de fundare și fundațiilor, sau prin argumentări tehnico-economice se demonstrează eficacitatea deschiderilor proiectate, se pot face abateri de la lungimile recomandate în p.12.2.

**12.3** În cazurile în care, sunt proiectate elemente de suprastructuri neclasice, cu diferite scheme statice de alcătuire, sau la cerința modelelor cerute de beneficiar, prin varii necesități (arhitecturale, încadrarea în arii peisagistice, de mediu, restabiliri a zonelor istorice, sau alte cerințe rezonabile), se vor atribui deschideri și gabarite cu lungimi rezultate din calcule independente situației date.

**12.4** Pentru a asigura declivitatea transversală a suprafeței platelajului podului, grinzile este necesar instalate pe banchetele cuzineților de înălțime variabilă, în timp ce dalele este necesar instalate pe banchetele cuzineților cu declivitate transversală înglobată în corpul riglei pilei/culeei. Înălțimea banchetelor cuzineților în cazul rezemării grinzilor este necesar să asigure o declivitate transversală de 2%-2,5%, sau dependentă de situația plană de amplasare a carosabilului de pod (aliniament, curbe în plan, etc.), înălțimea cuzineților de regulă trebuie să fie nu mai mică de 150mm.

**12.5** Structurile simplu rezemate din dale/grinzi este necesar să aibă opritori transversali la elementele marginale, instalați pe banchetele cuzineților și care împiedică alunecarea dalelor/grinzilor în timpul exploatării sau în cazul acțiunilor dinamice provocate de trafic sau seism.

**12.5.1** În cazul construirii dalei monolite aplicate cu o grosime de cel puțin 80 mm, îmbinată cu dalele tablierului, opritorii nu este necesar instalați.

**12.6** La calculul și proiectarea tablierelor, este necesar luate în considerare deformațiile de temperatură ale tablierului și pe direcția transversală.

**12.6.1** În cazul contravântuirii transversale rigide a tablierelor, structurile tablierelor și aparatele de reazem este necesar calculate la acțiunea forțelor generate de deformațiile transversale de la acțiunea temperaturii.

**12.7** La proiectarea construcției structurilor de pod, distanța dintre grinzile principale este necesar de adoptat ținând seama de asigurarea posibilității inspectării și întreținerii.

**12.7.1** Pentru tablierele separate structural pentru sensuri opuse de circulație, distanța dintre marginile dalelor părții carosabile este necesar să fie de cel puțin 0,2 m în cazul în care nu este prevăzută construirea unui rost longitudinal de deformație.

**12.7.2** Rostul longitudinal de deformație nu este permis în cazul tablierelor cu secțiune mixtă oțel-beton, cu grinzi metalice cu planșee ortotrope, precum și în cazul tablierelor cu grinzile din beton armat cu o lungime de peste 33 m, alcătuite din grinzi continui.

**12.8** Construcția dispozitivelor de deformație (aparate de reazem, articulații, rosturi de deformare, dispozitive de egalizare, șine de egalizare sezonieră) și amplasarea acestora, este necesar să asigure libertatea necesară pentru deplasările reciproce preconizate (liniare, unghiulare) a diferitor părți (elemente) ale structurii.

**12.8.1** Documentația de proiectare este necesar să ofere instrucțiuni privind instalarea dispozitivelor de deformație, ținând seama de gradul de pregătire al structurii și de temperatura din timpul închiderii structurii.

**12.9** Soluțiile structurale pentru podurile feroviare mici cu calea pe balast este necesar să prevadă posibilitatea ridicării căii în timpul reparației capitale. De asemenea, este necesar să fie posibilă ridicarea tablierelor podurilor rutiere și urbane în timpul reconstrucției sau reparației capitale.

## **13 Alcătuirea căii podului**

### **13.1 Platelajul podurilor rutiere principii generale**

**13.1.1** Parametrii și construcția platelajului podului este necesar să respecte cerințele privind amplasarea podurilor pe drumurile rutiere conform NCM D.02.01 și CP D.02.11, către drumul sau strada pe care este amplasată construcția de pod, pasaj, viaduct, estacadă etc., de capacitate necesară, să asigure deplasarea confortabilă și în siguranță a traficului și pietonilor, să protejeze în mod fiabil structurile portante subiacente de influențe nefavorabile în timpul duratei de viață de proiectare, să îndeplinească cerințele privind capacitatea de reparabilitate și să ofere posibilitatea de construire, întreținere și reparație prin mijloace de mecanizare moderne.

**13.1.2** Pe podurile prevăzute pentru circulația combinată a transportului pe șine și a autovehiculelor, șinele de tramvai (metrou) de mare viteză este necesar să fie separate și îngrădite de traficul rutier.

**13.1.3** Se recomandă ca suporturile pentru catenare și iluminat să fie amplasate în linie cu balustradele - dacă lățimea trotuarelor nu este mai mare de 2,25 m sau între șinele de tramvai - dacă acestea sunt amplasate pe platformă separată.

**13.1.3.1** Capurile șinelor de tramvai de pe o platformă neseeparată, pentru încălecarea traficului rutier, este necesar să fie amplasate la nivelul suprafeței lise a părții carosabile.

**13.1.4** Pe poduri, în cazurile specificate în NCM D.02.01 și CP D.02.11, este necesar să fie prevăzut iluminatul stradal. Parametrii de iluminat este necesar adoptați în conformitate cu NCM D.02.01, CP D.02.11. Iluminatul stradal este necesar proiectat în conformitate cu cerințele NCM C.04.02.

**13.1.5** Suprastructura podurilor de șosea cuprinde două părți distincte:

- a) calea propriu-zisă alcătuită din partea carosabilă și trotuare;
- b) construcția portantă a podului, sau structura de rezistență.

În figura 13.1 reprezintă o secțiune transversală printr-o suprastructură de pod de șosea cu indicarea schemei de alcătuire a căii propriu-zise.

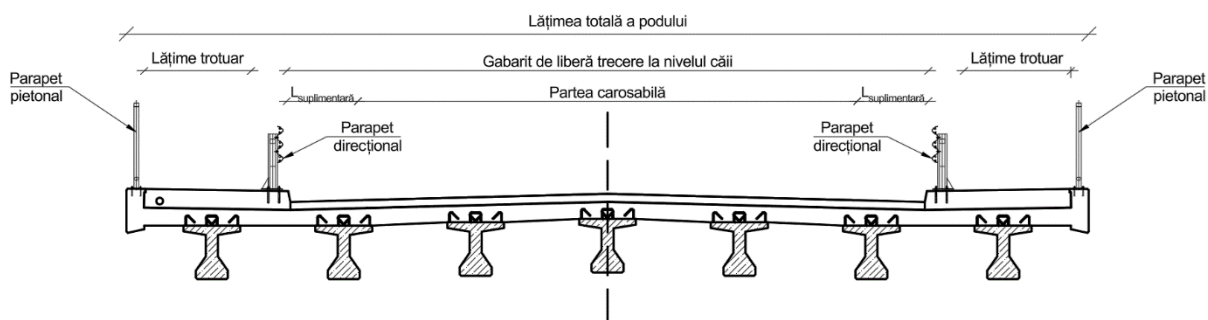


**Figura 13.1 - Secțiune transversală pod beton armat pentru calea de șosea**

**13.1.6** Partea carosabilă. Pe partea carosabilă a podurilor se aplică un ansamblu de straturi care alcătuiesc hidroizolația și îmbrăcămintea.

În fig. 13.2 se arată alcătuirea de principiu a căii clasice pe partea carosabilă. În cazul în care se impun alte tipuri de structură rutieră, se vor accepta prin o comparație tehnico-economică, studii de fezabilitate a soluțiilor sau agremente certificate.

**13.1.7** Funcțiile pe care este necesar să le îndeplinească partea carosabilă sunt:

- Protejarea structurii de rezistență împotriva acțiunii apelor de suprafață și a altor agenți agresivi, evacuarea apelor prin sistemele de captare pluviale ghidate spre sistemele de epurare (în deosebi pentru podurile mari);
- Asigurarea planietății de rulare a traficului pe pod cât și pe racordările acestuia.

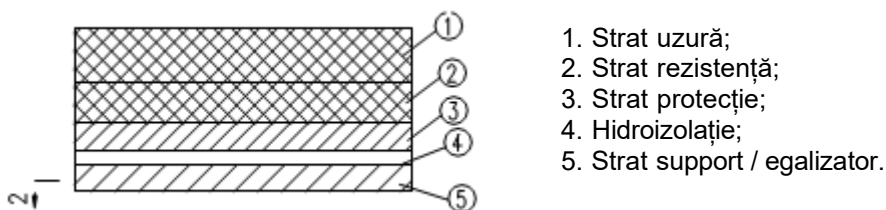


**Figura 13.2 - Îmbrăcăminți din asfalt turnat în două straturi**

**13.1.8** Structura de rezistență, împreună cu un strat de mortar de egalizare de cca. 2 cm grosime și cu un beton de pantă, când este cazul, constituie suportul căii sau stratul egalizator.

**13.1.9** Peste stratul suport/egalizator se aplică hidroizolația, acoperită cu un strat de protecție dacă este cazul, în cazul șapelor hidroizolante de capacitate nu se aplică.

**13.1.10** Îmbrăcămintea din beton asfaltic se realizează dintr-un strat de rezistență și unul de uzură. Dacă permite capacitatea hidroizolației, și prin argumentare tehnico-economică se admite doar un strat de îmbrăcăminți rutieră de grosime minim 7 cm din beton asfaltic microgranular dens.

**13.1.11** Declivitatea transversală la poduri, pasaje, viaducte, etc., în aliniament, se adoptă în general de la 2.0 până la 2.5%.

**13.1.12** La podețe, la poduri mici și mijlocii, pe drumuri cu structură rutieră rigidă din beton de ciment, se aplică o îmbrăcăminți tot rigidă din beton de ciment, pentru a păstra continuitatea căii. Declivitățile transversale pe podețe vor corespunde celor drumului.

**13.1.13** Toate tipurile recomandate și proiectate de materiale pentru îmbrăcămintea bituminoasă a carosabilului de poduri și podețe va corespunde cerințelor codului practic CP D.02.25 și SM EN 13108.

## **13.2 Construcția căii pe poduri amplasate pe drumuri publice**

**13.2.1** Construcția și parametrii geometrici ai căii podului este necesar să respecte cerințele specificate în NCM D.02.01 și CP D.02.01 pentru drumul sau strada în cauză, raportat la gabaritul categoriei tehnice de drum sau cale ferată.

**13.2.2** Construcția și parametrii geometrici ai platelajului podului este necesar să asigure deplasarea confortabilă și sigură a pietonilor, și a vehiculelor la viteze corespunzătoare categoriei tehnice de drum sau stradă, pe care este amplasată structura podului.

**13.2.3** În zonele urbane și rurale, sau în cazurile cerute de caietele de sarcini, pe calea de pod este necesar să fie amenajate și spații/benzi/piste dedicate transportului alternativ (biciclete, trotinete, cărucioare, etc).

**13.2.4** Calea podului este necesar proiectată astfel încât toate elementele sale să fie coordonate între ele respectiv cu structura portantă a tablierului și să asigure protecția sa împotriva impactului negativ al precipitațiilor atmosferice, al produselor petroliere și al mediilor agresive, formate de echipamentele de întreținere a părții carosabile.

**13.2.5** Pe structurile podurilor în limita zonei urbane și în zonele industriale construite este necesar prevăzute panouri fonoizolante pentru bariere de zgomot.

**13.2.6** Construcția căii podului este necesar să permită curățarea mecanizată a carosabilului și a trotuarelor într-un mod sigur pentru serviciul de întreținere.

**13.2.7** Soluția de amplasare a căii podului depinde de materialul tablierului, de structura de rezistență (beton, oțel, etc), de scopul funcțional al acesteia, de tipul de vehicule care circulă pe ea și de intensitatea traficului pietonal.

**13.2.8** Banda de separare a căii podului este necesar prevăzută cu condiția, ca aceasta să fie ușor de întreținut de pe benzile adiacente și de pe căile de acces la structură.

**13.2.9** Construcția benzii de separare de pe tablier și geometria acesteia, este determinată din contextul categoriei tehnice de drum pe care este amplasată construcția și asigurarea siguranței rutiere pe pod.

**13.3** Trotuarele pot fi amplasate cât pe de o parte, atât și pe ambele părți ale structurii podului.

**13.3.1** În cazul trotuarelor pe o singură parte, dacă este necesar, se asigură trecerea în siguranță a pietonilor de pe o parte pe alta a structurii prin intermediul unui tunel pietonal sub terasament sau al unei treceri de trotuar, amplasată sub structura deschiderii podului, poate fi și în limita bermei terasamentului.

**13.3.2** Pe caile de pod, separate pentru sensurile de circulație din sens opus, trotuarele sunt construite numai pe o parte - partea extremă dreapta a sensului de circulație.

**13.3.3** Lățimea trotuarelor se stabilește în funcție de amplasamentul podului (în localități sau în afara localităților) și de intensitatea fluxului de pietoni.

**13.3.4** Sub trotuare se pot amenaja goluri pentru cabluri electrice, fibră optică sau de telecomunicații. Rețele ingineresti precum apeduct, gazoduct sau canalizare în limita caii de pod sau alte elemente a acestuia, sunt strict interzise.

**13.3.4.1** Lățimea minimă a trotuarelor este de 1,0 m, iar în orașe și comune - 1,5 m. Dacă lățimea trotuarelor este mai mare, atunci aceasta se stabilește egală cu 1,5 m; 2,25 m și mai departe - un multiplu de 0,75 m. Cu o justificare corespunzătoare, este permis să se adopte lățimea trotuarelor care nu este multiplu de 0,75 m.

**13.3.4** În lipsa unui trafic pietonal regulat (mai puțin de 200 de pietoni/zi), este necesar amenajate trotuare de serviciu cu o lățime de 0,75 m (pe una sau pe ambele părți ale structurii podului). La podurile cu una sau două benzi de circulație pe de o parte a căii podului, pentru trei și mai multe benzi pe ambele părți.

**13.4** Trotuarele de pe structura podului este necesar să fie separate de partea carosabilă prin bariere direcționale sau bariere de tip parapet. Nu este permisă utilizarea de garduri cu cabluri lițate, sau toroane. Pentru podurile mici în condiții strâmtorâte, în localități unde profilul străzii este mărginit de trotuare separate doar prin borduri, pe străzile cu viteza de circulație ≤50km/h se permite repetarea profilului drumului și separarea căii podului doar prin borduri similar ca pe drum, cu condiția amplasării parapetelor de siguranță pe marginea tablierului.

**13.4.1** Pe banda de separare este necesar prevăzuți parapeteți dacă:

- a) există parapeteți pe zona de acces;
- b) pe banda de separare sunt amplasate elemente ale structurilor podului, suporturi de catenară, console destinate informațiilor la trafic, iluminat stradal, etc.

**13.4.2** Construcția parapetului direcțional și pietonal (figura 13.1), capacitatea sa și a înălțimea, se adoptă în funcție de categoria drumului sau a străzii, de complexitatea condițiilor rutiere și de prezența sau lipsa trotuarelor sau a culoarelor de serviciu pe calea podului, în conformitate cu NCM D.02.01 și CP D.02.01 și a normativelor de proiectare a acestora în limita carosabilului de pod.

**13.4.3** În limita zonei plăcilor de racordare dintre pod și rambleul de acces, parapetul este necesar să fie cu minim aceeași capacitate ca și pe lungimea căii de pod.

**13.4.4** Deasupra rosturilor de dilatare ale căii podurilor, în parapeteți este necesar asigurată rosturi glisante de deplasare, corespunzătoare deplasării din rostul carosabil de dilatare, menținând în același timp capacitatea de reținere necesară a parapetului în zona de suprapunere a rostului de dilatare.

**13.4.5** În lipsa trotuarelor sau a pasajelor de serviciu pe calea podului, parapetul este necesar să fie instalat la o distanță de cel puțin 0,4 m de la muchia plăcii tablierului, parapetul trebuie să fie instalat conform calculului la smulgere al ancorelor dar nu mai puțin de 0,25m de la muchia tablierului.

**13.4.6** Pe partea exterioară a structurii tablierului, trotuarele și pasajele de serviciu este necesar închise cu balustrade înalte de cel puțin 1,1 m.

**13.4.7** Construcția balustradei este necesar să aibă zăbrele, care să împiedice căderea pietonilor de pe structura podului. Distanța în lumină dintre elementele de zăbrele nu este necesar să depășească 150 mm.

**13.4.8** La podurile în localități urbane, la pasaje peste linii de cale ferată electrificată, la viaducte cu înălțime mare și la podurile în curbă la trotuarele din exteriorul curbei, se prevăd parapete elastice de siguranță sau bordură înaltă (parapet de siguranță rigid) în scopul protejării pietonilor și a evitării căderii autovehiculelor de pe pod care pot provoca accidente grave.

**13.5** Se recomandă poziționarea catenarei și a suporturilor de iluminat în linie cu balustrada - dacă lățimea trotuarelor nu depășește 2,25 m.

**13.5.1** Pe podurile din intravilan și pietonale este necesar să se prevadă iluminat stradal. Parametrii de iluminat se stabilesc în conformitate cu NCM D.02.01 și CP D.02.11. Proiectarea iluminatului stradal este necesar realizată în conformitate cu cerințele NCM C.04.02.

**13.6.1** Toate straturile ale îmbrăcămintei este necesar să fie aderente între ele și de placa părții carosabile, iar stratul superior/de uzură al îmbrăcămintei este necesar de asemenea să fie de rugozitatea necesară să continue același tip de strat superior/de uzură ca și pe accesele la pod sau de o categorie mai superioară.

**13.6.2** Îmbrăcămintea rutieră de pe tablierele cu părți carosabile din beton armat este necesar să fie executată, pentru protejarea structurii de rezistență împotriva acțiunii apelor și a altor agenți agresivi, după cum urmează:

- a) multistrat, inclusiv strat de egalizare (dacă este necesar), strat hidroizolant, strat de protecție (după caz), stratul de uzură din beton asfaltic. Stratul de uzură este așezat direct pe stratul de hidroizolare dacă materialul acestuia are rezistența necesară pentru astfel de sarcini mecanice cât și termice;
- b) îmbrăcămintea dublu strat din beton asfaltic, repetând stratul de uzură și de rezistență a acceselor la pod;
- c) îmbrăcămintea cu un sigur strat de beton asfaltic microgranular dens, cu grosime minimă de 70 mm, executat pe poduri amplasate pe drumuri de mică intensitate, amplasat direct pe șapa hidroizolantă și un strat suport din beton de ciment de impermeabilitate sporită;
- d) cu îmbrăcămintea din beton de ciment, cu respectarea clasei de expunere, cu permeabilitate la apă deosebit de scăzută amplasat peste stratul hidroizolației.

**13.6.3** Tipul de mixtură asfaltică pentru îmbrăcămintea bituminoasă pe partea carosabilă a podului se stabilește prin proiectul de execuție, ținând seama de următoarele recomandări:

- a) îmbrăcămintea bituminoasă pe calea podurilor rutiere se execută de regulă din mixturi asfaltice de tipul betonului asfaltic cilindrat sau asfalt turnat dur preparate cu bitum neparafinos pentru drumuri;

b) îmbrăcămintea bituminoasă din beton asfaltic cilindrat preparat cu bitum modificat cu polimeri precum și cea cu adaos de fibre se execută în cazul podurilor situate pe drumuri publice cu trafic foarte intens și greu, în scopul creșterii rezistenței la deformății permanente la temperaturi ridicate și a rezistenței la fisurare la temperaturi scăzute.

**13.6.4** Pentru tablierele din oțel, îmbrăcămintea rutieră este necesar să fie construită cu un strat protector-coeziv, hidroizolare, și cu îmbrăcămintă din beton asfaltic sub forma unui strat subțire (două sau trei straturi) de polimer.

**13.6.5** Structurile îmbrăcămintei și ale plăcii ortotrope este necesar să excludă apariția fisurilor în îmbrăcămintă executată în zona grinzilor principale ale tablierelor metalice.

**13.7** La executarea stratului de egalizare, în cazul tablierului alcătuit din elemente prefabricate, poate fi de o grosime minimă de 30 mm din beton cu granulație fină, din clasa de expunere nu mai mică decât cea a plăcii suprastructurii, luând în considerație expunerea la îngheți-dezghet și cala impermeabilității.

**13.7.1** Stratul de protecție al hidroizolației (daca este cazul) se realizează din beton cu granulație fină cu o grosime de cel puțin 40 mm, cu clasele de expunere respective ca și în cazul stratului de egalizare p.21.7. Stratul de protecție este armat cu plase sudate pas 20cm cu ochiuri în conformitate cu SM SR EN 10080, a căror aplicare este necesar distanțată de stratul hidroizolant.

**13.7.1.1** Nu este permisă utilizarea pentru îmbrăcămintea rutieră betonului pe argilă expandată.

**13.7.2** Atunci când se utilizează beton asfaltic microgranular dens, grosimea totală a îmbrăcămintei asfaltice poate fi redusă la 80 mm atunci întrun singur strat pentru drumuri de categoria tehnică IV-V, și în două straturi până la 90 mm pentru drumuri de categoria I-III cu condiția ca stratul de uzură să fie de minim 50mm. Toate aceste soluții vor fi acceptate daca se vor argumenta din punct de vedere tehnic și de siguranță.

**13.7.3** Pentru îmbrăcămințile realizate din beton asfaltic, se utilizează mixturi asfaltice preparate la cald de densitate ridicată de gradul I (gradul II pe structurile de pod ale drumurilor de categorie inferioară categoriei III) în conformitate cu SM EN 13108 și anexele naționale CP D.02.25.

**13.7.4.** Execuția și grosimea îmbrăcămintei din beton asfaltic pe placa ortotropă din oțel, depinde de parametrii plăcii ortotrope (grosimea plăcii, pasul nervurilor longitudinale) și nu este necesar să fie mai mică de 110 mm atunci când se utilizează betoane asfaltice. Sunt situații când este interzisă execuția îmbrăcămintei asfaltice pe plăci ortotrope.

**13.7.5** La compactarea mixturilor asfaltice pe structurile podurilor, și a altor lucrări similare, este interzisă activarea cilindrului vibrator ale compactoarelor.

**13.7.6** În cazul în care pentru îmbrăcămintea rutieră se utilizează beton de ciment, grosimea acestuia nu este necesar să fie mai mică de 120 mm. Îmbrăcămintea este necesar să fie realizată din beton rutier cu un raport apă-ciment nu mai mare de 0.42, o clasă de rezistență la compresiune nu mai mică de C25/30, un grad de rezistență la apă minim XD6 și un grad de rezistență la îngheț de minim XF4, rezultat din încercarea în săruri clorurate, respectând clasele de expunere a betoanelor de ciment pentru acest tip de lucrări.

**13.7.7** Pe tablierele podurilor a drumurilor de categoriile IV - V, poduri amplasate pe drumuri din intravilan, în cazul în care structura rutieră pe pod se indentifică cu cea a acceselor și drumului pe care este amplasat (drumuri/străzi în zone istorice, rezidențiale, alte cazuri), se utilizează îmbrăcămintă din dale prefabricate, sau pavaj, se va respecta o grosime de cel puțin 120 mm montate peste un amestec ciment-nisip (1:1) cu o grosime de cel puțin 50 mm, așezate direct pe hidroizolație. Rosturile dintre plăci este necesar să fie etanșate cu mastic bitum-polimer, sau alte tipuri de materiale speciale pentru rosturile.

**13.8** Pe trotuare, îmbrăcămintea este necesar realizată cu beton asfaltic de 30-40 mm de grosime conform CP D.02.25, de cel puțin gradul II conform SM EN 13108, sau același tip de material utilizat pentru stratul de uzură a carosabilului de pod, sau din beton asfaltic turnat.

**13.9** Hidroizolația de pe placa de beton armat a părții carosabile și stratul de protecție și de aderență de pe placa ortotropă este necesar proiectate pe baza cerințelor de asigurare a fiabilității lor operaționale sub impactul sarcinilor reversibile în intervalul de temperatură a aerului exterior de la maximul absolut până la temperatura din zilele cele mai reci, cu probabilitatea de siguranță de 0,98.

**13.10** Pentru șapa de hidroizolare, de protecție și de legătură se utilizează mastic, bitum-polimer laminat, materiale de hidroizolare polimerice cu capacitate de utilizare în intervalul de temperaturi specificate în zona de construcție, rezistența necesară, aderența la substrat, rezistența la căldură. Materialele șapei hidroizolante este necesar să fie impermeabile, rezistente la acțiunea soluțiilor acide, alcaline, sărate, și a microorganismelor.

**13.11** Tratarea zonei rosturilor este necesar să conducă la realizarea unor soluții care să asigure continuitatea căii pe pod și etanșeitatea împotriva infiltrațiilor apei de pe suprafața căii și a trotuarelor la intradosul suprastructurii și la aparatele de reazem.

**13.11.1** Structurile rosturilor este necesar să fie ancorate în elementele portante ale tablierelor. Ancorarea structurilor rosturilor de dilatare-contrație în îmbrăcămintea rutiera este strict interzisă.

**13.11.2** În cazul ancorării structurilor de rosturi în corpul tablierului, care se extinde până la nivelul părții carosabile, clasa de expunere și de rezistență a betonului este necesar să fie nu mai mic sau identic cu cel din elementele de rezistență a plăcii suprastructurii, tablierului.

**13.11.3** Structurile rosturilor este necesar să fie proiectate pentru a rezista la sarcinile din trafic și să fie rezistente la abraziune.

**13.11.4** Stabilirea tipului de rost se face în funcție de deplasarea totală a tablierelor în dreptul rostului. Deplasarea totală rezultă din însumarea deplasărilor sub acțiunea încărcărilor mobile și sub influența unei creșteri și a unei scăderi de temperatură, precum și a contracției și scurgerii lente.

**13.11.5** Dispozitivele pentru acoperirea rosturilor de dilatație este necesar să asigure deplasarea tablierului și etanșeitatea îmbrăcăminții pe întreaga lățime a rostului (inclusiv trotuarele).

## **13.12 Structura căii pe poduri de cale ferată**

**13.12.1** În cazul suprastructurilor cu cuvă de balast, calea ferată pe poduri feroviare este necesar să fie așezată pe balast de piatră concasată și pe dale de beton armat.

**13.12.2** Pe tablierele metalice, situate pe pante care nu depășesc 0,8%, calea ferată este necesar să fie amenajată pe dale de beton armat sau după caz pe balast.

**13.12.2.1** Șinele de pe poduri este necesar să fie așezate de tip greu (nu mai ușoare decât tipul R50 și nu mai ușoare decât tipul de șine pozate pe accese). Pe podurile mari și pe căile de acces la acestea, în secțiuni cu o lungime de cel puțin 200 m în fiecare direcție, șinele nu este necesar să fie mai ușoare decât tipul R65.

**13.12.2.2** Calea fără joante este necesar amenajată pe poduri cu cuvă de balastat, iar pe poduri cu lungimea totală a tablierelor este de 66 m sau mai mică amenajarea este fără cuva de balast.

**13.12.2.3** Amenajarea căii fără joante pe poduri cu platelaj fără balast cu o lungime totală a tablierelor mai mare de 66 m este permisă numai în cazuri justificate.

**13.12.2.4** Structura platelajului podului este necesar să asigure posibilitatea de:

- a) trecerea roților materialului rulant în caz de deraierea acestuia;
- b) întreținerea și repararea căii ferate cu folosirea mijloacelor mecanizate.

**13.12.3** Jgheabul de balast al culeelor și traveelor cu calea de rulare pe balast este necesar să asigure amplasarea unei prisme de balast cu profilul tipic al secțiunii transversale, adoptate pentru poduri.

**13.12.4** Platelajul podului (inclusiv sistemele de protecție, contrașine, corniere, dispozitivele de egalizare sau șinele de egalizare sezoniere) este necesar să fie proiectat în conformitate cu cerințele CP D.03.02.

**13.12.5** Lățimea platelajului de pod cu calea de rulare fără balast pe dale de beton armat nu este necesar să fie mai mică de 3,2 m.

**13.12.6** Podurile cu o lungime totală mai mare de 25 m, toate podurile cu o înălțime mai mare de 3 m, precum și podurile, situate în interiorul stațiilor și toate pasajele superioare, este necesar să aibă trotuare de serviciu pe două laturi cu parapete (cu o înălțime de cel puțin 1,10 m) situate în afara gabaritelor de liberă trecere ale structurilor.

**13.12.6.1** Podurile pentru cale dublă cu calea sus este necesar prevăzute cu trotuare și pasaje de serviciu. Platformele trotuarelor sunt proiectate din dale de beton armat sau dale compozite.

**13.12.7** La proiectarea căii de rulare pe accese, este necesar prevăzute măsuri de prevenire a deplasărilor necontrolate a șinelor.

**13.12.8** Pe căile ferate, care trec pe sub pasaje superioare și pasarele pietonale cu pile de stâlpi, dacă distanța de la axa căii ferate până la marginea pilei este mai mică de 3 m, este necesar să fie amplasate contrașine, care se extind pe fiecare parte dincolo de extremitățile culeei pasajului superior sau ale pasarelei pietonale pe cel puțin 10 m.

**13.12.8.1** Pentru secțiunile de cale ferată de pe podurile și pasajele de pe drumurile întreprinderilor industriale, în curbele din plan cu o rază mai mică sau egală cu 500 m, este necesar prevăzute dispozitive speciale care să împiedice deraierea.

## 14 Aparare de reazem

**14.1** Proiectarea și calculul tuturor tipurilor de aparate de reazem este necesar să se realizeze la starea limită de serviciu (de exploatare) sau la starea limită ultimă de rezistență în așa fel încât să ofere gradul de siguranță dorit.

**14.2** Aparatele de reazem sunt dispozitive care transmit reacțiuni de la suprastructura la infrastructura podului, de la componentele podului la teren (de exemplu în cazul podurilor cu arce, pe cadre) sau de la un element structural la altul al podului (de exemplu în cazul podurilor cu suprastructura realizată în sistem cu console și articulații) și permit deplasări conform schemei statice adoptate (fig. 14.1).

**14.3** Aparatele de reazem se clasifică în funcție de gradele de libertate introduse în structură, astfel:

- mobile după două direcții;
- mobile după o direcție;
- fixe;
- deformabile (din neopren).

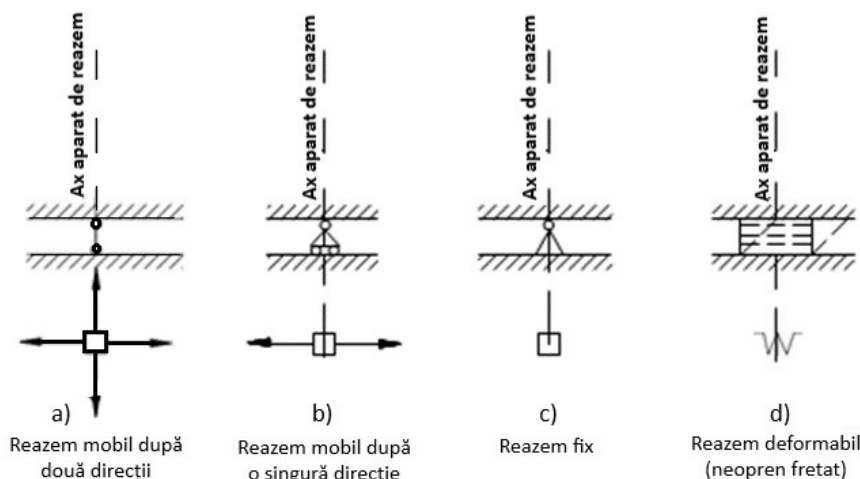


**Figura 14.1 - Simbolurile diferitor tipuri de aparate de reazem la poduri**

**14.4** În cazul podurilor, în funcție de modul de alcătuire, se utilizează următoarele tipuri de aparate de reazem:

- aparate de reazem cu elemente de alunecare;
- aparate de reazem metalice fixe;
- aparate de reazem metalice mobile după o singură direcție cu rulouri;
- aparate de reazem din elastomeri (cu neopren fretat);
- aparate de reazem sferice sau cilindrice din PTFE (politetrafluoretilenă);
- aparate de reazem tip oală;
- aparate de reazem cu balansiere;
- aparate de reazem cu ghidaj sau cu blocaj.

**14.5** La podurile dalate sau pe grinzi de cel mult 12m lungime și la podurile cu infrastructură integrată se admite rezemarea directă (fără aparate de reazem) prin intermediul unui strat de mortar de poză pe elementele de infrastructură.

**14.6** Rezemarea tablierelor cu dale cu o lungime de până la 9 m este necesar să fie realizate pe garnituri de minim 10 mm grosime totală, din materiale hidroizolare în role pe liant bituminos polimeric.

**14.7** Calculul și proiectarea aparatelor de reazem din polimer este necesar efectuate în conformitate cu cerințele SM EN 1337, la acțiunile SM EN 1991.

**14.8** La podurile cu pile flexibile, este permisă instalarea tablierelor numai pe aparate de reazem fixe deformabile (neopren), dacă această schemă este confirmată prin calcule ca un cadru cu mai multe deschideri, cu ansambluri de articulații deasupra pilelor și stâlpi fixați la bază.

**14.9** La podurile de cale ferată, balansierele inferioare ale aparatelor de reazem fixe și plăcile aparatelor de reazem mobile este necesar să fie ancorate la pile cu șuruburi de ancorare. Capetele tablierelor este necesar să fie fixate pe suporturi cu șuruburi de ancorare conform proiectului.

**14.10** Construcția aparatelor de reazem este necesar să asigure distribuirea sarcinii pe întreaga suprafață de rezemare a nodului tablierului și rezemarea pe pilă.

**14.11** Aparatele de reazem tip rulou articulată sau sector este necesar să fie utilizate turnate, cu articulații cu contact liber. Este permisă utilizarea pieselor de reazem mobile cu un singur rulou fabricate din oțel de înaltă rezistență, precum și cu placare pe suprafața ruloului și plăci cu materiale de duritate ridicată. În piesele de reazem mobile nu este necesar să fie mai mult de patru role.

**14.11.1** Rolele este necesar să fie conectate între ele prin legături laterale, care garantează deplasarea comună și nu împiedică rularea și curățarea, și echipate cu dispozitive împotriva deplasării laterale și a fugii longitudinale, precum și protejate cu carcase. La utilizarea rolelor cilindrice cu două margini plate, este necesar exclusă posibilitatea răsturnării și blocării acestora.

**14.12** În cazurile în care solicitările dinamice sunt importante și există variații mari ale încărcărilor (de exemplu poduri de cale ferată solicitate de acțiunea seismică), rezistența la forțe orizontale nu este necesar asigurată prin frecare. În aceste cazuri valoarea caracteristică  $\mu_k$  a coeficientului de frecare considerată 0.4 în cazul frecării oțel pe oțel și respectiv 0.6 pentru frecarea oțel pe beton, este necesar considerat egal cu zero.

**14.13** Valorile ce este necesar utilizate pentru evaluarea rezistenței dacă împotriva deplasării pentru diferite tipuri de aparate de reazem este necesar să țină seama de neuniformitatea materialului din care sunt alcătuite aparatele de reazem, de toleranțele de execuție și de inexactitățile ce pot apărea la instalare. Valorile rezistenței pot fi utilizate dacă:

- a) temperatura nu are valori mai mici sau mai mari decât cele minime sau maxime precizate;
- b) toleranțele specificate nu sunt depășite;
- c) există valori mai mari ale vitezelor de translație și rotație comparativ cu cele produse de acțiunile utile prevăzute în SM EN 1991-1;
- d) sunt prezente substanțe care pot afecta materialele din care este realizat aparatul de reazem;
- e) nu este asigurată întreținerea periodică.

**14.14** În toate situațiile, valorile oricărui coeficient de siguranță considerat este necesar să aibă efectul cel mai puțin favorabil pentru cazul de solicitare considerat.

**14.15** Aparatele de reazem din elastomeri au formă paralelipipedică și sunt alcătuite din straturi de neopren de 8 –12 mm grosime fretate cu table din oțel de 2–5 mm grosime (fig. 13.2) vulcanizate într-o matriță în condiții de temperatură și presiune ridicată.

Aparatele de reazem din neopren pot fi folosite ca:

- a) reazeme mobile pe două direcții;
- b) reazeme mobile pe o direcție;
- c) reazeme fixe.

**14.15.1** Blocarea mișcării pe direcție sau pe două direcții se asigură cu plăci metalice superioare și inferioare prevăzute cu reborduri, nervuri, tacheți sau alte dispozitive.

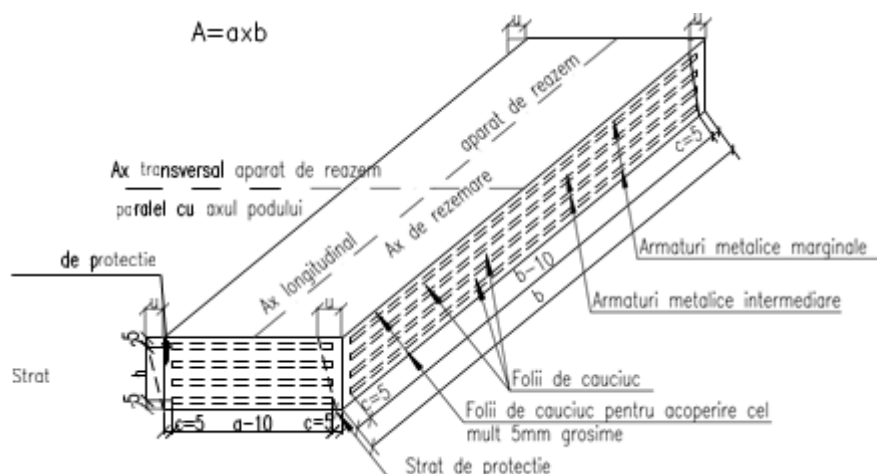


**Figura 14.2 - Aparat de reazem din neopren fretat**

**14.16** Se permite folosirea reazemelor din neopren cu înălțime redusă ca reazeme fixe, fără plăci metalice sau alte dispozitive, cu condiția ca deformațiile admisibile să nu fie depășite.

**14.17** Elementele principale necesare calculului reazemelor din neopren sunt următoarele:

- valoarea minimă a presiunii medii pe aparatul de reazem variază în funcție de tipul și dimensiunile acestuia. La pilele la care se realizează această condiție din acțiuni permanente se va asigura legătura reazemului cu infrastructura și suprastructura pentru a se împiedica lunecarea lor.
- Valorile maxime ale presiunilor medii pe aparatul de reazem sunt depinde de tipul aparatului, de geometria și de dimensiunile acestuia.
- Deformația unghiulară care selimiteaza la valori admisibile stabilite în funcție de tipul și dimensiunile aparatului.
- Rigiditatea la deplasare a unui aparat de reazem din neopren fretat, reprezentând valoarea forței care produce deplasarea unitară este:

$$K_h = G \cdot a \cdot b \cdot \frac{1}{t_e};$$

unde,

$G$  – reprezintă modulul de elasticitate transversală cu valori între  $0,9 - 1,3 \text{ N/mm}^2$  pentru acțiuni de lungă durată, respectiv  $2,0 - 2,6 \text{ N/mm}^2$  pentru acțiuni de lungă durată;

$a, b$  – sunt dimensiunile în plan ale aparatului de reazem;

$t_e$  – reprezintă grosimea tuturor straturilor de elastomer.

**14.18** Se admite așezarea alăturată a două aparate de reazem identice, cu condiția ca laturile mici să fie în contact, iar laturile mari să fie paralele cu axul de rezemare.

**14.19** Aparatele de reazem simple, fără plăci metalice, se montează pe un strat de mortar de ciment proaspăt de 5-8 mm grosime.

**14.20** Aparatele de reazem cu plăci metalice se fixează de suprastructura prin sudură sau cu ancore, iar de elementele de infrastructură cu ancore sau nervuri ale plăcii inferioare fixate pe mortar de ciment în lăcașe amenajate în cuzineți.

**14.21** La așezarea aaparatorilor de reazem din elastomeri se va acorda o atenție deosebită pentru obținerea paralelismului între planul intradosului grinzii și suprafața de rezemare.

**14.22** Datorită rigidității lor, reazemele din elastomeri folosite la poduri cu grinzi continue, sau simplu rezemate, asigură comportarea structurii ca un cadru la solicitări orizontale, cu participarea tuturor pilelor și culeilor la preluarea acestor solicitări.

**14.23** În cazul culeilor se va lua în calcul numai rigiditatea aparatelor de reazem, deoarece elevațiile se consideră infinit rigide.

**14.24** La podurile monolite cu grinzi continue sau prefabricate continuizate cu reazeme din neopren la calculul solicitărilor ce revin infrastructurii din temperatură, contracție, curgere lentă, frânare și seism, se va ține seama de rigiditățile elevațiilor pilelor și aparatelor de reazem.

**14.25** Pentru calculul efectelor temperaturii, contracției și curgerii lente, este necesar determinată poziția centrului elastic (punctul de deplasare orizontală nulă) al structurii.

**14.26** Deplasările și solicitările pilelor produse de variații de temperatură, contracție și curgere lentă se stabilesc în funcție de distanța dintre pila calculată și centrul elastic. Poziția centrului elastic la structurile simetrice se află în centrul geometric al suprastructurii.

## **15 Infrastructurile podurilor și podețelor**

**15.1** Elementele pilelor podurilor, situate în zone în care apa (liberă sau freatică) poate îngheța, este necesar să aibă o secțiune transversală continuă.

**15.2** În limitele nivelului de acțiune a gheții, corpul pilei este necesar să fie modelat ținând cont de direcția de impact a acțiunii gheții, creând sisteme de protecție (avanbec, insulițe de protecție, etc).

**15.2.1** Racordarea elevațiilor pilei este necesar realizată pe o suprafață cilindrică cu o rază de cel puțin 0,75 m. O reducere a razei, dar nu mai mult de 0,3 m, este permisă cu o justificare corespunzătoare.

**15.3** Pe râurile situate în zone, în care temperatura medie lunară a aerului exterior din luna cea mai rece este de minus -20°C sau mai mare, pilele intermediare ale podurilor, inclusiv pilele din beton armat, este necesar realizate din beton fără protecție specială a suprafeței.

**15.3.1** La proiectarea pilelor de albie pentru poduri pe râuri cu mișcare intensă a sedimentelor fluviale (cantitatea de sedimente în suspensie este mai mare de 1 kg la 1 m<sup>3</sup> de debit și viteza de curgere este mai mare de 2,5 m/s) pilele cu stâlpi din piloți sau din piloți forati este necesar să fie utilizate cu protecție specială (cochilii-bandaje metalice etc.) în zonele de mișcare a sedimentelor. Pilele masive este necesar folosite fără protecție suplimentară a suprafețelor lor.

**15.3.2** Suprafețele pilelor intermediare din beton și beton armat ale podurilor, situate în zonele în care temperatura medie lunară a aerului exterior din luna cea mai rece este sub minus 20°C, precum și pilelor de pe râuri care se deschid la temperaturi medii zilnice negative ale aerului exterior, este necesar să fie placate în zona nivelului variabil a derivei de gheață.

**15.3.3** În acest caz, grosimea și înălțimea blocurilor de parament este necesar să fie de cel puțin 400 mm. Armarea blocurilor de parament /de fațade este necesar folosită în cazul când este impusă de condițiile de transportarea lor și ancorare acestora la acțiunea gheții de smulgere.

**15.3.4** Lățimea rosturilor verticale umplute cu mortar este necesar să fie (25±5) mm, a rosturilor orizontale - (10±5) mm.

**15.4** Cu condiția unei argumentări tehnico-economice adecvate, se permite utilizarea ancoramentelor pentru pile din piatră naturală rezistentă la îngheț cu o rezistență la compresiune nu mai mică de 60 MPa, în cazul unui flux de gheață puternic - nu mai mică de 100 MPa. Proiectarea ancoramentelor din piatră naturală este necesar să asigure posibilitatea fabricării acesteia prin metode industriale.

**15.5** Legătura stâlpilor din beton armat și a elementelor de susținere cu rigla (cuzinet) este necesar realizată prin monolitizarea mustăților de armătură în nișe sau orificii. În acest caz, pereții saboților tip cupă este necesar să fie armate reieșind din calculele la acțiunea forțelor longitudinale și transversale.

**15.5.1** Lungimea mustăților de armătură încastrate în corpul riglei sau cuzinetului, este necesar să fie de cel puțin 20 de ori mai mare decât diametrul barei de armare, iar betonul stâlpului sau al pilei nu este necesar să pătrundă în radiere sau rigle cu mai mult de 50 mm.

**15.6** La proiectarea pilelor și culeelor masive, este necesar prevăzute cuzineți din beton armat cu o grosime de cel puțin 0,40 m.

**15.6.1** Sectoarele elementelor (riglei, cuzinetului, etc.) în locurile transferului presiunii de la structurile tablierelor este necesar să fie armate cu armătură indirectă suplimentară, solicitate de calculul la compresiune locală (strivire). În aceste sectoare, precum și sub îmbinările monolite ale tablierelor și pe capetele pilor, nu este necesar să existe locuri, în care apa să poată stagna.

**15.6.2** Distanța dintre extremitățile laterale ale plăcilor inferioare ale pieselor metalice de rezemare și extremitățile laterale ale cuzineților sau ale riglelor și capetele de pilă este necesar să fie nu mai mică de 150 mm.

**15.6.3** În locurile amplasării rosturilor de deformare, stratul superior de beton de pe pile și culee este necesar să fie înclinat (cel puțin 1:10) pentru a asigura scurgerea apei. Declivitatea părții superioare a capetelor de pile și a riglei este necesar realizată simultan cu betonarea acestora.

**15.7** Distanța dintre extremitățile plăcilor inferioare ale aparatelor de reazem și extremitățile laterale ale cuzineților sau marginile laterale ale elementelor din beton armat (rigle, capete etc.) este necesar să fie de cel puțin 150 mm, cu excepția aparatelor de reazem din poliuretan destinate pentru durabilități sporite.

**15.7.1** Distanța de la extremitățile cuzineților până la extremitățile capetelor de pile este necesar stabilită ținând seama de posibilitatea instalării unor cricuri pentru ridicarea capetelor tablierelor și este necesar adoptată, mm, nu mai puțin:

a) în lungul podului:

- pentru deschideri, m, de la 12 la 30 inclusiv - 150 mm;
- la fel pentru deschideri de la 30 până la 100 - 250 mm;
- la fel pentru deschideri de la 100 - 350 mm;

b) în transversalul axei podului sau elevației pilor/culeelor:

- în caz de formă rotunjită a capului, de la colțul cuzinetului până la cea mai apropiată margine al capului;
- nu mai puțin decât cele specificate la enumerarea a);

c) în cazul capului de formă dreptunghiulară, mm, nu mai puțin:

- pentru structurile cu tabliere de dale - 200 mm;

d) pentru toate tablierele, în afară de cele dalate, cu aparate de reazem:

- polimerice - 200 mm;
- plate și tangențiale - 300 mm;
- role și sectoare - 500 mm.

**15.8** Structurile din beton armat a pilele podurilor situate pe talveg uscat, pentru pasaje superioare, viaducte și viaducte de mare lungime, peste cursuri de apă, este necesar să fie armate cu armătură de bare, iar suprafețele este necesar să fie protejate de posibile deteriorări mecanice. Pe cursurile de apă nu este permisă utilizarea armăturilor din sârmă pretensionată pentru pile și culee.

**15.8.1** Elementele din beton armat ale pilelor în limita cursurilor de apă este necesar protejate împotriva abraziunii cauzate de gheață și de sedimentele de fund în mișcare, de deteriorările cauzate de izbirea navelor sau a plutelor. Ca măsuri de protecție este necesar de utilizat beton cu rezistență sporită la uzură, de mărit grosimea stratului protector de beton al elementelor din beton armat de la 50 la 70 mm, iar în condiții deosebit de severe (presiunea puternică de gheață și crengi) este necesar de acoperit elementele din beton armat cu foi de oțel. Necesitatea protecției sau utilizarea metodelor descrise, se argumentează pentru fiecare caz în parte, în funcție de condițiile specifice ale cursului de apă, se stabilește de elaboratorul documentației de proiect.

**15.9** Piloții/stâlpii fundațiilor de adâncime (pe piloți forți), este necesar să fie dispuși cu o distanță nu mai mică de  $2d$  (unde:  $d$ -este diametrul stâlpului proiectat). La dispunerea stâlpilor forți care lucrează la sarcină de compresiune, cu pasul egal cu diametrul stâlpului forat și mai mică, capacitatea portantă de calcul a stâlpului se determină fără a lua în considerare rezistența solului pe suprafața laterală a stâlpului.

**15.10** La proiectarea pilelor cu utilizarea piloților forți pe straturi de terenuri slabe și cu umiditate sporită, este necesar prevăzute teste de încărcare statică de control pentru a determina capacitatea portantă reală a piloților forți, cu ajustarea/ corectarea (dacă este necesar) a documentației de proiectare.

**15.11** Atunci când se realizează piloți forți în terenuri cu straturi slabe și saturate cu apă, cu pasul între piloți de  $1,5d$  și mai puțin, fiecare următorul pilot forat este necesar realizat atunci când rezistența betonului stâlpului montat anterior a atins 70% din rezistența de proiectare sau nu mai devreme de 7 zile calendaristice.

**15.12** Pentru fiecare situație de proiectare geotehnică a infrastructurilor de poduri și podețe, este necesar să se verifice faptul că nu este atinsă nici o stare limită pertinentă, în sensul standardului SM EN 1990:2023.

**15.13** Atunci când se definesc situațiile de proiectare și stările limită, este indicat să se ia în considerare următorii factori:

- condițiile de amplasament cu privire la stabilitatea generală și la mișcările terenului;
- natura și mărimea structurii și elementelor ei, inclusiv orice cerințe speciale, ca de exemplu durata de viață;
- condițiile referitoare la vecinătățile lucrării (construcții învecinate, trafic, diverse rețele, vegetație, produse chimice periculoase);
- condițiile de teren; situația apei subterane; seismicitatea regională;
- influența mediului (hidrologie, ape de suprafață, variații sezoniere de temperatură și umiditate).

**15.14** Stările limită pot apărea separat în teren sau în structură sau simultan în teren și structură.

**15.15** În mod normal, este necesar să se facă o clasificare preliminară a unei structuri într-una din categoriile geotehnice înainte de cercetarea terenului de fundare. Este bine de a verifica și, dacă este cazul, de a schimba categoria geotehnică la fiecare etapă a procesului de proiectare și de execuție.

**15.16** Este necesar luate în considerare situațiile de proiectare geotehnică pe termen scurt și pe termen lung.

**15.16.1** În proiectarea geotehnică este indicat ca prezentarea de detaliu a situațiilor de proiectare să includă, după caz:

- acțiunile, grupările lor și ipotezele de încărcare;
- acceptabilitatea generală a terenului pe care este amplasată structura, în termeni de stabilitate generală și de mișcări ale terenului;
- dispunerea și clasificarea diferitelor zone de pământ și rocă sau elemente ale lucrării care intervin în modelul de calcul;
- planurile de stratificație înclinate;

**15.16.2** Mediul în care se înscrie lucrarea, incluzând următoarele:

- efectele afluerilor, eroziunii și excavațiilor care conduc la modificări ale geometriei suprafeței terenului;
- efectele coroziunii chimice;
- efectele înghețului;
- variațiile în nivelurile apelor subterane, incluzând de exemplu cele datorate coborârii generale a nivelurilor apei, eventualelor inundații, disfuncționalităților sistemelor de drenare, exploatării apei;
- cutremure;
- sensibilitatea la deformații a structurilor.

**15.17** Elemente de alcătuire pentru unele tipuri de culei utilizate la podurile și podețele de șosea:

- culee masivă cu elevație din beton simplu și beton armat;
- culee înecată cu elevație din pereți din beton armat;
- culee rezemată pe terasamente;
- culee prefabricată pentru podețe.

**15.17.1** Racordarea culeilor cu terasamentele se face în general, cu sferturi de con, cu aripi întoarse, sau ziduri.

**15.17.2** Legătura culeilor cu rambleul se asigură prin plăci de racordare având 3,00-8,00m lungime, pentru eliminarea efectului defavorabil traficului produs de tasările terasamentelor la capetele culeilor.

## 16 Evaluarea impactului asupra mediului

**16.1** În toate etapele de proiectare a noilor construcții sau de reconstrucție a structurilor, este necesar evaluat impactul asupra mediului natural. Este necesar evaluat posibilul impact negativ cauzat de înstrăinarea de terenuri, modificarea regimului cursurilor de apă, construcția părților supraînălțate și subterane ale structurii, impactul traficului și al pietonilor.

**16.1.1** La proiectarea podurilor și podețelor se va ține cont de condițiile și recomandările CP D.02.30

"Reglementări privind protecția mediului în activitatea de proiectare, construcție, modernizare, reabilitare și întreținere a drumurilor".

**16.1.3** La proiectarea, construcția și exploatarea podurilor și podețelor problemele privind protecția mediului și folosirea rațională a resurselor naturale este necesar soluționate în complex cu problemele ce țin de dezvoltarea economică și socială a regiunii, asigurarea unor caracteristici înalte de transport și exploatare ale drumului și securității traficului, micșorarea cheltuielilor pentru construcția și exploatarea podului.

**16.1.4** La proiectare trebuie să evalueze, de asemenea, inconvenientele temporare, care apar în timpul fazelor de construcție, reconstrucție, reabilitare sau reparație. Pentru a evalua impactul asupra mediului pe drumuri cu un volum de trafic MZA, mai mare de 10000 unit.fizice/zi, este necesar efectuată o evaluare a impactului asupra mediului, a soluțiilor de proiectare pentru construcția sau reconstrucția autostrăzilor.

**16.2** Nu se admite inundarea și bălțirea teritoriilor, înrăutățirea condițiilor de navigație.

**16.3** În cazul în care structura podului este amplasată în profil longitudinal pe o curbă concavă, este necesar prevăzute dispozitive de captare a apelor pluviale și a apelor din topirea zăpezii pe căile de acces. În acest sens, este necesar să fie luate măsuri pentru a preveni eroziunea luncilor inundabile și afuierea rambleelor căilor de acces.

**16.4** La proiectare este necesar să se evalueze impactul structurii asupra conservării florei și faunei, inclusiv a ihtiofaunei și a altor viețuitoare acvatice.

**16.5** Nivelurile de zgomot și vibrații în zonele învecinate nu este necesar să le depășească pe cele permise de standardele tehnice în vigoare. Dacă este necesar, este necesar prevăzute bariere de protecție împotriva zgomotului (acustice) în conformitate cu SM EN 1793 și NCM D.02.01.

**16.6** La proiectarea podurilor de orice tip de lucrare, se va lua în considerație condițiile de mediu impuse de CP D.02.30 "Reglementări privind protecția mediului în activitatea de proiectare, construcție, modernizare, reabilitare și întreținere a drumurilor", respectiv a cerințelor obligatorii conform CUC 434 (Codul Urbanismului și Construcțiilor), a altor norme și legislație valabilă la etapa proiectării și execuției construcțiilor de poduri și podețe.

**16.7** La elaborarea studiului de fezabilitate (SF) și calculului tehnico-economic (CTE) pentru construcția sau modernizarea podului, alegerea variantelor de amplasare a drumului este necesar să se îndeplinească luând în considerare starea mediului (nivelul de poluare a aerului atmosferic, fertilitatea solului, condițiile hidrologice și geologice, existența localităților, zonelor de odihnă, zonelor de protecție a apelor, ariilor naturale protejate, monumentelor istorice, de cultură, arhitectură etc.), Alegerea amplasamentului podului (liniei de trasare) se va efectua cu ocolirea zonelor în limitele cărora construcția și exploatarea drumului și a infrastructurii rutiere (sau căii ferate) vor avea un impact negativ semnificativ asupra mediului.

**16.7.1** Proiectarea rațională a traseului podului în plan, profilurilor longitudinale și transversale în coordonare cu peisajul permite în majoritatea cazurilor să se obțină soluții de proiect care corespund cerințelor ecologice fără creșterea considerabilă a costurilor construcției și fără diminuarea caracteristicilor de transport și exploatare a drumului integral (sau căii ferate) pe care este amplasat podul/podețul.

**16.8** Nu se admite trasarea drumurilor (respectiv a podurilor) pe teritoriul ariilor naturale protejate, zonelor de protecție a apelor, zonelor de protecție sanitară și stațiunilor balneare, monumentelor naturale, istorice, de cultură și arhitectură, cu excepția cazurilor când drumul (podul) nu este de tranzit și este predestinat pentru deservirea acestor teritorii.

**16.9** În cazul traversării masivelor forestiere se recomandă de proiectat traseul drumului/podului, după posibilitate combinându-l cu benzi izolatoare antiincendiu, cu hotarele zonelor forestiere și a întreprinderilor silvice, luând în considerare amplasarea locurilor de reproducere, hrană, odihnă, precum și a căilor de migrare a animalelor și păsărilor sălbatice, inclusiv podurilor pot servi ca edificii destinate migrațiilor animalelor sălbatice (poduri ecoducte).

**16.10** Comparatia tehnico-economică a variantelor, pentru alegerea celei mai optimale dintre ele, este recomandat să se efectueze după criteriul minimului costurilor reduse totale conform metodicii expuse în NCM L.01.07. Totodată, în structura costurilor reduse totale este necesar să fie luate în considerare investițiile capitale în măsurile de protecție a mediului, costurile pentru exploatarea construcțiilor de protecție a mediului, precum și prejudiciul economic provocat de impactul negativ al construcției și exploatării drumului asupra mediului.

**16.11** La etapa elaborării proiectului (proiectului de lucru) este necesară soluționarea detaliată a problemelor de protecție a mediului pentru selectarea variantei recomandate pentru construcție. Totodată, este necesar luată în considerare prognoza impactului negativ a drumului asupra mediului, realizată la elaborarea SF (CTE). În cazul în care SF (CTE) nu au fost elaborate asemenea prognoză este necesar efectuată concomitent cu obținerea datelor indicate în punctul 7.11 din CP D.02.30. În cazul necorespunderii vreunui indicator cerințelor ecologice, în proiect (proiect de lucru) este necesar să fie prevăzute măsuri speciale de protecție a mediului.

**16.12** Soluțiile de proiect, elaborate în cadrul SF (CTE) a proiectului (proiectului de lucru) este necesar să fie coordonate în modul stabilit de organele administrației publice locale, organizațiile și instituțiile care efectuează controlul în domeniul protecției mediului și folosirii raționale a resurselor naturale, ocrotirii monumentelor etc., cu prezentarea obligatorie a acestora pentru expertiza ecologică la fiecare etapă a elaborării.

**16.13** La toate etapele de lucru privind construcția, modernizarea, reabilitarea și întreținerea podurilor este necesar luate în considerare cerințele de protecție a mediului. Este interzisă efectuarea lucrărilor cu impact negativ asupra mediului, care nu sunt incluse în documentația de proiect, coordonată și aprobată în modul stabilit.

**16.14** La construcția, modernizarea, reabilitarea și întreținerea drumurilor și infrastructurii acestora este inadmisibilă folosirea materialelor care au impact negativ asupra mediului, realizarea lucrărilor în afara hotarelor terenurilor înstrăinate permanent sau temporar, precum și extragerea materialelor de construcție din cariere neexplorate.

## **17 Particularități de proiectare a podurilor pietonale (pasarele)**

**17.1** Proiectarea pasarelelor pietonale conform cerințelor normelor europene (Eurocoduri) implică o abordare distinctă față de podurile rutiere, punând un accent deosebit pe confortul utilizatorilor și dinamica structurii.

**17.2** La proiectarea pasarelelor pietonale se va ține cont de cerințele SM EN 1990 (Anexa 2) Criterii de mentenanță și confort, de SM EN 1991-2 (secțiunea 5), acțiuni la poduri pietonale (încărcări, aglomerație, vânt), dar și SM EN 1992/SM EN 1993/ SM EN 1994, protecția elementelor din beton, oțel sau mixte.

**17.3** Podurile pietonale (pasarelele), respectă aceleași condiții de fiabilitate, durabilitate și siguranță ca și în restul structurilor de poduri, cu respectarea normativelor și codurilor de bună practică, atât condițiile de Eurocoduri pentru proiectare și calcul a diferitor tipuri de structuri, cât și anexele naționale ale acestora.

**17.3.1** În locurile de concentrare a fluxului pietonal pe drumurile din categoriile I - II, peste cursurile de apă, în interiorul gărilor și peste căile ferate, este necesar prevăzute poduri pietonale denivelate pentru traversarea părții carosabile a străzilor și drumurilor din localități.

**17.4** Spre deosebire de podurile rutiere, încărcările pe pasarețe sunt specifice traficului uman/pasagerii/călătorii, pentru care sarcina uniform distribuită  $q_{fk}$  se consideră o valoare nominală de  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Aceasta poate fi redusă în funcție de lungimea de încărcată ( $L$ ), dar nu mai puțin de  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

**17.4.1** În zonele urbane, podurile pietonale este necesar să fie proiectate cu elemente acoperite. Iluminarea pasarelelor pietonale este necesar să corespundă cerințelor NCM C.04.02. Ventilarea naturală a pasarelelor pietonale acoperite este necesar să fie asigurată în cazuri de necesitate.

**17.4.2** La proiectarea și construcția pasarelelor se permite de nu a prevedea iluminarea dacă aceasta este iluminată de la sol. În cazul în care pe pod sunt instalați stâlpi de iluminat, înălțimea acestora poate fi redusă dacă pasul de montare al lor este frecvent.

**17.5** Durata de viață proiectată pentru pasarele. În conformitate cu cap.2.3 din SM EN 1990 este minim de 100 de ani pentru elementele de rezistență.

**17.6** În cazul în care lățimea pasareleii este de 3 m sau mai mare și nu există scări pe accese, structurile portante este necesar proiectate pentru trecerea vehiculelor rutiere care deservesc podul în conformitate cu parametrii specificați în caietul de sarcini.

**17.7** Gabaritul și geometria platelajului pasarelelor pietonale este necesar proiectat în conformitate cu CP D.02.05.

**17.7.1** Lățimea utilă a pasarelelor se acceptă ca 2,50m pentru pasarele urbane cu flux bidirecțional, sau minim 1,50m în zone cu trafic redus.

**17.7.2** Pentru accesibilitatea persoanelor cu dezabilități, declivitatea longitudinală ideală este sub 5%, în cazul declivităților mai mari sunt necesare platforme de odihnă intermediare.

**17.7.3** Înălțimea parapetului pasarelei obligatoriu se adoptă de minim 1,10m (standard) sau 1,30-1,50m dacă pasarela este utilizată și de bicicliști.

**17.7.4** La proiectarea pasarelelor o importanță deosebită se acordă siguranței pietonilor, în toate cazurile dar și în cazul parcurilor și locurilor de agrement să se prevadă și accesul persoanelor cu dezabilități, a cărucioarelor și alte situații stabilite în caietele de sarcini.

**17.8** Sarcina concentrată  $Q_{fod}$ , este o forță de 10kN aplicată pe o suprafață pătrată de 0,10 m latură, pentru verificarea locală a platelajului.

**17.9** Forțe orizontale pentru determinarea pasarelelor, este o forță de frânare/demaraj de 10% din sarcina totală distribuită sau 60% din greutatea vehiculului de serviciu.

**17.10** Dacă pasarela este necesar să permită accesul vehiculelor de urgență (ambulanță, întreținere), se aplică un vehicul model conform specificațiilor proiectului (adesea o axă de 80 kN sau 120 kN).

**17.11** În cazul în care sunt stabilite în caietele de sarcini circulația pe carosabilul pasarelelor a bicicletei/trotinetelor sau a unui alt transport alternativ, acestea se vor separa fizic de suprafața de circulație a pietonilor, asigurând siguranța acestora.

**17.12** Pentru pasarelele metalice moderne cu deschideri mari, este adesea necesară instalarea de amortizoare de masă acordate (TMD - Tuned Mass Dampers) pentru a controla vibrațiile, chiar dacă structura îndeplinește condițiile de rezistență la Starea Limită Ultimă (SLU).

## **18 Pasaje subterane pietonale (galerii pietonale)**

**18.1** Amplasarea trecerilor de pietoni pe străzile și drumurile din zonele rezidențiale se stabilește în conformitate cu cerințele din CP D.02.11, în afara zonelor rezidențiale - NCM D.02.01.

**18.1.1** Proiectarea pasajelor sau galeriilor pietonale subterane conform normelor implică o trecere de la ingineria podurilor la ingineria structurilor îngropate și a spațiilor închise, unde prioritățile sunt hidroizolația, gabaritul de siguranță și managementul riscului la incendiu

**18.1.2** Spre deosebire de pasarele, pasajele subterane sunt supuse presiunii pământului și a apei freatice: - presiunea pământului conform SM EN 1991-4, calculul împingerii active și în repaus. Se iau în calcul și suprasarcini pe terenul adiacent (trafic rutier/feroviar deasupra pasajului/galeriei).

**18.1.3** Hidroizolația este elementul critic. Normele europene (SM EN) impun sisteme de drenaj și membrane impermeabile continue pentru a preveni infiltrațiile care pot degrada armătura.

**18.1.4** Lățimea utilă a pasajelor subterane este calculată în funcție de fluxul de pietoni (pers/min/m). Minimul acceptabil este de 3,00m pentru a permite circulația bidirecțională fluidă.

**18.1.5** Accesibilitate persoanelor cu dezabilități impune obligativitatea rampelor cu pantă de max. 5 - 8% sau instalarea obligatorie a lifturilor/scrăi rulante (escalator).

**18.2** Lățimea pasajelor subterane pietonale se determină în funcție de intensitatea estimată a traficului pietonal în orele de vârf. Lățimea benzii este necesar să fie de cel puțin 1 m, capacitatea benzii în pasajele subterane - 2000 persoane/oră, a rampelor pietonale - 1750 persoane/oră, a scărilor - 1500 persoane/oră. La atribuirea lățimii scărilor, lățimea rampei nu este necesar luată în considerare.

**18.3** Lățimea pasajului subteran pietonal nu este necesar să fie mai mică de 3 m. În zonele urbane, lățimea pasajului subteran nu este necesar să fie mai mică de 6 m. În cazuri justificate, este permisă luarea lățimii pasajului subteran de la 4 la 6 m. Dacă pasajul este echipat cu dispozitive pentru persoanele cu dezabilități, lățimea pasajului subteran este necesar să ia în considerare lățimea culoarului de trecere pentru persoanele cu dezabilități atunci când se calculează lățimea acestuia. Acesta nu este necesar să fie separat de balustrade.

**18.4** Înălțimea de liberă trecere în pasajul subteran pe scări și rampe (în limita grupurilor de intrare) nu este necesar să fie mai mică de 2,5 m în lumină. În cazul unor reparații sau reconstrucții capitale, se permite asigurarea unei înălțimi libere de înălțime mai mici a pasajului, dar nu mai mică de 2,3 m.

**18.5** Pasajele subterane este necesar construite pe o pantă longitudinală de la 0,5% la 4,0% pentru a asigura evacuarea apelor. În cazul în care nu este posibilă realizarea pantei longitudinale, este necesar prevăzută panta transversală a pavajului/îmbrăcăminte rutiere de la 0,2% la 0,5% cu amenajarea unei rigole de evacuarea apei de-a lungul structurii pasajului subteran.

**18.6** Scările este necesar proiectate în conformitate cu CP D.02.11. În cazul reparațiilor capitale și al reconstrucției trecerilor de pietoni existente, se permite păstrarea dimensiunilor existente ale scărilor și împărțirea acestora în rampe în funcție de numărul de trepte cu studiul de fezabilitate corespunzător, înălțimea și lățimea treptelor fiind aceleași pe întreaga lungime a scării.

**18.6.1** Contratreapta scării se realizează pe verticală, treapta scării - pe orizontală, cu o suprafață rugoasă, fără proeminențe deasupra treptei scării.

**18.7** Platformele în zonele de acces la scări este necesar delimitate pe o lățime de 1 m prin utilizarea de îmbrăcăminte care contrastează prin material, textura suprafeței și culoare cu îmbrăcămintea trotuarelor și ale traseelor pietonale.

**18.8** Scările și rampele este necesar să fie echipate pe ambele părți cu parapete prevăzute cu mână curentă dublă, amplasată la înălțimi de 0,9 m și 0,7 m, în conformitate cu normativul CP D.02.11. Lungimea mâinii curente este necesar să depășească lungimea rampei sau a scării cu cel puțin 0,3 m la fiecare capăt. Barele de sprijin este necesar să aibă un diametru cuprins între 0,03 m și 0,05 m sau o secțiune dreptunghiulară cu o grosime de maximum 0,04 m. Capetele balustradei este necesar să fie rotunjite sau îndoite spre perete/sol, iar în cazul amplasării paralele, acestea este necesar să fie conectate între ele.

**18.8.1** Scările din tunelurile pietonale, în locurile specificate în proiectul de arhitectură și planificare, este necesar dublate de rampe, adaptate pentru deplasarea persoanelor cu dezabilități pe scaune cu roțile, și adulților cu cărucioare pentru copii, care este necesar realizate în conformitate cu CP D.02.11 și CP C.01.13.

**18.8.2** Ascensoarele pentru persoanele cu dezabilități este necesar să fie prevăzute în baza studiilor de fezabilitate corespunzătoare.

**18.9** Pasajele/trecerile pietonale subterane este necesar să fie echipate cu sisteme de iluminat electric, de drenaj (drenarea apelor pluviale), de încălzire a zonelor de serviciu, de degivrare a treptelor, precum și cu sisteme de control automat (ACS) și sisteme automate de control și contorizare a energiei (AECMS) (dacă sunt disponibile condițiile tehnice ale organizației de exploatare), respectiv cu sisteme de monitorizare și siguranță.

**18.9.1** În acest scop, trecerile de pietoni este necesar să fie prevăzute cu spații pentru echipamentele electrice, sistemul de colectare și evacuare a apei, depozitarea echipamentelor de curățare, dispozitivele de încălzire pentru scări și rampe, precum și pentru personalul de serviciu. În cazul unei justificări adecvate în pasajele subterane pot fi proiectate facilitățile comerciale și de servicii.

**18.10** Scările și rampele pietonale este necesar amplasate în limitele trotuarelor și al fâșiilor peisagistice, ținând cont de direcția și intensitatea fluxurilor pietonale. Se permite instalarea scărilor încorporate în clădiri. Cu studii de fezabilitate corespunzătoare, pavilioanele vitrate (scări închise) pot fi instalate deasupra intrărilor, luând în considerare vizibilitatea în conformitate cu CP D.02.11.

**18.10.1** Scările deschise este necesar împrejmuite cu parapet și balustrade cu o înălțime totală de cel puțin 1,1 m de la suprafața pavamentului (inclusiv înălțimea parapetului este necesar să fie de 0,3-0,5 m). Pentru a proteja suprafețele, care sunt în limitele accesibilității pietonilor, este necesar aplicate elemente de protecție rezistente la vandalism.

**18.11** La proiectarea trecerilor subterane pentru pietoni din elemente prefabricate din beton armat, este necesar să se prevadă un strat de egalizare de 20 mm grosime pe planșeul pasajului, cu o pantă de la 1:10 la 1:20, realizat din beton clasa C20/25, iar pe pereți - șapă de egalizare realizată din mortar de ciment clasa M20, conform SM EN 998-2, sau alte materiale alternative cu minim aceleași proprietăți.

**18.11.1** Structurile pasajelor subterane este necesar protejate din exterior prin hidroizolarea cu materiale hidrofuge în role aplicate prin sudare. Stratul hidroizolant al planșeului și a fundului pasajului este necesar să fie adus la pereți pe o distanță de 500 mm.

**18.11.2** Hidroizolarea plăcii planșeului a pasajelor subterane pietonale este necesar protejată minim cu un strat de beton armat cu clasa betonului C20/25, F200, W6, rezultată din stabilirea claselor de expunere, conform SM EN 206, cu grosimea de 40 mm. Pentru armare este necesar utilizate plase metalice cu ochiuri din sârmă de armare S500 cu pasul de 100 × 100 mm. La rambleierea structurii pasajului protecția stratului hidroizolant a pereților împotriva deteriorării este necesar asigurată prin măsuri tehnologice.

**18.12** Pentru a asigura o trecere lină în limitele părții carosabile, pe platelajul pasajului subteran este necesar prevăzută o placă de intrare lină din beton armat monolit cu o grosime de cel puțin 100 mm, din beton cu clasa, rezultată din stabilirea claselor de expunere (XC, XD, XF, XA), conform SM EN 206 care este necesar să fie introdusă în spatele pereților pasajului în plan la o distanță de 2 metri în fiecare direcție. Betonul plăcii este necesar protejat cu mastic hidroizolant.

NOTĂ - Aici și în continuare în text, între paranteze sunt date notările în conformitate cu CP H.04.04, se recomandă, de asemenea, să se accepte în conformitate cu NCM F.02.02 și sursa [2].

**18.12.1** Structura îmbrăcăminte a părții pietonale a pasajului subteran este necesar să fie adoptată în conformitate cu CP D.02.05.

**18.13** Pentru pasaje subterane fiind și un spațiu închis, se aplică reglementări stricte privind siguranța vieții:

- rezistența la foc conform SM EN 1992-1-2, structura de beton este necesar să își păstreze integritatea sub acțiunea curbei de incendiu standard;
- sisteme de evacuare, distanța maximă până la o ieșire de urgență nu este necesar să depășească, de regulă, 30- 50m;
- materiale utilizate, finisajele (pardoseală, pereți) este necesar să fie incombustibile (Clasa A1/A2) și să nu emane fum toxic.

**18.14** În calitatea sa pasajul subteran pietonal va fi proiectat durabil dar și funcțional:

- este necesar să asigure un nivel minim de iluminat la nivelul pardoselei, cu iluminat de siguranță (anti-panică) funcțional minim 90 min în caz de avariere a pasajului;
- proiectarea rigolelor la intrări pentru a preveni inundarea pasajului în timpul ploilor torențiale;
- ventilația este necesar să fie naturală (prin accese) sau forțată, dacă pasajul este foarte lung sau conectat la rețele de galerii (ex: metrou), pentru a menține calitatea aerului.

## **19 Particularități de proiectare ale reconstrucției și reparației podurilor**

**19.1** Proiectarea se realizează pe baza unui raport de expertiză structurală, efectuat cu cel mult 6 luni înainte de începerea proiectării.

**19.2** Clasificarea și componența lucrărilor pentru reconstrucția și repararea podurilor rutiere se stabilesc în conformitate cu NCM D.02.01 și CP D.02.24.

**19.3** Pentru podurile de cale ferată, sarcinile și componența reparațiilor se stabilesc în conformitate cu CP D.03.01.

**19.4** Atunci când se decide înlocuirea unei structuri portante sau a unui element structural, este necesar luată în considerare rezistența reală a materialelor la momentul inspecției, gradul de coroziune a oțelului, prezența și amploarea proceselor distructive în beton, fezabilitatea economică și alți factori. Durata de viață a podului după reparația majoră/capitală trebui să fie de cel puțin 25 de ani.

**19.5** La proiectare este necesar luate în considerare gradul și adâncimea de carbonizare a betonului structural, pe baza cărora este necesar prevăzută o protecție secundară a betonului structural în conformitate cu NCM E.04.04 sau realizarea de noi straturi de beton de protecție.

**19.6** La proiectare este necesar luate în considerare conținutul de cloruri din betonul structurilor portante, care este necesar determinat în conformitate cu CP H.04.04.

**19.6.1** În cazul în care conținutul de cloruri din betonul structurii în exploatare depășește valoarea maximă admisibilă, astfel cum se specifică în NCM E.04.04 și SM EN 206:2013+A2:2021, structura este necesar înlocuită.

**19.7** La proiectarea reparațiilor structurilor de pod din oțel (tablere, piloni) exploatate timp de 50 de ani sau mai mult, este necesar să se determine compoziția chimică a oțelului, caracteristicile sale de rezistență și deformare, și să se stabilească indicatori de fragilitate ai rezistenței oțelului la rece.

**19.8** Atunci când este necesară creșterea capacității portante a podurilor rutiere și urbane, când lungimea tablierelor este mai mică de 24 m, este necesar utilizată o placă suprapusă monolitică din beton armat, combinată cu structurile existente ale tablierelor prin instalarea de ancore. Grosimea plăcii este determinată prin calcul.

**19.8.1** Pentru deschideri de 24 m și mai mari, pentru consolidarea structurilor este rezonabil să se utilizeze armături nemetalice (compozite) sub formă de armături externe sau alte soluții tehnice, fezabile din punct de vedere economic.

**19.9** În cazul podurilor rutiere și urbane, este necesar să se prevadă cel puțin suprastructuri continue (fără rosturi de dilatare termică); nu se vor utiliza suprastructuri secționate la proiectarea lucrărilor de reparații.

**19.10** Barierele de reținere de pe partea carosabilă și balustradele de reținere pentru pietoni este necesar să fie conforme cu cerințele NCM D.02.01, SM SR EN 1317 și CP D.02.05.

## 20 Criteriile de proiectare a pasajelor

**20.1** Proiectarea pasajelor se face în funcție de clasa tehnică a drumului, ținându-se seama de acțiunile și convoaiele la poduri descrise în cap.9 a prezentului normativ și cerințele SM EN1991-2.

**20.2** La realizarea pasajelor denivelate se va ține seama de traficul actual și de evoluția acestuia în perspectivă, de necesitatea asigurării fluentei și siguranței circulației și de eficiența tehnico-economică.

**20.3** Pe drumurile naționale și europene se vor prevedea pasaje denivelate la toate intersecțiile cu linii de cale ferată principale.

**20.4** Lățimea pasajelor se corelează cu lățimea platformei și a părții carosabile a drumului, precum și cu ecartamentul de cale ferată de 1520 mm sau 1435 mm.

**20.5** Modul de considerare în calcule a efectului acțiunii seismice se va face în concordanță cu CP D.02.05 și SM EN1998.

## 21 Racordarea podurilor cu rampele de acces

**21.1** La racordarea podurilor mari de cale ferată, pe o lungime de minim 10m de la zidul întors a culeei, platforma terasamentelor se va lărgi cu minim 0,5m față de lățimea podului.

**21.1.1** La racordarea podurilor rutiere, lățimea terasamentului minimă, este necesar să fie de lățimea dintre extradossul parapetelor pietonale plus 0,5 m pentru fiecare parte. Lățimea îmbrăcămintei rutiere pe sectorul căilor de acces este necesar să fie egală cu lățimea părții carosabile de pe pod. În caz de necesitate trecerea de la lățimea mărită a acceselor la lățimea carosabilului de pod este necesar să fie lină și să fie efectuată pe o lungime de cel puțin 20 m, cu o convertire nu mai mare de 1:10.

**21.2** În locurile unde terasamentele sunt racordate la culeele podurilor de cale ferată cu prisma de balast, este necesar să se prevadă măsuri pentru a reține prisma de balast.

**21.3** La joncțiunea podurilor rutiere cu terasamentele este necesar să fie prevăzute plăcile de racordare din beton armat. Lungimea plăcilor este necesar să fie determinate în funcție de condițiile existente și atribuită în conformitate cu tabelul 21.1.

**Tabelul 21.1 - Lungimea plăcilor de racordare pentru solurile din talpa terasamentelor**

| Înălțimea<br>rambleului, m | Lungimea plăcilor de racordare pentru racordarea terasamentelor și carosabilului,<br>raportate la categoria de drum pe care este amplasat podul, m |     |                    |                                     |     |                    |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|-------------------------------------|-----|--------------------|
|                            | pentru soluri cu compactare dificilă                                                                                                               |     |                    | pentru soluri cu compactare normală |     |                    |
|                            | categoria tehnică de drum                                                                                                                          |     |                    | categoria tehnică de drum           |     |                    |
|                            | I, II                                                                                                                                              | III | IV, V și mai joasă | I, II                               | III | IV, V și mai joasă |
| sub 2                      | 4                                                                                                                                                  | 4   | 4                  | 6                                   | 4   | 4                  |
| peste 2 sub 4              | 6                                                                                                                                                  | 4   | 4                  | 6                                   | 6   | 4                  |
| peste 4 sub 5              | 6                                                                                                                                                  | 6   | 4                  | 6                                   | 6   | 4                  |
| peste 5 sub 6              | 6                                                                                                                                                  | 6   | 4                  | 8                                   | 8   | 6                  |
| peste 6 sub 7              | 8                                                                                                                                                  | 6   | 6                  | 8                                   | 8   | 6                  |
| peste 7 sub 8              | 8                                                                                                                                                  | 8   | 6                  | 8                                   | 8   | 6                  |
| peste 8                    | 8                                                                                                                                                  | 8   | 8                  | 8                                   | 8   | 8                  |

NOTĂ - Solurile cu compactare dificilă includ soluri stâncoase, clastice grosiere și nisipoase, nisipuri argiloase dure și semidure, argile nisipoase și argile cu indice de fluiditate mai mic de 0,25; solurile cu compactare normală includ nisipuri argiloase, argile nisipoase, etc., cu indice de fluiditate mai mare de 0,25.

**21.3.1** Lungimea plăcilor de racordare pentru orice tip de racordare este necesar să fie de cel puțin 4 m, pentru lungimi mai mici este necesară o argumentare tehnică. În cazul când placa de racordare se amplasează pe pernuta de balast, cota de amplasare este necesar să fie sub nivelul adâncimii de îngheț.

**21.3.2** Întreaga suprafață a pernei de balast de sub patul longrinei este necesar să fie așezată pe soluri drenante ( $V_{\text{dren}} \geq 2m/zi$ ) sau sub cota adâncimii de îngheț. În cazul pernelor executat din piatră spartă concasată, perna este necesar construită prin metoda de împănare a pietrei concasate în conformitate cu SM SR EN 13450, stratul inferior cu grosimea de 50 mm este îndesat în sol prin batere.

**21.4** La racordarea structurilor de pod la terasamentele căilor de acces, este necesar îndeplinite următoarele cerințe:

a) după poziționarea terasamentului și a sfertului de con, partea de culee sau de consolă (la podurile rutiere) este necesar să intre în sfertul de con cu cel puțin 0,75 m - la înălțimi ale terasamentului de până la 6 m și cu cel puțin 1 m - la înălțimi ale terasamentului de peste 6 m (calculată de la partea superioară a sfertului de con la nivelul muchiei platformei drumului, până la marginea structurii racordată cu terasamentul);

b) declivitățile taluzurilor sfertului de con este necesar să se extindă mai jos de bancheta cuzineților (în planul zidului întors) sau sub partea superioară a aripilor culeii, care delimitează partea zidurilor întoarse cu cel puțin 0,5 m pentru podurile feroviare, și cu cel puțin 0,4 m pentru podurile rutiere. Partea inferioară a sfertului de con în cazul culeelor nerambleiate/ neîncate nu este necesar să depășească marginea frontală a culeei. Linia de intersecție a suprafeței conului cu fața frontală a culeei podului este necesar să fie situată la cel puțin 0,50 m deasupra nivelului inundabil proiectat (fără retenție și înaintarea de valuri);

c) taluzurile sferturilor de con culeelor nerambleiate sunt necesare a avea declivități nu mai mari de 1:1,25 pentru primii 6 m, de la partea superioară până la baza terasamentului, și nu mai mari de 1:1,5 pentru următorii 6 m. depășirea declivităților sferturilor de con cu o înălțime de 12 m sau mai mare este necesar determinată prin calculul stabilității sfertului de con (cu verificarea solului de fundare) și nu este necesar să fie mai mică de 1:1,75 în cadrul întregului sfert de con sau către o declivitate mai lină a acestuia;

d) declivitățile sferturilor de con pentru terasamentele culeelor rambleiate, a culeelor structurilor de poduri pe cadre, a podurilor cu infrastructuri flexibile (pe stâlpi și piloți), precum și pentru toate podurile în limita inundabilității de calcul, este necesar executate cu pante care să nu fie mai mari de 1:1,5, pentru înălțimi ale rambleelor de 12 m sau mai mari, declivitățile este necesar să fie determinate prin calcule de stabilitate (cu verificarea fundației).

Cerințele din prezentul alineat se aplică construcției sfertului de con executat din sol nearmat. La realizarea de pante mai abrupte și pentru culeele nerambleiate ale podurilor se vor utiliza sistemele de sol armat.

**21.5** Umplerea cu pământ a sferturilor de con și a terasamentelor din spatele culeelor de pod, pe o lungime de suprafață nu mai mică decât înălțimea terasamentului din spatele culeei plus 2 m, și inferior (la nivelul suprafeței naturale a solului) - nu mai puțin de 2 m, este necesar să fie prevăzută din nisip sau alt sol drenant cu coeficient de filtrare (după compactare) nu mai mic de 2 m/zi, sau utilizate alte structuri de drenaj.

Umplutura de drenaj este necesară să fie racordată cu platforma drumului de acces cu o pantă de cel mult 1:1. Racordarea cu platforma drumului existent, urmează să fie realizată în trepte de cel mult 1 m înălțime.

**21.6** Taluzurile sferturilor de con de la poduri și pasaje este necesară să fie consolidate pe înălțimea totală. Tipurile de consolidări pentru taluzuri, pindenii de la talpa sferturilor de con și terasamentelor aflate în limitele de inundabilitate la accese, precum și pentru taluzurile structurilor de regularizare, este necesară atribuite în funcție de declivitatea acestora, de condițiile de debaraj, de impactul valurilor și de debitul apei la viteze corespunzătoare debitelor maxime în timpul inundațiilor: cea mai mare - pentru podurile de pe rețeaua feroviară generală; de proiectare - pentru alte poduri. Cotele superioare ale consolidărilor este necesară să fie mai mari decât nivelurile apei corespunzătoare inundațiilor menționate mai sus, luând în considerare retenția și înaintarea valurilor pe terasament, m, nu mai puțin de:

- a) 0,50 - pentru podurile mari;
- b) 0,25 - pentru podurile mijlocii și mici.

## 22 Evacuarea apelor

**22.1** Prima măsură de protecție a podului împotriva infiltrațiilor de apă este asigurarea scurgerii și evacuării rapide a apei de pe pod. În acest scop partea carosabilă și trotuarele sunt prevăzute cu pante transversale care asigură colectarea apei lângă bordură.

**22.1.1** Partea carosabilă și alte suprafețe ale structurilor (inclusiv trotuarele) pe care poate nimeri apă, este necesară proiectată cu o pantă transversală de cel puțin 2,0% -2,5% și ținând seama de cerințele NCM D.02.01.

**22.1.2** Declivitățile proiectate în prismele de balast ale podurilor de cale ferată este necesară să fie de cel puțin 3,0%.

**22.1.3** Declivitatea longitudinală a suprafeței părții carosabile pe podurile rutiere nu este necesară să fie mai mică de 0,5%, pentru care declivitatea transversală nu este necesară să fie mai mică de 2,5%. Atunci când declivitatea longitudinală depășește 1,0%, este permisă reducerea declivității transversale, dar nu mai mică de 2,0%.

**22.2** Apa de pe suprafața părții carosabile și a trotuarelor este necesară să fie evacuată:

a) pentru lungimea de captare a apei până la 50 m, pe declivitatea longitudinală, de-a lungul parapetului (soclului sub bordură sau barieră, parapet), evacuarea apei se va planifica prin rigole (te tip telescopice) de evacuare transversale, amplasate pe sferturile de con;

b) în cazul unei lungimi de captare mai mare de 50 m și declivități de la 0,5% - 1,0%, evacuarea apei prin tubulaturi de coborâre, în locurile amplasării pilelor (culeelor);

c) pentru declivități longitudinale de la peste 1,0%, și pentru podurile cu lungimi peste 50m, evacuarea apei se face prin guri de scurgere, cu mărirea locală a pantei în zona respectivă, astfel ca grătarul să fie cu 2-3 cm mai jos decât nivelul îmbrăcămintei, instalate cu pasul de 6 - 12 m;

**22.2.1** Numărul de guri de scurgere și suprafața grătarului de captare a apei se determină în funcție de suprafața de pe care se colectează apă și panta longitudinală a căii, conform metodologiilor de calcul definite de normele în vigoare.

**22.2.2** Nu este permisă evacuarea neorganizată ale apei de pe suprafețele carosabile și trotuare pe întreaga sa lungime de pod.

**22.3** Apa din dispozitivele de evacuare nu este necesară să nimerască pe elementele infrastructurii, precum și pe liniile de cale ferată, partea carosabilă și trotuarele drumurilor, situate sub pasajele superioare, ele este necesară să fie captate, evacuate și direcționate în afara zonelor de acțiune a elementelor de pod, în sisteme pluviale sau mini stații de epurare.

**22.4** Atunci când apa de pe suprafața podului se evacuează prin rigole transversale, în zona sferturilor de con este necesară amenajată un casiu de captare din beton, orientat în direcția transversală a podului.

**22.4.1** Rigolele telescopice transversale de pe terasamentele de acces este necesar să fie amplasate imediat în spatele aripilor culeei. În acest caz alimentarea cu apă a rigolei telescopice este necesar să fie organizată între peretele întors al culeei și rigolei, iar acostamentul este necesar să fie consolidat împotriva afuierii.

**22.4.2** În cazul în care, supratructura podului este situată în pantă, pe căile de acces din amonte, conform debitelor de calcul, este necesar să fie amenajată cu casii și rigole transversale (una sau două cu un pas de 10 m) care vor capta apele, acoperite cu placă de grilă (trape), și care vor descarcă apa în rigolele telescopice situate pe taluzurile căilor de acces.

**22.4.3** Pe structura traveei este necesar instalat un sistem de drenaj, care să includă tuburi de drenaj longitudinale și transversale, tuburi de drenaj distanțate la 6 - 9 m. În cazul în care există un sistem de drenaj, iar declivitatea este mai  $\geq 2,0\%$ , tuburile de drenaj transversale pot fi excluse.

**22.4.4** Tuburile de drenaj este necesar amplasate în grosimea stratului de protecție sau a stratului inferior al îmbrăcămintei rutiere. Materialul tuburilor de drenaj este necesar să fie poros și să aibă o rezistență corespunzătoare de la acțiunile de transport și alți factori agresivi. Tuburile de drenaj este necesar să fie combinate și aliniate cu direcția gurilor de evacuare, și amplasate între ele.

**22.4.5** Tuburile de drenaj este necesar executate pe o lățime de 100 - 200 mm în direcțiile transversală, longitudinală și diagonală. Partea superioară a tuburilor de drenaj este necesar să fie la nivelul părții superioare a hidroizolației.

**22.4.6** Sistemele de drenaj longitudinale se amplasează în zonele concave ale dalei părții carosabile, în locurile de ruptură a profilului transversal, în soclurile de sub parapete, în direcția transversală - lângă marginile de beton din fața rosturilor de dilatație. Tuburile diagonale sunt realizate pe tablurile largi și pe tablurile situate într-o curbă.

**22.4.7** Pentru a preveni umezirea suprafețelor inferioare ale structurilor din beton armat și beton (plăci în consolă ale grinzilor marginale, blocuri de trotuar, capete de piloni etc.), este necesar să se dispună pe acestea cornișe de protecție și lăcrimare.

**22.5** Gurile și tuburile de evacuare este necesar să fie de un diametru interior de cel puțin 150 mm. Tuburile de evacuarea apelor de drenaj este necesar să fie de un diametru de cel puțin 40 mm.

**22.5.1** Tuburile de evacuare din prisme de balast a podurilor feroviare, este necesar să fie amenajate la o rată de cel puțin 5 cm<sup>2</sup> de secțiune transversală a tubului la 1 m<sup>2</sup> de suprafață de captare.

**22.5.2** Distanțele dintre tuburile de drenaj de pe partea carosabilă a podurilor rutiere nu este necesar să fie mai mari de 6 m de-a lungul traveei cu o pantă longitudinală de până la 0,5% și 12 m pentru pante de la 0,5 la 1,0%. Pe declivități mai mari, distanța dintre tuburi poate fi mărită.

**22.5.3** Tuburile de evacuare și drenare este necesar instalate în timpul betonării structurii. Hidroizolarea este necesar să fie introdusă în pâlnia tubului și prinsă de cuva de admisie a apei. Construcția gurilor și tuburilor este necesar să permită demontarea și curățarea lor rapidă și ușoară.

**22.5.3.1** Grătarul este rabatabil și asigură protejarea tubului de evacuare împotriva înfundării. Pâlnia de evacuare se fixează în poziția dorită înainte de betonarea suprastructurii. Marginile hidroizolației se introduc între pâlnia de evacuare și rama grătarului. Pentru evacuarea apelor infiltrate pe suprafața hidroizolației, sunt prevăzute orificii în rama grătarului la nivelul racordării hidroizolației.

**22.6** În cazul ambundenței apelor de suprafață din căile de acces, se vor prevedea dispozitive pentru devierea acestora în afara terasamentelor.

## **23 Edificii și structuri pentru exploatarea și întreținerea podurilor**

**23.1** Toate suprafețele vizibile ale suprastructurii și infrastructurii podurilor este necesar să fie accesibile pentru inspecție și întreținere. În acest scop, este necesar amenajate punți, trape, scări, balustrade (cu o înălțime de cel puțin 1,10 m), dispozitive speciale de inspecție, precum și elemente încorporate pentru suspendarea schelelor temporare.

**23.1.1** La podurile cu tabliere din grinzi și aparate de reazem mobile, este necesar prevăzute condiții pentru efectuarea de lucrărilor de ajustarea poziției, repararea sau înlocuirea aparatelor de reazem (în limita riglelor sau a banchetei cuzeșilor).

**23.2** La fiecare capăt al podului, dacă înălțimea terasamentului este mai mare de 2 m pentru structurile feroviare și mai mare de 4 m pentru structurile rutiere, se construiesc scări de acces permanente cu lățimea de cel puțin 0,75 m, amplasate pe taluzurile rambleelor de acces.

**23.3** Pe podurile de cale ferată și pe pasajele de tip tunel, atunci când lungimea acestora depășește 50m, este necesar prevăzute platforme de refugiu eșalonate la nivelul liniei/căii feroviare, la intervale de 50 m din fiecare parte a căii/liniei. Atunci când lungimea podului este de până la 100 m, platformele de refugiu pot fi dispuse câte una pe fiecare parte a a căii/ liniei.

**23.3.1** Pe căile ferate la care viteza trenului depășește 120 km/h, distanța dintre platformele de refugiu nu este necesar să fie mai mare de 25 m.

**23.4** În timpul construcției și reconstrucției podurilor este necesar proiectate și implementate măsuri menite să asigure nivelul necesar al securității la incendiu a structurii în conformitate cu CP D.03.01. Aceste activități este necesar să includă:

- a) justificarea soluțiilor tehnice pentru planul general;
- b) justificarea și prevederea limitelor de rezistență la foc cerute și clasele de pericol crescut ale structurilor de construcții utilizate;
- c) soluții tehnice pentru prevenirea aprinderii debitelor de lichide ușor inflamabile și inflamabile pe partea carosabilă a structurilor de pod, precum și în spațiul de sub pod;
- d) soluții tehnice menite să asigure condiții pentru stingerea eficientă al incendiului;
- e) soluții tehnice pentru asigurarea securității la incendiu a clădirilor, structurilor și incintelor situate în spațiul de sub pod;
- f) măsuri organizatorice și tehnice destinate prevenirii situațiilor de urgență cu pericol de incendiu.

**23.5** Utilizarea funcțională a spațiului de sub pod, în limita cadrului proiecției și securității podului, este necesar să fie justificată în proiectul structurii. În cadrul proiectului se dezvoltă măsuri tehnologice, tehnico - sanitare, de stingerea incendiilor și alte compartimente, determinate de specificul instalației, precum și de legislația în vigoare.

**23.5.1** În limita spațiului de sub pod sunt interzise amenajarea de construcții capitale și edificii, destinate pentru păstrare și comerț a materialelor inflamabile, explozibile, chimice, depozitarea de materiale cu conținut de cloruri, și altele similare, cu risc sporit de afectare a elementelor de rezistență a podurilor. Precum și activități economice precum: stații de alimentare cu petrol, vulcanizări, spălătorii, și alte activități similare.

**23.5.2** Distanța minimă de amplasare a construcțiilor și edificiilor cu risc sporit asupra durabilității și securității podurilor, se va determina după o evaluare a zonelor de influență și protecție, conform directivei uniunii europene Directiva 2022/2557, SM EN 1991-1-7 și ISO 31000, după cum urmează:

- a) pentru instalațiile de gaze și combustibili, de la 50m până la 100m, raportat la categoria tehnică de drum pe care este amplat podul;
- b) pentru celelalte construcții civile, industriale și agricole, de la 20m până la 50m, raportat la categoria tehnică de drum pe care este amplat podul, pentru care sunt restricționate activități care implică vibrații sau depozite de deșeuri;
- c) în cazul podurilor amplasate pe automagistrale, zona de protecție este determinată de distanțe nu mai mici de 100m.

**23.6** Toate structurile metalice ale structurilor de pod este necesar să fie legate cu sistem de paratrăsnet la pământ cu condiția:

- a) amplasării cablurilor de alimentare pe structură;
- b) locației la o distanță mai mică de 5 m față de rețeaua de contacte de curent continuu și la mai puțin de 10 m de rețeaua de contacte de curent alternativ;

**23.6.1** De asemenea, este necesar legate cu paratrăsnet la pământ structurile din beton armat și din beton care, susțin rețeaua de contact.

**23.7** La proiectarea pasajelor și a podurilor pietonale peste șinele căilor ferate electrificate, este necesar prevăzută instalarea de împrejmuire și scuturi verticale de siguranță (grile) cu înălțime de 2,0 m. Este permisă utilizarea de scuturi orizontale (plase) de cel puțin 1,5 m lungime pe fiecare parte a podului.

**23.8** Montarea conductelor de petrol, a conductelor de produse petroliere și a liniilor electrice de înaltă tensiune (tensiune peste 1000 V) este interzis pe toate podurile. În plus, nu sunt permise pe poduri conductele de gaz, conductele de canalizare și conductele de apă.

**23.8.1** Cu un studiu special de fezabilitate pe podurile rutiere și pietonale în limita localităților, cu structuri tip cadru sau în arc fără articulații, este permisă pozarea în conducte de oțel a rețelelor de încălzire, a liniilor de alimentare cu apă, a canalizării sub presiune și a conductelor de gaz cu o presiune de lucru de cel mult 0,6 MPa.

**23.8.2** În toate cazurile, este necesar prevăzute măsuri pentru asigurarea siguranței podului, precum și a continuității și siguranței circulației de-a lungul acestuia în cazurile de avariere și deteriorări ale conductelor și cablurilor. Pentru aceasta, pe podurile de cale ferată și pe toate celelalte poduri mari, liniile electrice și comunicațiile este necesar să dispună de dispozitive pentru a opri aceste linii și comunicații pe ambele părți ale podului, sunt recomandate sistemele automatizate de siguranță.

**23.8.3** În cazuri justificate, pe podurile rutiere din localități, este permisă pozarea liniilor de cabluri electrice de înaltă tensiune, cu condiția să fie asigurată siguranța lucrărilor la întreținerea curentă și periodică, reparație și reconstrucție a podului.

**23.8.4** Pozarea liniilor de cablu cu ulei și a liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune nu este permisă pe toate tipurile de poduri.

**23.9** Podurile este necesar să dispună de dispozitive de trecere a liniilor de comunicație, prevăzute pe acest drum și alte comunicații, permise pentru această structură.

**23.9.1** Pentru pozarea țevelor și cablurilor este necesar prevăzute elemente structurale speciale (console exterioare, diafragme transversale, umerase exterioare etc.) care să nu împiedice lucrările de rutină de reparații și întreținere.

**23.9.2** Pozarea comunicațiilor sub dalele de trotuar și pe banda de separare este permisă cu condiția, ca atât structurile de comunicații, cât și podurile să fie protejate împotriva deteriorării în timpul funcționării. În cazul pozării comunicațiilor în cavități închise ale blocurilor sub dale de pavaj, este necesar să se instaleze hidroizolații și orificii pentru drenaj în acestea.

**23.10** Podurile de cale ferată și rutiere cu partea carosabilă combinată (pentru deplasarea nesimultană a vehiculelor feroviare și fără șine) este necesar să fie împrejmuite pe ambele părți cu semnale de acoperire, situate la o distanță de cel puțin 50 m de intrările în acestea.

**23.10.1** Podurile de cale ferată cu o singură cale de pe tronsoane cu cale dublă ale liniei, este necesar protejate prin puncte de siguranță fără fund (de prindere) sau dispozitive de barieră a căii.

**23.10.2** Pentru podurile feroviare mari, este necesar să se prevadă instalarea de bariere și alarme de avertizare, precum și dispozitivelor de control și dimensionare, în conformitate cu normele actuale pentru funcționarea tehnică a căilor ferate.

**23.10.3** Traveele de pe podurile peste căi navigabile este necesar să fie echipate cu semnale iluminate pentru nave.

**23.11** Pentru a exclude depășirea nivelurilor maxime admisibile de zgomot, pe podurile din zonele populate este necesar instalate ecrane de protecție împotriva zgomotului (acustice) sau este necesar prevăzute alte măsuri constructive.

**23.12** În apropierea podurilor mari de cale ferată, precum și a podurilor rutiere și urbane cu lungimea de peste 200 m, este necesar prevăzute spații cu o suprafață de 16 - 25 m<sup>2</sup> pentru întreținerea acestora și, în plus, în cazuri justificate, spații pentru alte servicii de mentenanță.

**23.12.1** Pe podurile mari de cale ferată, pentru a mecaniza lucrările de întreținere și reparații de rutină, este necesar să se prevadă instalarea liniilor de alimentare cu aer comprimat și apă, precum și a liniilor longitudinale de alimentare cu energie electrică cu puncte de captare a curentului.

**23.13** Pe poduri, în imediata vecinătate a benzilor de circulație se pot amplasa instalații anexe cum sunt: parapete direcționale (de siguranță), stâlpi de iluminat, stâlpi pentru telecomunicații, conducte pentru transportul utilităților sau cabluri electrice, rețele de transport electric urban, și altele, pentru stabilirea lățimii de pod și a gabaritului de circulație este necesar avute în vedere lățimile acestor instalații, dar și spațiul de siguranță între benzile de circulație.

## **24 Date privind natura terenului de fundare la poduri**

**24.1** Terenul de fundare. La proiectarea geotehnică a podurilor se va lua în considerație condițiile SM EN 1997, a anexelor naționale și amendamentele acestora.

**24.2** Terenul de fundare constituie suportul construcțiilor și reprezintă volumul de rocă sau de pământ influențat de încărcările transmise de fundații.

**24.3** Terenul de fundare poate fi alcătuit din roci compacte sau din pământuri (roci dezagregate). În unele cazuri terenul de fundare este alcătuit din materiale de umplutură artificiale.

**24.4** Rocile compacte sunt roci eruptive, metamorfice sau sedimentare cu legături puternice între particulele minerale, alcătuind masive continue sau fisurate.

**24.5** În funcție de rezistența la compresiune axială în stare saturată rocile compacte pot fi stâncoase sau semistâncoase.

**24.6** Pământurile se clasifică în două categorii: pământuri necoezive și pământuri coezive.

**24.7** În funcție de granulozitate pământurile necoezive se clasifică în:

- blocuri
- bolovăniș
- pietriș
- nisip cu pietriș
- nisip mare
- nisip mijlociu
- nisip fin

**24.8** Pământurile coezive se clasifică în funcție de plasticitate și granulozitate în :

- argilă grasă
- argilă
- argilă prăfoasă
- argilă nisipoasă
- argilă prăfoasă-nisipoasă
- praf argilos
- praf
- praf nisipos
- nisip argilos
- nisip prăfos

**24.9** Caracteristicile geotehnice ale terenului de fundație. Datele referitoare la caracteristicile geotehnice ale terenului de fundare sunt prezentate într-un studiu geotehnic elaborat de către o entitate specializată în domeniu.

**24.10** Conținutul studiului geotehnic, programul și volumul lucrărilor de cercetare a terenului precum și nomenclatorul minimal de încercări de laborator și pe teren se stabilesc în conformitate cu SM EN 1997 dar și a cerințelor normative și codurilor de practică specifice domeniului aprobate, descrise în caietele de sarcini pentru studiul geotehnic de către managerul șef de proiect.

**24.11** Studiul geotehnic se încheie cu concluzii asupra rezultatelor cercetărilor efectuate și cu indicații referitoare la:

- stabilitatea terenului;
- amplasamentul și sistemul constructiv recomandabile;
- adâncimea și sistemul de fundare recomandabile;
- valorile de calcul ale caracteristicilor geotehnice și hidrologice ale straturilor terenului de fundare;
- capacitatea portantă;

- deformațiile probabile ale terenului de fundare (absolute și relative);
- măsuri pentru execuție și exploatarea construcției, impuse de condițiile de teren și, în special, cele legate de apa subterană, și de urmărirea tasărilor în timp.
- necesitatea epusmentelor și modul de realizarea a acestora;
- încadrarea terenului în categoriile prevăzute de reglementările specifice referitoare la lucrările de terasamente.

#### **24.11.1 Anexele studiului geotehnic vor consta din:**

- planuri de situație ale amplasamentului, cu indicarea poziției lucrărilor de cercetare și a construcțiilor proiectate;
- hărți cu particularitățile geologice - tehnice geofizice și hidrogeologice ale amplasamentului sau ale regiunii respective;
- profile geologice;
- fișe de stratificație cuprinzând și rezultatele analizelor de laborator;
- calcule ale deformațiilor probabile și diagrame compresiune-tasare;
- bulletine de analize hidrochimice.

## **25 Fundații și determinarea solurilor de fundare**

### **25.1 Dispoziții generale**

**25.1.1** Terenurile de fundare și fundațiile podurilor este necesar proiectate în conformitate cu cerințele NCM E.02.02 și ale prezentei secțiuni.

**25.1.2** Clasificarea solurilor terenurilor de fundare este necesar făcută în conformitate cu SM EN ISO 14688-1 și SM EN ISO 14688-2.

**25.1.3** Valorile normative și de calcul ale caracteristicilor fizice și mecanice ale materialelor utilizate pentru fundații, este necesar să îndeplinească cerințele din capitolele 29, 30 și 31.

### **25.2 Determinari și calcule a solurilor de fundare**

**25.2.1** Solurile de fundare și fundațiile podurilor în conformitate cu cerințele capitolului 10 și SM EN 1997 este necesar calculate în baza a două grupări de stări limită:

- a) pentru prima grupare - privind capacitatea portantă a terenurilor de fundare, stabilitatea la răsturnare și forfecare, rezistența și stabilitatea structurilor fundațiilor;
- b) pentru a doua grupare - privind deformările terenurilor de fundare și fundațiilor (tasări, înclinări, deplasări orizontale), rezistența la fisurare a structurilor de fundație din beton armat.

**25.2.2** Efectul de poziționare al apei asupra straturilor de sol și a elementelor podului situate sub nivelul apei de suprafață sau freatică, este necesar luat în considerare în calculele pentru capacitatea portantă a fundațiilor și pentru stabilitatea poziției fundațiilor, în cazul, în care fundațiile sunt așezate în nisipuri, argile nisipoase, nămoluri. Pentru fundațiile turnate/ așezate pe soluri argiloase, argile tari și stâncoase, este necesar luat în considerare efectul de poziționare al apei în cazurile în care aceasta creează condiții de proiectare mai nefavorabile.

**25.2.3** Pentru terenurile de fundare din soluri coezibile sub fundațiile de mică adâncime, calculate fără luarea în considerare a înglobării, poziția rezultantei sarcinilor de calcul (în raport cu centrul de greutate al amprenteii fundațiilor), caracterizate prin excentricitatea relativă, este necesar să fie limitată la valorile specificate în Tabelul 25.1.

**25.2.3.1** Atunci când înălțimea rambleului de acces este mai mare de 12 m, poziția echilibrului de sarcină la nivelul tălpii fundațiilor culeelor, este necesar verificată ținând seama de presiunea verticală exercitată de greutatea părții adiacente a rambleului. În acest caz, excentricitatea relativă față de deschidere nu este necesar să fie mai mare de 20 % din cea indicată în Tabelul 25.1.

**25.2.3.2** În cazul în care excentricitatea relativă este mai mare decât o unitate, presiunea maximă a tălpii de fundație asupra terenului de fundare este necesar determinată pe baza unei diagrame de formă triunghiulară trasate în limitele părții compresibile a terenului de fundare.

**Tabelul 25.1 - Cea mai mare excentricitate relativă**

| Amplasarea podurilor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Cea mai mare excentricitate relativă $e_0/r^*$ pentru |                                                                         |                               |                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | pile sub acțiunea                                     |                                                                         | culee sub acțiunea            |                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | numai a sarcinilor permanente                         | sarcinilor permanente și temporare în cea mai dezavantajoasă combinație | numai a sarcinilor permanente | sarcinilor permanente și temporare în cea mai dezavantajoasă combinație |
| Pe rețeaua generală de căi ferate și a întreprinderilor industriale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,1                                                   | 1,0                                                                     | 0,5                           | 0,6                                                                     |
| Pe drumuri (inclusiv drumurile întreprinderilor industriale și de exploatare agricolă), pe străzi și drumuri în orașe, localități și așezări rurale:<br>mari și medii<br>mici                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,1                                                   | 1,0                                                                     | 0,8                           | 1,0<br>1,2                                                              |
| <p>*Excentricitatea <math>e_0</math> și raza centrului secțiunii transversale a fundației <math>r</math>, m (la talpa fundației) se determină conform formulelor:</p> $e_0 = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \text{ și } r = \frac{M_{Rd}}{A}$ <p>unde,<br/> <math>M_{Ed}</math> - momentul încovoietor forțelor care acționează față de axa centrală principală a tălpii fundației, kN m;<br/> <math>V_{Ed}</math> - forța verticală totală de calcul, kN;<br/> <math>M_{Rd}</math> - momentul de rezistență al tălpii de fundație pentru latura mai puțin încărcată, kN, (SM EN 1992-1-1);<br/> <math>A</math> - aria tălpii fundației, m<sup>2</sup>.</p> |                                                       |                                                                         |                               |                                                                         |

**25.2.4** Capacitatea portantă a terenului de fundare sub talpa fundațiilor de mică adâncime sau a fundațiilor cu chesoane deschise/cu puțuri atunci când pilele sau culeele se calculează separat pentru sarcinile temporare de lungă și de scurtă durată, care acționează de-a lungul și de-a latul podului, este necesar să îndeplinească condițiile:

$$p \leq \frac{R}{\gamma_n}, \quad p_{\max} \leq \frac{\gamma_c R}{\gamma_n},$$

în care,

$p, p_{\max}$  - presiunea medie și respectiv maximă a tălpii de fundație pe terenul de fundare, kPa;

$R$  - rezistența de calcul al terenului de fundare din soluri ne-stâncoase sau stâncoase la compresiune axială, kPa;

$\gamma_n$  - coeficientul de fiabilitate privind destinația construcției; se ia egal cu 1,4;

$\gamma_c$  - coeficient al condițiilor de lucru; se ia egal cu:

1,0 - la determinarea capacității portante a fundațiilor nestâncoase;

1,2 - la determinarea capacității portante a fundațiilor stâncoase/din rocă în toate cazurile, și a fundațiilor nestâncoase în anumite cazuri speciale vezi SM EN 1997 și anexele acestora.

**25.2.5** În calculele capacității portante a fundațiilor de mică adâncime și a fundațiilor alcătuite din chesoane deschise, tensiunile care apar în solul de sub tălpile acestora de la sarcinile temporare (luând în considerare factorii de combinație corespunzători) este necesar determinate separat de-a lungul și de-a latul axei podului, iar cea mai nefavorabilă dintre aceste tensiuni este necesar însumată cu tensiunile de la sarcinile verticale permanente și temporare de scurtă și de lungă durată. În cazul fundațiilor pe piloți, eforturile care apar în piloți din cauza sarcinilor descrise, care acționează în toate direcțiile axei podului este necesar însumate.

**25.2.6** În calculele privind solul și materialele fundațiilor structurilor pe piloți și ale fundațiilor cu chesoane deschise (cu excepția calculelor privind capacitatea portantă a terenurilor de fundare), ca suprafață de calcul a terenului se va lua după cum urmează: pentru fundațiile de culei - suprafața naturală a terenului; pentru fundațiile pilelor intermediare - suprafața terenului la pile la nivelul de tăiere (nivelare) sau de eroziune locală, la debitele de proiectare și la cele mai mari (pentru calculele încărcărilor de proiectare (extreme) și, respectiv, operaționale).

**25.2.6.1** În cazul culeelor și pilelor intermediare cu fundații pe piloți, radierul cărora se află deasupra solului, iar piloții sunt poziționați printr-o parte umplută sau realizată prin hidromecanizare a rambleului, aria de calcul a solului este necesar luată cu considerarea înglobării piloților în această parte a rambleului.

**25.2.7** Capacitatea portantă a unui pilot izolat în soluri supuse unui efort axial de compresiune sau de smulgere este necesar determinată în conformitate cu NCM E.02.02.

**25.2.8** Capacitatea portantă a terenului de fundare la nivelul părții inferioare a piloților este necesar verificată ca pentru o fundație fictivă în conformitate cu NCM E.02.02 și SM EN 1997.

**25.2.8.1** Această verificare nu este necesară pentru:

- a) fundațiile pe un singur rând în toate condițiile de sol;
- b) fundațiile de piloți cu mai multe rânduri, ale căror piloți acționează ca popi (atunci când se sprijină pe soluri stâncoase, soluri cu granulație grosieră cu agregat nisipos și soluri argiloase de consistență solidă).

**25.3** Dacă un strat de sol mai puțin rezistent se află sub stratul de sol portant, care suportă presiunea tălpilor de fundație sau a capetelor inferioare ale piloților, capacitatea portantă a acestui strat este necesar verificată în conformitate cu NCM E.02.02 și SM EN 1997.

**25.3.1** Calculul stabilității fundațiilor la forfecare profundă (deplasare împreună cu solul de-a lungul celei mai nefavorabile suprafețe de alunecare) este necesar efectuat pentru pilele situate pe pante și pentru culeele la rambleele cu înălțimea mai mare de 12 m - în toate cazurile, pentru ramblee cu înălțimi cuprinse între 6 și 12 m - în cazul prezenței în terenul de fundare a unui strat de sol argilos sau a unei intercalații de nisip saturat cu apă, sub care se află sol argilos.

**25.4** Tasarea și înclinarea fundațiilor de mică adâncime este necesar calculate în conformitate cu NCM E.02.02 și SM EN 1997.

**25.4.1** În calculul tasării culeelor la înălțimi ale rambleului mai mari de 12 m, este necesar luată în considerare presiunea verticală suplimentară, exercitată asupra fundației de greutatea părții adiacente a rambleului de acces.

**25.5** Tasarea unei fundații din piloți sau cu chesoane deschise este necesar determinată în conformitate cu cerințele NCM E.02.02 și SM EN 1997, tratând o astfel de fundație ca o fundație convențională sub forma unui paralelipiped dreptunghiular cu dimensiuni determinate.

**25.5.1** Tasarea unei fundații de piloți se admite de acceptat egală cu tasarea unui pilot izolat pe baza încercărilor statice pe piloți în aceleași soluri, cu respectarea uneia dintre următoarele condiții:

- a) piloții funcționează ca stâlpi verticali;
- b) numărul de rânduri longitudinale de piloți nu este mai mare de trei.

**25.6** La determină tasării fundațiilor în conformitate cu NCM E.02.02 și SM EN 1997, ca suprafață de calcul se poate lua suprafața naturală a solului (fără a lua în considerare forțele tăietoare sau posibilitatea de afuiere).

**25.6.1** Tasarea fundației se admite de a nu fi determinată:

- a) atunci când fundațiile sunt rezemate pe soluri stâncoase, clastice grosiere cu agregate nisipoase și argilă tare - pentru toate podurile;
- b) la rezemarea fundațiilor pe alte tipuri de soluri - pentru poduri din sisteme determinabile static din exterior cu o deschidere de până la 55 m pe căi ferate și de până la 105 m pe drumuri naționale.

**25.7** Tensiunile din betonul radierului datorate presiunii capătului piloților nu este necesar să depășească rezistența de calcul a betonului radierului în conformitate cu normele pentru compresiunea axială în calculele de rezistență.

**25.7.1** Dacă tensiunea depășește rezistența de calcul a betonului din radier, este necesar utilizat beton dintr-o clasă superioară sau prevăzute pozarea plaselor de armare din bare cu diametrul de 12 mm deasupra fiecărui pilot (o plasă, dacă tensiunile depășesc rezistența de calcul a betonului din radier cu până la 20 % sau două plase, dacă tensiunile depășesc rezistența de calcul a betonului cu 20% - 30%).

## **25.8 Cerințe pentru proiectarea fundațiilor**

**25.8.1** Fundațiile podurilor este necesar să fie încorporate în sol la o adâncime determinată prin calculele capacității portante a terenurilor de fundare și a fundațiilor, dar nu mai mică decât valorile, menționate în NCM E.02.02 și SM EN1997 pentru piloți și radiere. Distanța minimă dintre piloți în plan este necesar să fie atribuite în conformitate cu NCM E.02.02 și SM EN1997.

**25.8.1.1** În cadrul cursurilor de apă, fundațiile podurilor este necesar să fie încorporate în sol sub nivelul de afuiere locală, determinat la debitul de calcul și la debitul cel mai ridicat al apei, la adâncimea rezultată de calcule pentru sarcinile de calcul (extreme) și, respectiv operațională.

**25.8.2** Dimensiunile în plan ale radierului fundațiilor cu piloți este necesar să fie adoptate reieșind din distanța dintre axele piloților, în conformitate cu NCM E.02.02, luând în considerare toleranțele pentru precizia adâncirii piloților în sol, stabilite de documentele de reglementare, precum și din necesitatea de a asigura distanța dintre piloți și fețele verticale ale radierului nu mai mică de 0,25 m, pentru piloții cu manta cu diametrul mai mare de 2 m - nu mai mică de 0,1 m.

**25.8.2.1** Este interzisă utilizarea ca parte portantă a radierului, stratul de colmatare a betonului, turnat subacvatic.

**25.8.3** Piloții este necesar să fie înglobați în radier (mai sus de stratul de beton turnat subacvatic) pe o lungime, determinată prin calcul și considerată a fi cel puțin jumătate din perimetrul piloților prismatici și 1,2 m - pentru piloții cu un diametru de 0,6 m sau mai mare.

**25.8.3.1** Este permisă înglobarea piloților în radier folosind extensii de bare longitudinale de armare cu o lungime determinată prin calcul, însă nu mai puțin de  $30d$  bare pentru armături cu profil periodic, de  $40d$  bare pentru armatura netedă. În acest caz piloții este necesar introduși în radier cu cel puțin 0,1 m.

**25.8.4** Radierul din beton armat este necesar să fie armat conform calculelor în conformitate cu cerințele NCM E.02.02 și SM EN1997.

**25.8.4.1** Radierul din beton este necesar să fie armat structural în partea inferioară (în spațiile dintre piloți). Aria secțiunii transversale a barelor de armare de-a lungul și de-a latul axei podului este necesar să fie de cel puțin  $10 \text{ cm}^2$  pe 1 m din lățimea sau lungimea radierului.

**25.8.5** Rezistența mortarului, utilizat pentru încastrarea piloților sau piloților-stâlpi în puțuri forate în soluri stâncoase, este necesar să fie de cel puțin 10 MPa, în celelalte soluri - cel puțin 5 MPa.

**25.8.6** Pe retragerea fundației, atunci când aceasta este situată în limitele fluctuațiilor nivelului apei și gheții, este necesar prevăzută o teșitură cu dimensiuni de cel puțin  $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ , iar fundației să i se atribuie o formă hidrodinamică.

**25.8.7** În cazul în care este necesară amenajarea treptelor de fundație, dimensiunile acestora este necesar justificate prin calcul, iar abaterea de la verticală a suprafețelor care, leagă marginile interioare ale treptelor fundației din beton, nu este necesar să depășească  $30^\circ$ .

**25.8.7.1** Înclinarea față de verticală a marginilor laterale ale chesoanelor deschise (sau raportul dintre lățimea totală a marginilor și adâncimea de îngropare) nu este necesar să depășească 1 : 20. O înclinație mai mare este permisă cu condiția să se ia măsuri, pentru a se asigura că chesoanele sunt înfundate cu precizia specificată.

## 26 Proiectarea structurilor pentru durabilitate

**26.1** Terenurile de fundare și fundațiile, tablierele, elementele platelajului podului, pilele, culeiele, aparatele de reazem, instalațiile operaționale și alte părți ale podurilor, precum sferturile de con și zidurile de sprijin, podețele, este necesar proiectate și construite astfel încât, ținând seama necondiționat de proprietățile de serviciu și de încărcările și acțiunile în conformitate cu cerințele SM EN 1991-2, să aibă durabilitatea necesară pentru funcționarea lor pe durata de viață proiectată în conformitate cu SM EN 1990.

**26.2** După reconstrucție, durata de viață a structurii este necesar să fie aceeași ca în cazul construcției noi. După reparații capitale, reabilitări, durata de viață a structurii este necesar să fie de minim 25 de ani (sau stipulată ca cerințe obligatorii în caietele de sarcini supuse; reparației, reabilitării, etc.).

**26.3** Cerința de durabilitate a structurilor podurilor este asigurată prin îndeplinirea condițiilor de proiectare a stărilor limită, precum și a cerințelor structurale, cerințelor pentru materiale în funcție de condițiile de exploatare, determinate conform Tabelului 26.1, în conformitate cu NCM E.04.04.

**Tabelul 26.1 - Clasificarea mediilor în funcție de natura și gradul de impact asupra structurii**

| Denumirea structurii                             | Structuri de edificii/ construcții și elemente ale acestora                                                                                                                 | Amplasarea structurii (elementului) și condițiile de funcționare                  | Clasa de mediu în funcție de condițiile de funcționare | Gradul de rezistență la îngheț al betonului sau mortarului                          |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Poduri                                           | Pile și culee                                                                                                                                                               | În aer liber deasupra apei                                                        | XA1                                                    | F250                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona cu nivel de apă variabil <sup>1)</sup>                                    | XA2                                                    | F300                                                                                |
|                                                  | Rigle, tabliere                                                                                                                                                             | —                                                                                 | XA1                                                    | F250                                                                                |
|                                                  | Ziduri de sprijin                                                                                                                                                           | În aer liber                                                                      | XA1                                                    | F250                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona de contact cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                 | XA3                                                    | F200 <sup>5)</sup>                                                                  |
| Pasaje superioare, estacade                      | Pile și culee                                                                                                                                                               | În aer liber                                                                      | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona de contact cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                 | XA3                                                    | F300                                                                                |
|                                                  | Rigle, tabliere                                                                                                                                                             | —                                                                                 | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  | Dala părții carosabile <sup>6)</sup>                                                                                                                                        | Monostrat sau stratul superior al îmbrăcămintei                                   | XA3                                                    | F200 <sup>5)</sup><br>(pentru drumuri de categoriile I și II — F200 <sup>5)</sup> ) |
|                                                  | Platelajul <sup>6)</sup>                                                                                                                                                    | Trotuare, parapeti, streșini, strat de protecție, acoperiri, rosturi de deformare | XA3                                                    | F250 <sup>5)</sup><br>(pentru drumuri de categoriile I și II — F200 <sup>5)</sup> ) |
|                                                  | Ziduri de sprijin                                                                                                                                                           | În aer liber                                                                      | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona de contact cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                 | XA3                                                    | F300                                                                                |
| Pasaje de pietoni subterane                      | Pereți, case de scări                                                                                                                                                       | În interiorul pasajelor subterane lungi <sup>3)</sup>                             | XA2                                                    | F250                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zonele adiacente ieșiri: <sup>4)</sup>                                         |                                                        |                                                                                     |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În aer liber                                                                      | XA1                                                    | F250                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona de contact cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                 | XA3                                                    | F150 <sup>5)</sup>                                                                  |
|                                                  | Rigle, dala planșeului                                                                                                                                                      | În interiorul pasajelor subterane lungi <sup>3)</sup>                             | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zonele adiacente ieșiri                                                        | XA2                                                    | F250                                                                                |
| Treccerile suprateane închise (poduri pietonale) | Pile                                                                                                                                                                        | În aer liber                                                                      |                                                        |                                                                                     |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zona de contact cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                 | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  | Tabliere, rigle                                                                                                                                                             | —                                                                                 | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  | Planșeu pietonal                                                                                                                                                            | —                                                                                 | XA1                                                    | F200                                                                                |
|                                                  | Case de scări                                                                                                                                                               | În aer liber                                                                      | XA3                                                    | F250                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                                                             | În zone cu mediul lichid <sup>2)</sup>                                            | XA3                                                    | F200 <sup>5)</sup>                                                                  |
| Elemente de amenajare a drumurilor               | Bariere rutiere, inclusiv garduri de bandă despărțitoare – blocuri și plăci de garduri, stâlpi de semnalizare, pietre de bordură, cornișe, rigole de evacuarea apelor etc.) | —                                                                                 | XA3                                                    | F200 <sup>5)</sup>                                                                  |

- 1) Zona de nivel variabil al apei este secțiunea de reazem situată la 0,5 m sub nivelul de îngheț al apei până la 1 m deasupra nivelului superior al derivei gheții.
- 2) Zona de contact cu mediul lichid este considerată a fi secțiuni de structuri situate la o înălțime de până la 1,5 m de suprafața orizontală a părților carosabile și pietonale.
- 3) Pasajele subterane lungi includ traversări cu o lungime mai mare de 30 m.
- 4) Secțiunile de pasaje subterane adiacente intrărilor și ieșirilor sunt considerate părți ale trecerilor cu o lungime de cel puțin 20 și, respectiv, 10 m.
- 5) Gradul de rezistență la îngheț este determinat prin metoda de bază (a doua) (în săruri) în conformitate cu SM CEN/TS 12390-9.
- 6) Pentru poduri, este acceptat în același mod.

NOTĂ - La determinarea claselor medii, în funcție de condițiile de funcționare, este necesar ținut cont de recomandările CP H.04.04. Se va considera următoarea propunere pentru determinarea claselor de rezistență la compresiune a betonului: clasa maximă de rezistență la compresiune a betonului în cele mai nefavorabile condiții de exploatare nu este necesar să depășească C30/37. Clasele superioare sunt atribuite în funcție de rezistență și rezistență la fisuri.

**26.4** La proiectarea reabilitărilor sau a reconstrucției structurii unui pod, atunci când se determină măsurile de reparație pentru a restabili capacitățile structurilor din beton armat rămase în structură, este necesar să se determine grosimea stratului protector de beton, adâncimea medie și gradul de carbonatare a betonului, să se evalueze conținutul de clorură din beton (conform SM CEN/TR 17172), să se evalueze posibilitatea de coroziune ascunsă a armăturii conform SM SR EN 1504-7.

**26.4.1** La planificarea reabilitărilor sau a reconstrucției, este necesar asigurată grosimea necesară a stratului de protecție de beton în conformitate cu SM EN 1992 în ceea ce privește adâncimea medie de carbonatare pentru principalele structuri portante.

**26.4.2** Structurile din beton armat sunt păstrate pentru utilizare ulterioară ca parte a structurii dacă conținutul de cloruri în beton, % din greutatea cimentului, nu depășește:

- a) în structurile cu armătură netensionată ale podurilor, aflate în serviciu pe drumuri de categoriile I-III și în orașe cu o populație mai mare de 100.000 de locuitori - 0,2;
- b) la fel pentru alte poduri - 0,4;
- c) în cazul structurilor cu armătură pretensionată - 0,1.

**26.5** La proiectarea structurilor din beton și beton armat, este necesar asigurată o protecție secundară a suprafețelor de beton, expuse la substanțe chimice rezultate de întreținerea pe timp de iarnă.

**26.5.1** Pentru a proteja suprafețele de beton de acțiunile climaterice, este necesar asigurată o protecție secundară cu utilizarea, de regulă, a acoperirilor de vopsea și lacuri acricile.

**26.6** Durabilitatea structurilor metalice este asigurată de protecția împotriva coroziunii. Sistemul de acoperire în conformitate cu SM EN ISO 6504-3 (numărul de straturi, gruparea de grunduri, emailuri și umpluturi) este necesar determinat în funcție de condițiile de exploatare ale structurilor în conformitate cu 26.3.

**26.6.1** La proiectarea structurilor metalice, este necesar luate în considerare cerințele din NCM E.04.04.

**26.7** La proiectarea unei structuri, durabilitatea materialelor este necesar evaluată cu tot atâta grijă ca și caracteristicile mecanice și costul inițial, deoarece cheltuielile pentru reparații și întreținere sunt ridicate. Costul total, calculat pe întregul ciclu de viață al construcției, este acum indicele preferat în locul costului inițial.

**26.8** Betonul este un solid poros, și pentru solidele poroși apa joacă un rol important în majoritatea proceselor fizice de degradare și, prin ioni agresivi pe care îi transportă, în procesele chimice. Toate aceste fenomene fizico-chimice asociate cu mișcarea apei sunt controlate de permeabilitatea materialului.

**26.9** De obicei, degradarea betonului este rezultatul acțiunii simultane a mai multor agenți agresivi. De exemplu, fisurarea produsă de îngheț-dezghet repetat permite pătrunderea aerului și a apei către armături, care ruginesc.

**26.10** Mecanismele care produc degradarea betonului sunt diverse și numeroase. Ele pot fi clasificate în atacuri chimice (când degradarea este rezultatul unei reacții chimice între agentul exterior și beton — de exemplu reacția alcalin-agregat, atacul acizilor, atacul sulfuric) și atacuri fizice (când degradarea este rezultatul unui fenomen fizic - îngheț, abraziune, eroziune, cavitație).

**26.10.1** O mențiune specială este necesar făcută pentru coroziunea armăturilor, care este una din cele mai frecvente degradări întâlnite la structurile de beton armat. Pe lângă afectarea directă a performanțelor structurale, prin reducerea secțiunii de armatură datorită coroziunii, este distrus și betonul de acoperire, deoarece produșii de coroziune rezultați au un volum mult mai mare decât elementele din care au provenit.

**26.10.1** În circumstanțe normale, alcalinitatea ridicată a betonului protejează armăturile acoperite cu beton. Protecția este asigurată de formarea unui strat subțire de oxid de fier pe suprafața barei, pH-ul care se găsește în porii betonului are valori între 12 și 14.

**26.10.2** Oțelul nu este în general corodat atâta vreme cât PH-ul nu coboară sub 10.

**26.11** Doua mecanisme pot conduce la distrugerea acestei protecții : carbonatarea betonului și acțiunea clorurilor.

**26.11.1** Calea normală de asigurare a protecției armăturilor contra coroziunii este prevederea unei *acoperiri adecvate a armaturilor cu un beton* de bună calitate (clasa de rezistență ridicată, compactare și tratament).

**26.11.2** În medii foarte agresive, se pot lua și alte măsuri, mai costisitoare, cum ar fi :

- utilizarea armăturilor prelucrate / "vopsite" cu un strat de rășina epoxidică ;
- utilizarea oțelului inoxidabil sau galvanizat;
- utilizarea armăturilor din polimeri armați cu fibre (de carbon, cărămidă, etc.);
- aplicarea de tratamente de suprafață pe beton pentru a împiedica pătrunderea clorurilor sau a CO<sub>2</sub>;
- aplicarea unei protecții catodice.

**26.12** O structura durabila este necesar sa satisfacă cerințele de aptitudine, de exploatare și de stabilitate pe întreaga durată de utilizare din proiect, fără vreo pierdere semnificativă de funcționalitate, nici lucrări de întreținere neprevăzute excesive. De aceea o importanță deosebită o are alegerea compoziției betonului ținând cont de condițiile de mediu în care se va afla betonul în construcția respectivă.

**26.13** Condițiile de mediu înconjurător la care este supus, pot să fie exprimate sub forma de combinații de clase de expunere.

**26.13.1** Clasificarea din normele europene este făcută după tipul de atac, în clase și după severitatea atacului, în subclase conform tabelului 26.2.

**26.14** Clasele de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021 sunt următoarele:

- XO - clasa de expunere pentru absența riscului coroziunii sau atac.
- XC - clase de expunere pentru riscul de coroziune prin carbonatare.
- XD - clase de expunere pentru riscul de coroziune prin cloruri, altele decât cele din apa marină.
- XS - clase de expunere pentru riscul de coroziune prin cloruri din apa de mare
- XF - clase de expunere pentru atacul prin îngheț - dezgheț
- XA - clase de expunere pentru atacul de origine chimică
- XM - clase de expunere pentru solicitările mecanice a betonului prin uzură.

**26.15** Cerințele de durabilitate necesare protejării armaturilor împotriva coroziunii, precum și păstrarea caracteristicilor betonului la acțiuni fizico - chimice în timpul duratei de serviciu proiectate sunt legate în primul rând de permeabilitatea betonului. În acest sens gradul de impermeabilitate a betonului este stabilit funcție de clasa de expunere în care este încadrat obiectivul (pod, pasaj, viaduct, etc).

**26.16** Elementele structurale ale obiectivului realizate din beton armat sunt supuse acțiunii înghețului și dezghețului repetat în stare uscată sau umedă și pe timpul iernii și la acțiunea agenților contra poleiului concomitentă cu îngheț - dezgheț repetat. Gradul de gelivitate al betonului:

- G 50 - supus la 50 de cicluri de îngheț – dezgheț;
- G 100 - supus la 100 de cicluri de îngheț – dezgheț;
- G 150 - supus la 150 de cicluri de îngheț – dezgheț;

Tabelul 26.2 - Clase de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021

| Notare Clasă                                                  | Descriere mediu înconjurător                                                                                                                                                      | Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Nici un risc de coroziune, nici de atac</b>             |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XO                                                            | Beton simplu fără piese metalice înglobate: orice expunere în afară de îngheț/dezgheț, de abraziune și de atac chimic. Beton armat sau cu piese metalice înglobate: foarte uscat. | Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este foarte scăzută.                                                                                                                                   |
| <b>2. Coroziune indusă de carbonatare</b>                     |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XC1                                                           | Uscat sau umed în permanență                                                                                                                                                      | Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este scăzută.<br>Beton imersat în permanență în apă.                                                                                                   |
| XC2                                                           | Umed, rareori uscat                                                                                                                                                               | Suprafețe de beton supuse la contact de lung termen cu apa. Un mare număr de fundații.                                                                                                                                |
| XC3                                                           | Umiditate moderată                                                                                                                                                                | Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este medie sau ridicată.<br>Beton exterior adăpostit de ploaie.                                                                                        |
| XC4                                                           | Alternativ umed și uscat                                                                                                                                                          | Suprafețe de beton supuse la contact cu apa, dar nu intră în clasa de expunere XC2.                                                                                                                                   |
| <b>3. Coroziune indusă de cloruri</b>                         |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XD1                                                           | Umiditate moderată                                                                                                                                                                | Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate pe cale aeriană.                                                                                                                                                    |
| XD2                                                           | Umed, rareori uscat                                                                                                                                                               | Piscine. Elemente de beton expuse la ape industriale care conțin cloruri.                                                                                                                                             |
| XD3                                                           | Alternativ umed și uscat                                                                                                                                                          | Elemente de beton expuse la stropire cu apă care conțin cloruri. Șosele. Dale/pavaje de parcaje pentru staționare vehicule. Carosabil de pod cu elemente din beton/beton armat.                                       |
| <b>4. Coroziune indusă de cloruri prezente în apa de mare</b> |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XS1                                                           | Expus la aer vehiculând sare marină dar fără contact direct cu apa de mare.                                                                                                       | Structuri pe sau în proximitatea unei coaste                                                                                                                                                                          |
| XS2                                                           | Imersat în permanență.                                                                                                                                                            | Elemente de structuri marine                                                                                                                                                                                          |
| XS3                                                           | Zone de maree, zone supuse la stropire sau brumă.                                                                                                                                 | Elemente de structuri marine                                                                                                                                                                                          |
| <b>5. Atac îngheț-dezgheț</b>                                 |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XF1                                                           | Saturare moderată în apă, fără agent antipolei.                                                                                                                                   | Suprafețe verticale de beton expuse ploii și înghețului.                                                                                                                                                              |
| XF2                                                           | Saturare moderată în apă, cu agent antipolei.                                                                                                                                     | Suprafețe verticale de beton în lucrări rutiere expuse înghețului și aerului vehiculând agenți de dezghețare.                                                                                                         |
| XF3                                                           | Saturare puternică în apă, fără agent antipolei.                                                                                                                                  | Suprafețe orizontale de beton expuse la ploaie și la îngheț.                                                                                                                                                          |
| XF4                                                           | Saturare puternică în apă, cu agent antipolei.                                                                                                                                    | Drumuri și tabliere de pod expuse la agenți de dezgheț. Suprafețe de beton verticale direct expuse la stropirea cu agenți de dezgheț și la îngheț. Zone ale structurii marine supuse la stropire și expuse la îngheț. |
| <b>6. Atacuri chimice</b>                                     |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                       |
| XA1                                                           | Mediu cu slabă agresivitate chimică după SM EN 206-1, tabelul 2                                                                                                                   | Soluri naturale și apa în sol                                                                                                                                                                                         |
| XA2                                                           | Mediu cu agresivitate chimică moderată după SM EN 206-1, tabelul 2                                                                                                                | Soluri naturale și apa în sol                                                                                                                                                                                         |
| XA3                                                           | Mediu cu agresivitate chimică ridicată după SM EN 206-1, tabelul 2                                                                                                                | Soluri naturale și apa în sol                                                                                                                                                                                         |

**26.17** în conformitate cu Codul de practică pentru producerea betonului CP H.04.04-2018 și în acord cu condițiile de mediu și parametri de exploatare, pentru elementele structurale din beton, beton armat și beton precomprimat se adoptă următoarele valori pentru clasa de expunere și clasa de rezistență minimă a betonului (tabelul 26.3).

**Tabelul 26.3 - Clase de expunere și clasa de rezistență minimă a betonului**

| Nr. crt. | Element structural                                                                                                                                                                                                                                                                                | Clasa de expunere | Clasa minimă a betonului |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1        | Tablier de pod din beton armat (placa de suprabetonare), dale din beton armat din elemente simplu rezemate.                                                                                                                                                                                       | XC1 + XD3+XF3     | C 35/45                  |
| 2        | Grinzi prefabricate din beton precomprimat cu secțiunea în formă de „T” sau dublu ”T” cu lungimea de la 6m până la 42m, sau cu secțiunea în formă de ” I ” cu lungimea L=36,00m sau L=41,00m, respectiv pentru o altă formă proiectată pentru suprastructura podurilor cu lungimi de până la 42m. | XC3 + XF1 + XF3   | C 35/45                  |
|          | <b>Elevația infrastructurilor (vezi nota).</b><br>3.1. Pile lamelare la podurile situate pe autostrada                                                                                                                                                                                            | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
|          | 3.2. Pilele lamelare masive ale pasajelor peste autostrada în situația când acestea se afla în apropierea (la o distanță D≤ 3m) marginii (marcăului) autostrăzii.                                                                                                                                 | XC4 + XD3 + XF4   | C 35/45                  |
| 3        | 3.3. Pilele pasajelor situate pe autostrada dacă se afla în apropierea (la o distanță D≤3m) drumurilor naționale, județene, comunale sau a unei bretele de acces                                                                                                                                  | XC4 + XD3 + XF4   | C 35/45                  |
|          | 3.4. Pereții și planșeele protalelor (inclusiv aripile), situate pe autostrada, destinate traversării drumurilor naționale, județene, comunale sau bretelelor                                                                                                                                     | XC4 + XD3 + XF2   | C 35/45                  |
|          | 3.5. Pereții și planșeele protalelor în cazul traversării altor obstacole decât cele de la pct. 3.4.                                                                                                                                                                                              | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
|          | 3.6. Culee perete                                                                                                                                                                                                                                                                                 | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
|          | 3.7. Culee înecate                                                                                                                                                                                                                                                                                | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
| 4        | <b>Ziduri de sprijin.</b><br>4.1. Ziduri de sprijin din beton armat situate la piciorul taluzului (de exemplu la racordarea pasajelor cu terasamentul) aflate în vecinătatea drumurilor (la o distanță D≤2m) naționale, județene, comunale                                                        | XC4 + XD3 + XF2   | C 35/45                  |
|          | 4.2.1. Ziduri de sprijin din beton armat la podurile pe autostrada, situate în axul autostrăzii, când infrastructurile structurilor aferente celor două sensuri de circulație sunt decalate.                                                                                                      | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
|          | 4.2.2. Ziduri de sprijin independente în spatele culeelor                                                                                                                                                                                                                                         | XC4 + XF1         | C 25/30                  |
| 5        | <b>Fundații directe și radieri pe piloți.</b><br>5.1. Fundații și radieri în contact cu apa subterană și sol neagresiv, dar care pot fi supuse și la cicluri alternante umiditate-uscăre                                                                                                          | XC2 + XC4         | C 25/30                  |
|          | 5.2. Fundații și radieri aflate într-un mediu agresiv-sol și/sau apă: în funcție de natura și nivelul de agresivitate se va proiecta clasa de beton adecvată                                                                                                                                      |                   |                          |
| 6        | <b>Piloți foraiți.</b><br>6.1. Piloți în contact cu un mediu neagresiv, dar care pot fi supuși, parțial, la cicluri alternante umiditate-uscăre                                                                                                                                                   | XC2 + XC4         | C 25/30                  |
|          | 6.2. Piloți aflați într-un mediu agresiv – sol și/sau apă: în funcție de natura și nivelul de agresivitate se va proiecta clasa de beton adecvată                                                                                                                                                 |                   |                          |
| 7        | Grinda de fixare parapet la structuri situate pe autostrada sau la pasaje, elemente prefabricate (de ex: lise, borduri)                                                                                                                                                                           | XC4 + XD3 + XF4   | C 35/45                  |
| 8        | Betonul de umplutura la trotuare situate pe tablierul pasajelor sau pe consolele de trotuar ale zidurilor întoarse.                                                                                                                                                                               | XC4 + XF2         | C 25/30                  |

## 27 Structuri din beton și beton armat

**27.1** Betonul. Toate elementele și materialele din beton și beton armat vor fi alcătuite și determinate prin prisma SM EN 206, SM EN 1992, anexele naționale, dar și normativele, codurile de practică funcționale la momentul proiectării și construcțiilor de poduri.

**27.1.1** La proiectarea podurilor din beton, beton armat sau beton precomprimat se aplică prevederile din SM EN 1992-1-1:2024, SM EN 1992-2:2011 precum și cele cuprinse în anexele naționale corespunzătoare.

**27.1.1.1** Rezistența la compresiune a betonului este definită de clasa de rezistență a acestuia care reprezintă rezistența caracteristică (fractilul 5%) măsurată pe cilindru ( $f_{ck}$ ) sau pe cub ( $f_{ck,cube}$ ). Clasele de rezistență din SM EN 1992 se bazează pe rezistența caracteristică măsurată pe cilindru,  $f_{ck}$ , determinată la 28 zile.

**27.1.1.2** Rezistențele caracteristice  $f_{ck}$ , și caracteristicile mecanice corespunzătoare necesare pentru calcul sunt indicate în tabelul 27.1.

**27.1.2** Între rezistențele caracteristicilor la compresiune determinate pe cilindri ( $f_{ck}$ ) și rezistențele medii la compresiune ( $f_{cm}$ ) și rezistențele medii la întindere axială ( $f_{ctm}$ ) din tabelul 27.1 există următoarele relații:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)} ;$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}, \text{ pentru } \leq C50/60$$

**27.1.3** Relații de calcul pentru determinarea rezistenței betonului și modulului de elasticitate la timpul ( $t$ ):

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8, \text{ MPa} \quad 3 < t < 28 \text{ zile}$$

$$f_{ck}(t) = f_{ck} \quad t > 28 \text{ zile}$$

**27.1.4** Rezistența medie la compresiune a betonului la vârsta  $t$  depinde de:

Clasa de rezistență a cimentului:

- clasa R: CEM 42,5R, CEM 52,5N și CEM 52,5R
- clasa N: CEM 32,5R și CEM 42,5N
- clasa S: CEM 32,5N

**27.1.4.1** Condițiile de tratare după turnare. Elementului de beton este/nu este supus la tratament termic.

**27.1.4.2** Vârsta reală  $t$  a betonului se corectează în funcție de temperatură.

$$t_T = \int_{i=1}^{nr\_etape\_de\_încălzire} \left[ e^{-\left(\frac{4000}{T_{\Delta t_i}/K} - \frac{4000}{20^\circ C/K}\right) \cdot \Delta t_i} \right] ;$$

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} ;$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28 \text{ zile}}{t}}\right)}$$

în care,

$f_{cm}(t)$  este rezistența medie la compresiune a betonului la vârsta  $t$  zile;

$f_{cm}$  este rezistența medie la compresiune a betonului la 28 zile;

$\beta_{cc}(t)$ , este un coeficient care depinde de vârsta  $t$  a betonului;

$t$ , este vârsta betonului, în zile;

$s$ , este un coeficient care depinde de tipul de ciment:

$s=0.20$  pentru cimenturi clasa R

$s=0.25$  pentru cimenturi clasa N

$s=0.38$  pentru cimenturi clasa S

Tabelul 27.1 Caracteristici de rezistență și deformație a betonului

| Clase de rezistență pentru beton |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |      |     |     | Expresii analitice/<br>Comentarii                                                                                           |
|----------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $f_{dk}$<br>(MPa)                | 12   | 16  | 20  | 25  | 30  | 35   | 40  | 45  | 50   | 55   | 60  | 70   | 80  | 90  |                                                                                                                             |
| $f_{ck,cube}$<br>(MPa)           | 15   | 20  | 25  | 30  | 37  | 45   | 50  | 55  | 60   | 67   | 75  | 85   | 95  | 105 |                                                                                                                             |
| $f_{cm}$<br>(MPa)                | 20   | 24  | 28  | 33  | 38  | 43   | 48  | 53  | 58   | 63   | 68  | 78   | 88  | 98  | $f_{cm} = f_{dk} + 8$ (MPa)                                                                                                 |
| $f_{ctm}$<br>(MPa)               | 1,6  | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,2  | 3,5 | 3,8 | 4,1  | 4,2  | 4,4 | 4,6  | 4,8 | 5,0 | $f_{ctm} = 0,30 \times f_{dk}^{(2/3)} \leq C50/60$<br>$f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$                  |
| $f_{ctk,0.05}$<br>(MPa)          | 1,1  | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2  | 2,5 | 2,7 | 2,9  | 3,0  | 3,1 | 3,2  | 3,4 | 3,5 | $f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$<br>cuantila 5%                                                                          |
| $f_{ctk,0.95}$<br>(MPa)          | 2,0  | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,2  | 4,6 | 4,9 | 5,3  | 5,5  | 5,7 | 6,0  | 6,3 | 6,6 | $f_{ctk,0.95} = 1,3 \times f_{ctm}$<br>cuantila 95%                                                                         |
| $E_{cm}$<br>(GPa)                | 27   | 29  | 30  | 31  | 33  | 34   | 35  | 36  | 37   | 38   | 39  | 41   | 43  | 44  | $E_{cm} = 22[(f_{cm}/10)^{0,3}]$<br>( $f_{cm}$ în MPa)                                                                      |
| $\varepsilon_{c1}$ (‰)           | 1,8  | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,25 | 2,3 | 2,4 | 2,45 | 2,5  | 2,6 | 2,7  | 2,8 | 2,8 | $\varepsilon_{c1}$ (‰) = $0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,8$                                                                          |
| $\varepsilon_{cu1}$ (‰)          | 3,5  |     |     |     |     |      |     |     |      | 3,2  | 3,0 | 2,8  | 2,8 | 2,8 | pentru $f_{dk} \geq 50$ MPa<br>$\varepsilon_{cu1}$ (‰) = $2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$                                    |
| $\varepsilon_{c2}$ (‰)           | 2,0  |     |     |     |     |      |     |     |      | 2,2  | 2,3 | 2,4  | 2,5 | 2,6 | a se vedea figura 2.23<br>pentru $f_{dk} \geq 50$ MPa<br>$\varepsilon_{c2}$ (‰) = $2,0 + 0,085 \times (f_{dk} - 50)^{0,53}$ |
| $\varepsilon_{cu2}$ (‰)          | 3,5  |     |     |     |     |      |     |     |      | 3,1  | 2,9 | 2,7  | 2,6 | 2,6 | a se vedea figura 2.23<br>pentru $f_{dk} \geq 50$ MPa<br>$\varepsilon_{cu2}$ (‰) = $2,6 + 35[(90 - f_{dk})/100]^4$          |
| $n$                              | 2,0  |     |     |     |     |      |     |     |      | 1,75 | 1,6 | 1,45 | 1,4 | 1,4 | pentru $f_{ck} \geq 50$ MPa<br>$n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$                                                        |
| $\varepsilon_{c3}$ (‰)           | 1,75 |     |     |     |     |      |     |     |      | 1,8  | 1,9 | 2,0  | 2,2 | 2,3 | a se vedea figura 2.24<br>pentru $f_{dk} \geq 50$ MPa<br>$\varepsilon_{c3}$ (‰) = $1,75 + 0,55[(f_{dk} - 50)/40]$           |
| $\varepsilon_{cu3}$ (‰)          | 3,5  |     |     |     |     |      |     |     |      | 3,1  | 2,9 | 2,7  | 2,6 | 2,6 | a se vedea figura 2.24<br>pentru $f_{dk} \geq 50$ MPa<br>$\varepsilon_{cu3}$ (‰) = $2,6 + 35[(90 - f_{dk})/100]^4$          |

27.1.5 Rezistența medie la întindere directă a betonului la vârsta  $t$  a betonului se poate admite:

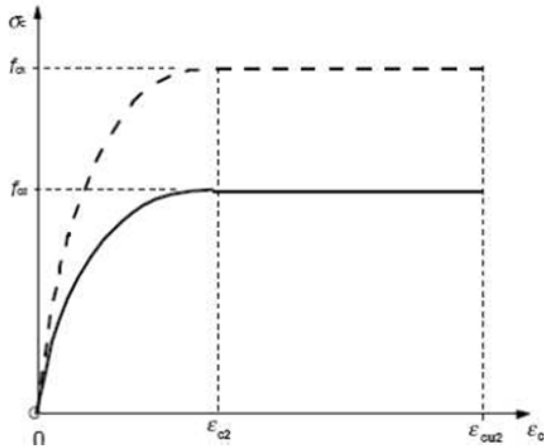
$$f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t)^\alpha \cdot f_{ctm};$$

pentru:  $\alpha = 1,00$   $t < 28$  zile și  $\alpha = 2/3$   $t > 28$  zile

**27.2** Evoluția modului de elasticitate secant în timp poate fi estimată:

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm} ;$$

**27.3** Diagrame efort-deformație pentru beton: - sunt utile calculului secțiunilor.



în care,  
 $\epsilon_{c2}$  - este deformația atinsă la efortul maxim, conform tabelului 27.1;  
 $\epsilon_{cu2}$  - este deformația ultimă, conform tabelului 27.1;

**Figura 27.1 - Diagrama parabolă-dreptunghi pentru beton comprimat**

**27.3.1** Sunt admise și alte relații efort-deformație simplificate, cu condiția ca ele să fie echivalente, sau mai acoperitoare, decât cea definită în fig. 27.1, de exemplu diagrama biliniară din figura 27.2, (efortul de compresiune și scurtarea reprezentate în valoare absolută), cu valorile  $\epsilon_{c3}$  și  $\epsilon_{cu3}$  conform tabelului 27.1.

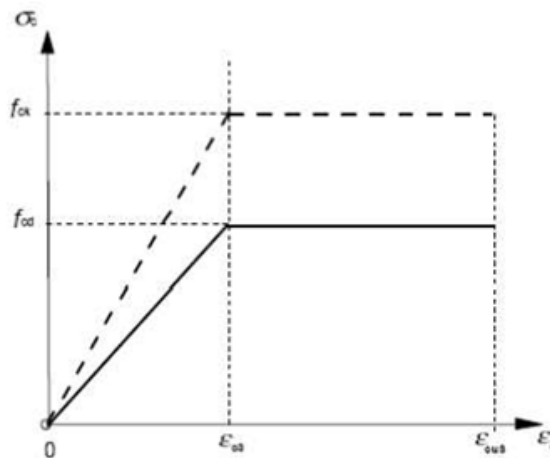


**Figura 27.2 - Diagrama biliniară**

**27.4** Se poate admite o diagramă dreptunghiulară de compresiuni în beton (așa cum este reprezentată în figura 27.3). Coeficienții  $l$ , care definesc înălțimea utilă a zonei comprimate și  $h$ , care definesc rezistența efectivă, au valorile :

$$l = 0,8 \text{ pentru } f_{ck} \leq 90 \text{ MPa} ;$$

$$h = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ pentru } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa} ;$$

$$\text{și } \eta = 1,0 \text{ pentru } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} ;$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \text{ pentru } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa} ;$$

**29.5** Rezistențele de calcul la compresiune ( $f_{cd}$ ) și la întindere ( $f_{ctd}$ ) se determină astfel:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / g_c ;$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / g_c$$

în care,

$\alpha_{cc}$  - este un coeficient ce se utilizează diferențiat, în funcție de raportul dintre solicitarea de lungă durată și solicitarea totală, astfel:

$\alpha_{cc} = 0.85$ , pentru cazul în care solicitarea de lungă durată reprezintă cel puțin 90% din solicitarea totală;

$\alpha_{cc} = 1.00$ , pentru cazul în care solicitarea de lungă durată reprezintă cel mult 50% din solicitarea totală;

$\alpha_{cc}$  - se obține prin interpolare liniară între valorile 1.00 și 0.85, pentru situații intermediare ale raportului dintre solicitarea de lungă durată și solicitarea totală.

NOTA - Pentru elemente comprimate excentric turnate în poziție verticală sau înclinată:

- coeficientul  $\alpha_{cc}$  se reduce cu 25% pentru elemente a căror dimensiune minimă a secțiunii transversale este sub 300mm;

- coeficientul  $\alpha_{cc}$  se reduce cu 15% pentru elemente a căror dimensiune minimă a secțiunii transversale este mai mare de 300mm;

- pentru elemente comprimate excentric turnate în poziție orizontală coeficientul  $\alpha_{cc}$  se reduce cu 15%;

$\alpha_{ct} = 1.00$  coeficient ce ține seama de efectele de lungă durată asupra rezistenței la întindere și de efectele nefavorabile ce rezultă din modul de aplicare a încărcării;

$g_c$  - este coeficientul parțial pentru beton:

$g_c = 1.50$ , pentru situații de proiectare permanente și tranzitorii;

$g_c = 1.20$ , pentru situații de proiectare accidentale;

$f_{ck}, f_{ctk,0.05}$  - sunt definite de tabelul 27.1.

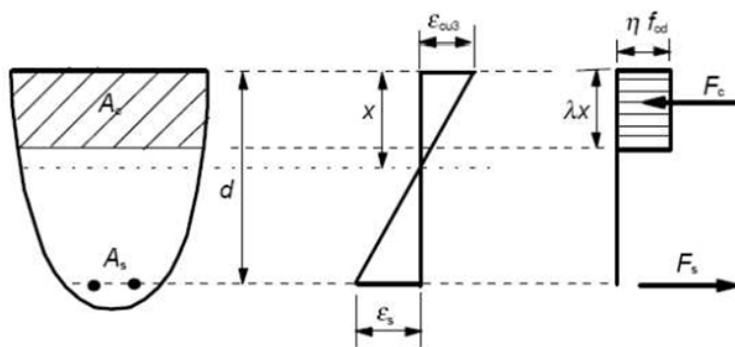


**Figura 27.3 - Diagrama dreptunghiulară**

**27.5.1** Valorile modului de elasticitate  $E_{cm}$ , sunt date în tabelul 27.1.

**27.5.2** Coeficientul lui Poisson poate fi egal cu 0,2 pentru beton nefisurat și zero petonul fisurat.

**27.5.3** Coeficientul liniar de dilatație termică poate fi luat egal cu  $10 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ .

**27.5.4** Curgerea lentă și contracția betonului depind de umiditatea mediului, de dimensiunile elementului și de compoziția betonului. Curgerea lentă depinde, de asemenea, de vârsta betonului în momentul primei încărcări precum și de durata și intensitatea încărcării.

Coeficientul de curgere lentă  $\varphi(t, t_0)$  poate fi calculat astfel:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0);$$

în care,

$\varphi_0$  - este coeficientul convențional de curgere lentă și poate fi asimilat cu:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta_c(f_{cm}) \cdot \beta(t_0);$$

$\varphi_{RH}$  - este un factor care ține seama de influența umidității relative asupra coeficientului convențional de curgere lentă.

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \text{ pentru } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa};$$

$$\varphi_{RH} = \left(1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1\right) \cdot \alpha_2 \text{ pentru } f_{cm} > 35 \text{ MPa};$$

**RH** – este umiditatea relativă a mediului ambiant în %;

**$h_0$**  – este raza medie a elementului, în mm;  $h_0 = \frac{2 \cdot A_C}{u}$ ,  $A_C$  – este aria secțiunii transversale;

**$u$**  – este perimetrul elementului în contact cu atmosfera;

**$\alpha_1, \alpha_2$**  – coeficienți ce țin seama de influența rezistenței betonului,  $\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.7}$ ,  $\alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.2}$ ;

**$\beta_C(f_{cm})$**  – este un factor care ține seama de influența rezistenței betonului asupra coeficientului convențional de curgere lentă,  $\beta_C(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$ ;

**$f_{cm}$**  – este rezistența medie la compresiune a betonului la 28 de zile, în MPa;

**$\beta(t_0)$**  – este un factor care ține seama de influența vârstei betonului în momentul încărcării asupra coeficientului convențional de curgere lentă,  $\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_{0,T}^{1.2})}$ ;

**$t_0$**  – este vârsta betonului la momentul încărcării, în zile.

**27.5.5** Influența tipului de ciment asupra coeficientului de curgere lentă a betonului poate fi considerată modificând vârsta de încărcare  $t_0$ , conform expresiei:

$$t_0 = t_{0,T} \left( \frac{9}{2 + t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5;$$

în care,

**$t_{0,T}$**  – este vârsta betonului în momentul încărcării, în zile, corectată în funcție de temperatură, conform

expresiei:  $t_T = \sum_{i=1}^n \left[ e^{-\left(\frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)} - 13.65\right)} \cdot \Delta t_i \right];$

**$t_T$**  – este vârsta betonului corectată în funcție de temperatură, care înlocuiește  $t$  în expresiile corespunzătoare;

**$T(\Delta t_i)$**  – este temperatura pe durata  $\Delta t_i$ , în °C;

**$\Delta t_i$**  – este numărul de zile în care temperatura este  $T$ ;

**$\alpha$**  – este un exponent care depinde de tipul de ciment:

**$\alpha = -1$** , pentru cimenturi din clasa S;

**$\alpha = 0$** , pentru cimenturi din clasa N;

**$\alpha = 1$** , pentru cimenturi din clasa R;

**$\beta_C(t, t_0)$**  – este un coeficient care indică dezvoltarea curgerii lente în funcție de timpul după încărcare, și poate fi exprimat cu expresia:

$$\beta_C(t, t_0) = \left( \frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3};$$

**$t$**  – este vârsta betonului în momentul considerat, în zile;

**$t_0$**  – este vârsta betonului în momentul încărcării, în zile;

**$t - t_0$** , este durata neajustată a încărcării, în zile;

**$\beta_H$**  – este un coeficient care depinde de umiditatea relativă (RH, %), și de raza medie a elementului ( $h_0$ , mm), poate fi estimat cu:

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \leq 1500 \text{ pentru } f_{cm} \leq 35;$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \text{ pentru } f_{cm} > 35;$$

În care,

**$\alpha_3$**  – coeficient ce ține seama de influența rezistenței betonului,  $\alpha_3 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.5}$ ;

**27.6** Deformația totală de contracție se compune din deformația datorită contracției de uscare și din deformația datorită contracției endogene.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca},$$

în care,

$\varepsilon_{cs}$  – este deformația totală de contracție;

$\varepsilon_{cd}$  – este deformația datorată contracției de uscare, valoarea finală a ei este  $\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$ ;

$\varepsilon_{ca}$  – este deformația datorată contracției de endogene.

**27.7** Eucuații de bază pentru determinarea deformației specifice datorate contracției de uscare. Deformația de contracție de uscare de referință  $\varepsilon_{cd,0}$  se calculează cu:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[ (220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right)} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} ;$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] ;$$

în care,

$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$ ;

$\alpha_{ds1}$  – este în coeficient care depinde de tipul de ciment:

$\alpha_{ds1} = 3$ , pentru cimenturi din clasa S;

$\alpha_{ds1} = 4$ , pentru cimenturi din clasa N;

$\alpha_{ds1} = 6$ , pentru cimenturi din clasa R;

$\alpha_{ds2}$  – este în coeficient care depinde de tipul de ciment:

$\alpha_{ds2} = 0,13$  pentru cimenturi din clasa S;

$\alpha_{ds2} = 0,12$ , pentru cimenturi din clasa N;

$\alpha_{ds2} = 0,11$ , pentru cimenturi din clasa R;

$RH_0$  – este umiditatea de 100%.

**27.7.1** Evoluția contracției de uscare în timp este indicată de:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty} ;$$

$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$ ; unde  $k_h$  – este un coeficient de rază medie  $h_0$ , conform tabelului:

| $h_0$ | $k_h$ |
|-------|-------|
| 100   | 1     |
| 200   | 0,85  |
| 300   | 0,75  |
| 500   | 0,70  |

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}} ;$$

în care,

$t$  – este vârsta betonului la momentul considerat, în zile;

$t_s$  – este vârsta betonului la începutul contracției de uscare (sau umflare), în zile, care în mod normal, corespunde sfârșitului tratamentului;

$h_0$  – este raza medie, mm, a secțiunii transversale;

$A_c$  – aria secțiunii de beton;

$u$  – perimetrul părții secțiunii expuse la uscare.

**27.8** Deformația datorată contracției endogene este indicată de:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca,\infty} ;$$

în care,

$$\varepsilon_{ca,\infty} = 2,5 \cdot \left( \frac{f_{ck\_grindă}}{\text{MPa}} - 10 \right) \cdot 10^{-6} , \text{ în care } \beta_{as}(t) = 1 - e^{(-0,2 \cdot \sqrt{\frac{t}{21}})} ;$$

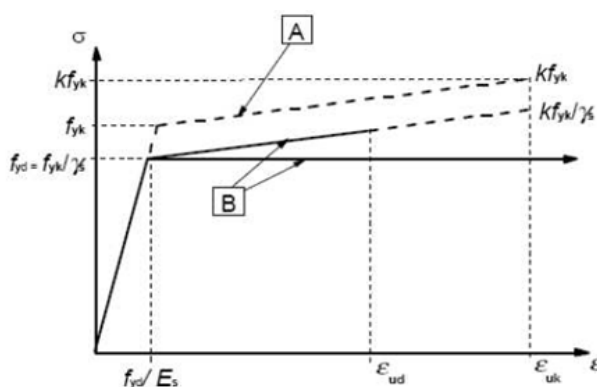
$t$  – timpul exprimat, în zile.

**27.9** Armătura nepretensionată. Comportarea armăturilor pentru beton armat este definită de proprietățile următoare:

- limita de elasticitate ( $f_{yk}$  sau  $f_{0,2k}$ );
- limita superioară reală de elasticitate ( $f_{y,max}$ );
- rezistența la întindere ( $f_t$ );
- ductilitatea ( $\epsilon_{uk}$  și  $f_t/f_{yk}$ );
- aptitudinea de a fi îndoită
- caracteristicile de aderență ( $f_R$ : a se vedea anexa C, SM EN 1992-1-1:2024);
- dimensiunile secțiunii și toleranțele;
- rezistența la oboseală;
- sudabilitatea;
- rezistența la forfecare și rezistența sudurilor în cazul plaselor sudate și a carcaselor sudate.

**27.10** Limita de curgere și rezistența de rupere sunt definite ca valori caracteristice ale forței de curgere respectiv ale forței maxime împărțite la aria nominală a secțiunii transversale.

**27.11** În calcul, diagrama reală ( $\sigma - \epsilon$ ) pentru armăturile din oțel laminate la cald se înlocuiește cu o diagramă idealizată prezentată în fig. 27.4



$$k = (f_t/f_y)_k;$$

A – diagrama simplificată;

B – diagrama de calcul.

**Figura 27.4 - Diagrama efort-deformație simplificată și diagrama de calcul pentru oțeluri pentru beton armat (întinse sau comprimate)**

**27.11.1** Valoarea medie a masei volumetrice a armăturilor se poate considera 7850 kg/m<sup>3</sup>.

**27.11.2** Valoarea de calcul a modului de elasticitate  $E_s$  se poate lua 200 GPa.

**27.12** Armături pretensionate. Armaturile pretensionate utilizate, sub forma sârmelor, barelor sau toroanelor, este necesar să fie în conformitate cu standardul SM EN ISO 15630.

**27.12.1** Armăturile pretensionate (sârme, toroane și bare) este necesar clasificate în funcție de caracteristicile următoare:

- rezistență, ( $f_{p0,1k}$ ), prin raportul dintre rezistența la întindere și limita de elasticitate convențională ( $f_{pk}/f_{p0,1k}$ ) și prin alungirea sub încărcarea maximă ( $\epsilon_{uk}$ );
- clasă, care indică comportarea la relaxare;
- secțiune;
- caracteristicile de suprafață.

**27.12.2** Limita de elasticitate convențională la 0,1% ( $f_{p0,1k}$ ) și valoarea specificată a rezistenței la întindere ( $f_{pk}$ ) sunt definite ca valoarea caracteristică a încărcării căreia îi corespunde o alungire remanentă de 0,1%, respectiv valoarea caracteristică a încărcării maxime la întindere axială, împărțite la aria nominală a secțiunii, așa cum se indică în figura 29.5.

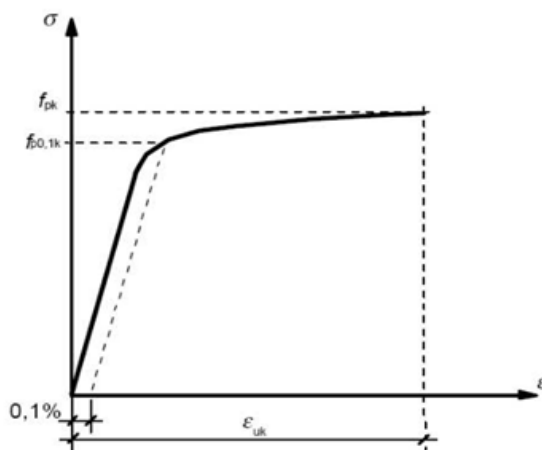


**Figura 27.5 - Diagrama efort-deformație a oțelurilor de precomprimare tipice (efortul de întindere și deformația apar în valori absolute)**

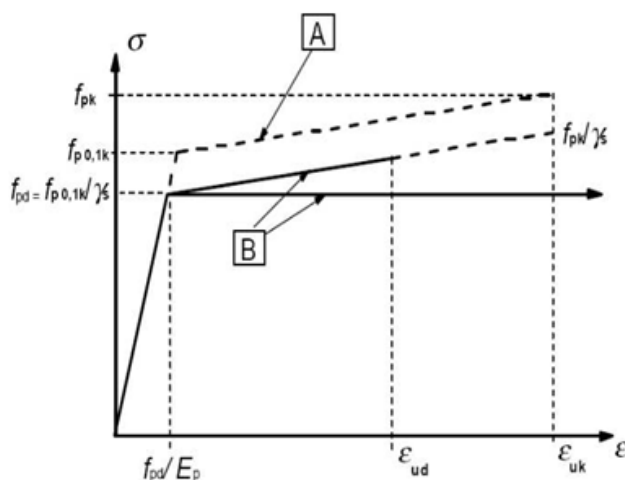
**27.13** Valoarea de calcul a modului de elasticitate  $E_p$  poate fi luată 205 GPa pentru sârme și bare. Valoarea reală poate varia între 195 GPa și 210 GPa, în funcție de procedeul de fabricație. Se recomandă să se utilizeze valoarea indicată în Acordul Tehnic al armăturii.

**27.14** Pentru toroane, valoarea de calcul a modului de elasticitate  $E_p$  poate fi luată 195 GPa. Valoarea reală poate varia între 185 GPa și 205 GPa, în funcție de fabricație. Se recomandă să se utilizeze valoarea indicată în Acordul Tehnic al armăturii.

**27.14.1** Masa volumică medie a armăturilor pretensionate poate fi luată în calcul egală cu 7850 kg/m<sup>3</sup>.

**27.14.2** Se poate admite că pentru armăturile pretensionate amplasate în structuri, valorile indicate mai sus sunt valabile pentru temperaturi cuprinse între -40°C și +100°C.

**27.15** Valoarea de calcul a efortului în armătură  $f_{pd}$ , este  $f_{p0,1}/\gamma_s$  (a se vedea figura 27.6).



A – diagrama simplificată;  
B – diagrama de calcul.

**Figura 27.6 - Diagrama efort-deformație simplificată și diagrama de calcul pentru armături pretensionate (efortul de întindere și deformația apar în valori absolute)**

**27.16** Pentru dimensionarea secțiunilor, se poate face una dintre ipotezele următoare (a se vedea figura 29.6) :

- ramura înclinată, cu o deformație limită  $\epsilon_{ud}$ . Calculul poate, de asemenea, să fie bazat pe relația efort-deformație reală, dacă aceasta este cunoscută, eforturile de dincolo de limita de curgere fiind reduse ca în figura 29.6, sau;
- ramura superioară orizontală, fără limită pentru deformație.

**27.16.1** Valoarea recomandată este  $\epsilon_{ud} = 0,9\epsilon_{uk}$ . În lipsa unor valori mai exacte, valorile recomandate sunt  $\epsilon_{ud} = 0,02$  și  $f_{p0,1k} / f_{pk} = 0,9$ .

**27.16.2** Indicații privind dispozitivele de precomprimare (ancoraje și piese de cuplare), ale armăturilor precomprimare exterioare sunt date în SM EN 1992-1-1:2024, SM EN 1992-2:2011 și în anexele naționale corespunzătoare.

**27.17** Acoperirea cu beton. Acoperirea cu beton este distanța între suprafața celei mai apropiate armături (incluzând agrafele, etrierii, precum și armăturile de suprafață, dacă este cazul) de suprafața betonului și aceasta din urmă.

Pe planurile de execuție este necesar specificată acoperirea nominală:  $C_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$

- $C_{nom}$  = acoperirea nominală;
- $c_{min}$  = acoperirea minimă;
- $\Delta C_{dev}$  = toleranțele de execuție.

**27.18** Acoperirea minimă  $c_{min}$ . Grosimea stratului minim de acoperire se alege astfel încât să se respecte următoarele cerințe:

- buna transmitere a forțelor de aderență;
- protecția armăturilor împotriva coroziunii (durabilitate);
- rezistența la foc convenabilă.

**27.18.1** Acoperirea minimă  $c_{min}$ , utilizată în calcul este valoarea cea mai mare dintre:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,g} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \text{ în care:}$$

în care,

$c_{min,b}$  – acoperirea minimă față de cerințele de aderență (tabelul 27.2).

$c_{min,dur}$  – acoperirea minimă a armaturilor pentru beton armat și a armaturilor pretensionate într-un beton de masă volumică normală, care ține seama de clasele de expunere și de clasele structurale.

**Tabelul 27.2 - Clase de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021**

| Cerințe față de aderență                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Disponerea armăturilor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Acoperirea minimă $c_{min,b}$ <sup>1)</sup>     |
| Armătură individuală                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Diametrul barei                                 |
| Pachet de armături                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Diametrul echivalent ( $\Phi_n$ ) <sup>2)</sup> |
| <sup>1)</sup> Dacă dimensiunea nominală a celei mai mari granule de agregat este mai mare de 32 mm, se recomandă să se mărească $c_{min,b}$ cu 5 mm.<br><sup>2)</sup> Pentru calcul, pachetul este înlocuit cu o bară fictivă echivalentă având secțiune și același centru de greutate ca pachetul. Diametrul echivalent $\Phi_n$ al acestei bare este astfel încât: <div style="text-align: center;"> <math display="block">\Phi_n = \Phi \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm};</math> </div> <p>în care,</p> <p><math>n_b</math> – este numărul de bare din pachet;</p> <p><math>n_b \leq 4</math>, în cazul barelor verticale comprimate și a barelor din interiorul unei înădări prin suprapunere;</p> <p><math>n_b \leq 3</math>, în toate celelalte cazuri.</p> |                                                 |

**27.18.2** Clasa structurală recomandată se găsește în tabelul 27.3

(Spațiu liber lăsat intenționat)

**Tabelul 27.3 - Clasificare structurală recomandată**

| Criteriu                                                                                  | Clasa structurală                                |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                           | Clasa de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021 |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |
|                                                                                           | X0                                               | XC1                                   | XC2/XC3                               | XC4                                   | XD1                                   | XD2/XS1                               | XD3/XS2/XS3                           |
| Durata de utilizare din proiect 100 ani                                                   | Majorare cu 2 clase                              | Majorare cu 2 clase                   | Majorare cu 2 clase                   | Majorare cu 2 clase                   | Majorare cu 2 clase                   | Majorare cu 2 clase                   | Majorare cu 2 clase                   |
| Clasa de rezistență <sup>1) 2)</sup>                                                      | $\geq C30/37$<br>Micșorare cu 1 clasă            | $\geq C30/37$<br>Micșorare cu 1 clasă | $\geq C35/45$<br>Micșorare cu 1 clasă | $\geq C40/50$<br>Micșorare cu 1 clasă | $\geq C40/50$<br>Micșorare cu 1 clasă | $\geq C40/50$<br>Micșorare cu 1 clasă | $\geq C45/55$<br>Micșorare cu 1 clasă |
| Element asimilabil unei plăci (poziția armăturilor neafectată de procesul de construcție) | Micșorare cu 1 clasă                             | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  |
| Control special al calității de producție a betonului                                     | Micșorare cu 1 clasă                             | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  | Micșorare cu 1 clasă                  |

NOTĂ - <sup>1)</sup> Clasa de rezistență și raportul a/c se consideră că sunt legate. Pentru a obține o permeabilitate redusă se poate considera o compoziție specială (tip de ciment, raport a/c, părți fine).

<sup>2)</sup> Limita poate fi redusă cu o clasă de rezistență dacă aerul antrenat este peste 4%.

**27.18.3** Valorile recomandate ale  $c_{min,dur}$  sunt indicate în tabelul 27.4 (armături pentru beton armat) și în tabelul 27.5 (armături pretensionate).

**Tabelul 27.4 - Valori ale acoperirii minime  $c_{min,dur}$  cerute de condiția de durabilitate în cazul armăturile pentru beton armat conform cu EN10080**

| Clasa structurală | Cerința de mediu pentru $c_{min,dur}$ (mm)       |     |         |     |         |         |         |
|-------------------|--------------------------------------------------|-----|---------|-----|---------|---------|---------|
|                   | Clasa de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021 |     |         |     |         |         |         |
|                   | X0                                               | XC1 | XC2/XC3 | XC4 | XD1/XS1 | XD2/XS2 | XD3/XS3 |
| S1                | 10                                               | 10  | 10      | 15  | 20      | 25      | 30      |
| S2                | 10                                               | 10  | 15      | 20  | 25      | 30      | 35      |
| S3                | 10                                               | 10  | 20      | 25  | 30      | 35      | 40      |
| S4                | 10                                               | 15  | 25      | 30  | 35      | 40      | 45      |
| S5                | 15                                               | 20  | 30      | 35  | 40      | 45      | 50      |
| S6                | 20                                               | 25  | 35      | 40  | 45      | 50      | 55      |

**Tabelul 27.5 - Valori ale acoperirii minime  $c_{min,dur}$  cerute de condiția de durabilitate în cazul armăturile pentru beton precomprimat**

| Clasa structurală | Cerința de mediu pentru $c_{min,dur}$ (mm)       |     |         |     |         |         |         |
|-------------------|--------------------------------------------------|-----|---------|-----|---------|---------|---------|
|                   | Clasa de expunere conform SM EN 206:2013+A2:2021 |     |         |     |         |         |         |
|                   | X0                                               | XC1 | XC2/XC3 | XC4 | XD1/XS1 | XD2/XS2 | XD3/XS3 |
| S1                | 10                                               | 15  | 20      | 25  | 30      | 35      | 40      |
| S2                | 10                                               | 15  | 25      | 30  | 35      | 40      | 45      |
| S3                | 10                                               | 20  | 30      | 35  | 40      | 45      | 50      |
| S4                | 10                                               | 25  | 35      | 40  | 45      | 50      | 55      |
| S5                | 15                                               | 30  | 40      | 45  | 50      | 55      | 60      |
| S6                | 20                                               | 35  | 45      | 50  | 55      | 60      | 65      |

- $\Delta c_{dur,g} = 0$  și reprezintă marja de siguranță;
- $\Delta c_{dur,st} = 0$  și reprezintă reducerea acoperirii minime în cazul oțelului inoxidabil;
- $\Delta c_{dur,add} = 0$  și reprezintă reducerea acoperirii minime în cazul unei protecții suplimentare;

**27.19** În cazul unui beton turnat pe șantier în contact cu alte elemente de beton (prefabricate sau turnate pe șantier), acoperirea minimă în raport cu interfața poate fi redusă la valoarea din tabelul II,24 sub rezerva că:

- betonul aparține cel puțin clasei de rezistență C25/30;
- expunerea suprafeței de beton la mediul exterior este de scurtă durată (< 28 zile);
- interfața este făcută rugoasă.

**27.19.1** Se recomandă ca acoperirea minimă a armăturilor pretensionate neaderente să fie conform Agrementului Tehnic European.

**27.19.2** În cazul fețelor exterioare neregulate (beton cu agregate aparente, de exemplu), se recomandă să se mărească acoperirea minimă cu cel puțin 5 mm.

**27.19.3** În ceea ce privește abraziunea betonului, se recomandă să se acorde o atenție specială agregatelor, conform cu SM EN 206:2013+A2:2021. O opțiune constă în a ține seama de abraziunea betonului prin mărirea stratului de acoperire (grosime de sacrificiu). Se recomandă, în acest caz, mărirea stratului minim de acoperire  $c_{min}$  cu  $k_1=5$  mm pentru clasa de abraziune XM1 (abraziune moderată), cu  $k_2=10$  mm pentru clasa XM2 (abraziune importantă) și cu  $k_3=15$  mm pentru clasa XM3 (abraziune extremă).

**27.20** Abaterile de execuție  $\Delta c_{dev}$ . Pentru calculul acoperirii nominale  $c_{nom}$ , acoperirea minimă este necesar majorată, la nivelul din proiect, pentru a ține seama de abaterile de execuție ( $\Delta c_{dev}$ ). Abaterile de execuție sunt egale cu  $\Delta c_{dev} = 10$  mm.

**27.20.1** În anumite cazuri abaterea acceptată și în consecință toleranța  $\Delta c_{dev}$ , pot fi reduse:

Astfel: - în intervalul  $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$ , când fabricația este supusă unui sistem de asigurare a calității în care supravegherea include măsurarea acoperirii;

- în intervalul:  $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ mm}$  când se poate garanta utilizarea unui aparat de măsură foarte precis pentru supraveghere precum și respingerea elementelor neconforme.

**27.20.2** În cazul unui beton turnat în contact cu suprafețe neregulate, se recomandă în general, să se mărească acoperirea minimă luând o marjă mai mare pentru calcul. Se recomandă să se aleagă o mărire în raport cu diferența cauzată de iregularitate, acoperirea minimă trebuind să fie cel puțin egală cu  $k_1=40$  mm pentru un beton turnat în contact cu un sol care a fost pregătit (inclusiv prin beton de egalizare) și  $k_2=75$  mm pentru un beton turnat în contact direct cu solul.

**27.21** În structurile de poduri este necesar utilizat beton greu cu o densitate medie de la 2200 până la 2500 kg/m<sup>3</sup> din clasele de rezistență la compresiune C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67 și C60/75, care respectă cerințele SM EN 206:2013+A2:2021.

**27.22** Cerințe față de armături. Ca armătură structurală pot fi utilizate bare de armare S240 în conformitate cu SM SR EN 10080 și SM ISO 6935-2, precum și armături din sârmă cu profil periodic în conformitate cu SM SR EN 10080.

**27.22.1** Pentru structurile de pod din beton armat este necesar utilizate armături conforme cu cerințele SM SR EN 10080, SM ISO 6935-1, SM ISO 6935-2, SM ISO 6935-3 și alte reglementări aplicabile.

**27.22.2** Armătura netensionată din clasa S500 utilizată pentru armarea elementelor supuse verificărilor la oboseală este necesar să aibă rezistență la oboseală, conform standardelor aplicabile.

**27.22.2.1** Elementele, supuse verificărilor la oboseală, includ elementele podurilor de cale ferată, podurilor combinate, placa (dalele) tablierului podurilor pentru traficul rutier, inclusiv borduri din beton armat și elemente ale rosturilor de deformare, precum și planșee ale podețelor dreptunghiulare cu o grosime a umpluturii mai mică de 1 m.

**27.22.3** Dacă se utilizează armături active întinse din clase diferite, în calculele de rezistență, este necesar ca:

- a) pentru armătura netensionată, este necesar luată în considerare rezistența de calcul corespunzătoare armăturii cu cea mai mică rezistență;
- b) pentru armătura pretensionată, este necesar luată în considerare numai armătura de aceeași clasă.

**27.30** Utilizarea oțelurilor de armare noi, inclusiv importate, ca armătură activă (calculată) este permisă în conformitate cu procedura stabilită.

**27.31** Ca armătură de lucru (calculată) se utilizează produse metalice din tablă (SM EN 10051) sau profilate, precum și materiale compozite pe bază de fibre de sticlă, carbon sau minerale. Utilizarea acestor materiale în structurile podurilor este necesar să se bazeze pe documentele de reglementare respective. Atunci când se proiectează structuri de poduri armate cu armătură compozită, se recomandă efectuarea unui studiu, care să ia în considerare dispozițiile SM EN 1998-2:2011/AC:2015.

**27.32** Pentru toate piesele înglobate este necesar utilizat oțel laminat în conformitate cu cerințele acestui normativ.

**27.33** Principalii indicatori ai rezistenței și deformabilității armăturilor sunt reprezentați de valorile normative ale caracteristicilor acestora. Valorile normative ale rezistenței oțelului sunt garantate cu un nivel de încredere de cel puțin 0,95 (corespunzător fractilului de 5%), în timp ce valorile normative ale caracteristicilor de deformare sunt luate egale cu valorile lor medii, având un nivel de încredere de 0,5.

**27.34** Principala caracteristică de rezistență a armăturii cu bare la întindere (compresiune) este valoarea standard a rezistenței  $f_{yk}$ ,  $f_{0,2k}$ , egală cu valorile rezistenței fizice la limita de curgere sau ale rezistenței condiționate la limita de curgere corespunzătoare alungirii reziduale egală cu 0,2 %.

**27.34.1** Pentru armătura din sârmă netedă și toroanele de armare ca valoare normativă a rezistenței  $f_{0,2k}$  se adoptă tensiuni corespunzătoare unei rezistențe convenționale la curgere de 0,95, pentru armătura din sârmă cu profil periodic - 0,90 din rezistență convențională la curgere. Caracteristicile specificate se determină în conformitate cu standardele actuale pentru oțelurile de armare.

**27.35** Rezistențele normative și de calcul ale armăturilor la întindere urmează să fie preluate din SM EN 1992.

**27.36** Rezistențele de calcul la compresiune ale armăturilor netensionate este necesar considerate egale cu rezistențele de calcul la întindere ale acestor armături.

### **27.37 Cerințe generale pentru calculul structurilor din beton și beton armat**

**27.37.1** La proiectarea structurilor din beton și beton armat ale structurilor de poduri, este necesar să se asigure fiabilitatea structurii prin evitarea apariției stărilor limită din cele două grupe prevăzute în SM EN 1990 și SM ISO 2394.

**27.37.2** În acest scop, pe lângă desemnarea materialelor adecvate și îndeplinirea cerințelor structurale stipulate, este necesar efectuate calcule în conformitate cu cerințele prezentelor normative de construcție. În calculele structurilor și ale elementelor structurale individuale este necesar luate în considerare cele mai nefavorabile combinații de sarcini și impacturi posibile în diferite etape ale funcționării lor.

**27.37.3** Schemele de calcul este necesar să corespundă soluțiilor tehnologice și de proiectare adoptate, să ia în considerare condițiile de fabricație, transport și instalare, particularitățile încărcării cu sarcini permanente, temporare și accidentale, ordinea de pretensionare și de reglare a eforturilor în structură.

**27.37.4** Pentru a evita atingerea stărilor limită ultime (SLU) din prima grupă, elementele structurilor de pod este necesar să fie calculate:

- a) pentru rezistență;
- b) pentru stabilitate (forme și poziții);
- c) pentru oboseală.

**27.37.5** În calculele la oboseală este necesar să se ia în considerare sarcinile și impacturile, posibile în etapa de funcționare normală a structurii.

**27.37.6** Calculele de rezistență la fisurare împreună cu cerințele din SM EN 1992-2, cerințele structurale și cerințele din NCM D.02.01 este necesar să asigure durabilitatea structurilor de pod din beton armat.

**27.37.7** Elementele structurilor din beton armat, în funcție de scop, condițiile de lucru și armătura utilizată, este necesar să îndeplinească categoriile relevante de cerințe privind rezistența la fisurare.

**27.37.8** Eforturile din secțiunile transversale ale elementelor structurilor static nedeterminate, provenite din încărcări și acțiuni în calculele stărilor limită din prima și a doua grupare, de regulă, se determină ținând seama de deformările inelastice ale betonului și armăturilor și de prezența fisurilor.

**27.37.9** La structurile, a căror metodologie de calcul care ia în considerare proprietățile inelastice ale betonului nu a fost dezvoltată, precum și pentru etapele intermediare de calcul care iau în considerare proprietățile rigide ale betonului, eforturile în secțiunile transversale ale elementelor este necesar să fie determinate pe baza ipotezei elasticității liniare a acestora.

**27.37.10** Dacă în timpul fabricării sau montării unei structuri se modifică schemele statice de proiectare sau caracteristicile geometrice ale secțiunilor, eforturile, tensiunile și deformațiile din structură este necesar să fie determinate prin însumarea lor pentru toate etapele anterioare de funcționare. În acest fel este necesar de luat în considerare modificările eforturilor în timp datorate contracției și fluajului betonului și relaxării tensiunilor în armătura pretensionată.

**27.37.11** În structurile cu armătură netensionată, tensiunile din beton și armătură se determină în conformitate cu regulile de calcul pentru materiale elastice, fără a lua în considerare lucrul betonului zonei întinse.

**27.38** În structurile pretensionate, tensiunile din beton și armătură în secțiunile normale la axa longitudinală a elementului, este necesar determinate conform regulilor de calcul ale materialelor elastice, tratând secțiunea ca una continuă. Dacă betonul de monolitizare al armăturilor pretensionate situate în canale deschise nu are aderență la betonul structurii principale, este necesar de considerat că armătura pretensionată situată în canal nu are aderență de betonul structurii.

**27.38.1** La determinarea lățimii de deschidere a fisurilor în elementele structurale pretensionate (inclusiv cele cu armare mixtă), tensiunile din armătură este necesar determinate fără a lua în considerare activitatea zonei întinse a betonului.

**27.38.2** Eforturile din zona întinsă a betonului este necesar să fie transferate integral armăturii. În toate cazurile, caracteristicile secțiunii reduse este necesar determinate ținând seama de armătura pretensionată și netensionată aflată în secțiune.

**27.38.3** Dacă elementele structurii sunt realizate din beton din clase diferite, suprafața totală de lucru a secțiunii transversale este necesar determinată ținând seama de modulele lor de elasticitate respective.

**27.38.3.1** În cazul structurilor pretensionate pe beton, în faza de comprimare a betonului în aria de lucru a betonului nu este inclusă suprafața canalelor închise și deschise. La calcularea acestor structuri în fazele de exploatare, în aria secțiunii transversale de proiectare a betonului este necesar luată în considerare aria secțiunii transversale a canalelor închise injectate.

**27.38.3.2** Lățimea deschiderii fisurilor în betonul de monolitizare nu este necesar să depășească dimensiunile adoptate pentru elementele proiectate pentru categoria de rezistență la fisuri.

**27.38.4** În structurile compuse pe lungime (înălțime), testele de rezistență și de rezistență la fisurare este necesar efectuate în secțiuni, care se reflectă cu îmbinările sau traversează zona de îmbinare.

**27.38.5** Îmbinările este necesar să asigure transmiterea eforturilor de calcul fără a deteriora betonul de monolitizare și capetele elementelor (blocurilor) care urmează să fie îmbinate. Cleiul din îmbinări este destinat etanșării îmbinărilor și transmiterii uniforme a eforturilor de compresiune.

**27.39** Pereții grinzilor în T ale tablierelor de cale ferată este necesar calculați luând în considerare posibila deplasare transversală a liniei de cale ferată pe pod, care nu este necesar să fie mai mică de 100 mm.

**27.39.1** Calculul la formarea fisurilor ale pereților grinzilor tablierelor de poduri, este necesar efectuat cu considerare torsiunii și încovoierii pereților (din planul lor).

**27.40** Pretensionarea prealabilă a armăturii se caracterizează prin valorile efortului inițial (controlat) în conformitate cu cerințele normative, aplicat la capetele armăturii care urmează să fie tensionată prin intermediul dispozitivelor de tensionare, și a efortului în regim staționar, egal cu forța controlată minus pierderile care au avut loc până la momentul respectiv. În același timp tensiunile din armătură corespunzătoare efortului controlat nu este necesar să depășească rezistențele de calcul indicate SM EN 1992-2, luând în considerare coeficientul condițiilor de lucru.

**27.41** La calculul elementelor precomprimate, locul de transfer ale eforturilor concentrate de la armătura precomprimată la beton este necesar să fie luat în structurile:

- a) cu ancore exterioare (de capăt) și interioare (tijă-cadru), la locul de rezemare sau ancorare a ancorei;
- b) cu armătură fără ancore (cu ancorare prin coeziunea armăturii cu betonul) - la o distanță egală cu 2/3 din lungimea zonei de transfer al eforturilor.

**27.41.1** Lungimea zonei de transfer de eforturi la beton de la armătura pretensionată de bare cu profil periodic este necesar să fie luată după cum urmează:

- $20d$  ( $d$  - diametrul barei, mm) în cazul transmiterii line a efortului;
- în cazul transmiterii instantanee a forței prin retezarea barelor (la diametrul barei nu mai mare de 18 mm) -  $25d$ .

**27.41.2** Lungimea zonei de transfer la beton al eforturilor de la toroanele de armare pretensionate, în absența ancorelor, este necesar să fie stabilită în conformitate cu tabelul 27.6.

**Tabelul 27.6 - Lungimea zonei de transfer la beton al eforturilor de la toroanele de armare pretensionate**

| Diametrul toroanelor de armare, mm | Lungimea zonei de transfer la beton al eforturilor $l_{tp}$ , m, la rezistența de transfer, corespunzătoare betonului din clasa de rezistență la compresiune |        |        |        |                 |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-----------------|
|                                    | C20/25                                                                                                                                                       | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/50 și peste |
| 9                                  | 0,85                                                                                                                                                         | 0,80   | 0,75   | 0,65   | 0,60            |
| 12                                 | 0,95                                                                                                                                                         | 0,90   | 0,87   | 0,75   | 0,70            |
| 15                                 | 1,10                                                                                                                                                         | 1,00   | 0,95   | 0,85   | 0,80            |

NOTĂ - Pentru transferul instantaneu al efortului de compresiune la beton (prin retezarea toroanelor), începutul zonei de transfer al eforturilor este necesar să fie luat la o distanță, egală cu  $0,25/l_{tp}$  de la capătul elementului.

**27.42** Armarea zonei de transfer a eforturilor concentrate asupra betonului, inclusiv a celor provenite de la elementele de armare tensionate, este necesar efectuată considerând starea de tensiune-deformare a acestei zone, determinată prin metodele teoriei elasticității sau prin alte metode rezonabile de calcul ale tensiunilor locale.

**27.42.1** Efectele de contracție și fluaj ale betonului este necesar luate în considerare la determinat:

- a) pierderea de pretensionare în armătură;
- b) reducerea compresiunii betonului în structurile pretensionate;
- c) modificările forțelor în structurile cu control artificial al tensiunilor;
- d) deplasările (deformările) structurilor din cauza sarcinilor și acțiunilor permanente;
- e) eforturile în structurile static nedeterminate;
- f) eforturile în structurile monolitice-prefabricate.

**27.42.2** Deformațiile structurilor, datorate încărcărilor temporare, este necesar determinate fără a lua în considerare contracția și fluajul betonului.

**27.43** La calcularea elementelor comprimate biaxial și triaxial, pierderile de tensiune în armătura tensionată și reducerea comprimării betonului, datorată contracției și fluajului betonului, este necesar determinate separat pentru fiecare direcție de acțiune a eforturilor.

**27.44** Tensiunile în elementele structurilor precomprimate este necesar să fie determinate după efortul controlat minus:

- a) primele pierderi - în etapa de compresiune a betonului;
- b) primele și cele secundare - în etapa de exploatare.

## 28 Proiectarea elementelor de beton armat și beton precomprimat

### 28.1 Principii generale de proiectare

**28.1.1** Calculul elementelor de beton de beton armat și beton precomprimat se face pe baza principiilor din SM EN 1990:2023, SM EN 1992-1-1:2024, SM EN 1992-2:2011 și a anexelor lor naționale, prin verificarea comportării corespunzătoare față de stările limită care pot apare în diferite etape.

**28.1.2** Calculul se face ținând seama de cele mai defavorabile condiții de solicitare în diferite faze ale lucrării (execuție, depozitare, montaj, exploatare).

**28.1.3** În calcule se iau în considerare următoarele stări limită:

- stări limita ultime;
- de rezistență;
- de stabilitate a poziției (răsturnare sau alunecare);

- de oboseală (în SM EN 1992-2:2011 și în anexa sa națională, în 6.8.1.(102) se precizează structurile și elementele structurale pentru care verificarea la oboseală nu este necesară);
- stări limită ale exploatării normale;
- de fisurare;
- de deformăție.

## 28.2 Calculul elementelor din beton armat. Calculul la starea limită de rezistență

**28.2.1** Verificarea la starea limită de rezistență pentru elementele liniare și elementele de suprafață plane se face respectând condiția ca solicitarea de calcul să fie mai mică, sau cel mult egală cu capacitatea portantă a secțiunii .

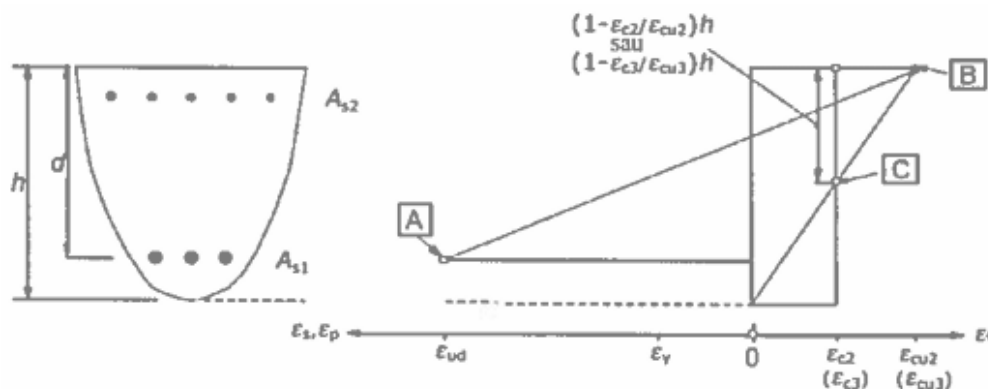
**28.2.2** Determinarea momentului capabil ultim al secțiunilor drepte de beton armat se bazează pe ipotezele următoare :

- secțiunile plane și normale pe axa elementului rămân plane și normale după deformăție;
- armăturile aderente (armături pentru beton armat), fie că sunt întinse sau comprimate, suferă aceleași deformății relative ca betonul adiacent (nu există lunecare relativă între armături și beton);
- rezistența la întindere a betonului se neglijează;
- eforturile în betonul comprimat se deduc din diagrama efort-deformăție de calcul indicate în fig. 27.1 sau fig. 27.2;
- eforturile în armăturile pentru beton armat se deduc din diagramele de calcul indicate în fig. 27.4;
- ruperea are loc când deformăția în cel puțin un punct al secțiunii atinge valoarea limită corespunzând materialului (beton sau oțel).

**28.2.3** Criteriul de rupere este exprimat în deformății. În consecință, problema constă în găsirea pozițiilor limită ale diagramei de deformății a secțiunii, astfel încât nici una din deformățiile limită ale materialelor să nu fie depășite, când secțiunea este solicitată, la starea limită ultimă, de diferite tipuri de solicitări normale (întindere pură, întindere excentrică, încovoiere pură, compresiune excentrică, compresiune centrică).

## 28.3 Calculul la starea limită pentru elemente solicitate la încovoiere

**28.3.1** Elementele încovoiate armate cu oțel laminat la cald și prevăzute cu procente de armare mai mici decât cele maxime ajung să își epuizeze capacitatea portantă prin curgerea armăturii întinse. Palierul de curgere deosebit de extins la aceste oțeluri face ca deschiderea fisurilor din dreptul secțiunilor plastificate să crească foarte mult, reducându-se astfel zona comprimată până la limita critică în care betonul nu mai poate rezista, zdrobindu-se. În cazul cedării plastice se pot utiliza pentru calcul numai relații de echilibru static.



- A** - Limita de deformăție corespunzătoare armăturii din beton armat la întindere;  
**B** – limita de deformăție corespunzătoare a betonului la compresiune;  
**C** - limita de deformăție corespunzătoare a betonului la compresiune pură;

**Figura 28.1 - Diagrama deformațiilor admise la starea limită**

**28.3.2** Metoda simplificată se bazează pe anumite ipoteze simplificatoare, din care cea mai importantă este adoptarea unei distribuții uniforme a eforturilor de compresiune în beton (fig. 28.2), ipoteze care permit rezolvarea problemei de dimensionare utilizând numai ecuațiile de echilibru.

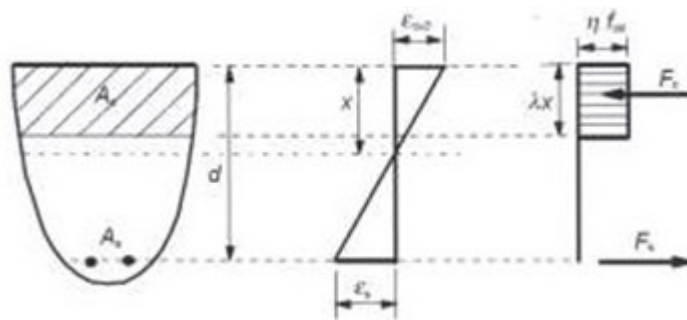


**Figura 28.2 - Diagrama simplificată efort-deformație pentru beton, în conformitate cu SM EN 1992-1-1**

**28.3.3** Coeficienții  $l$  și  $h$ , din figura 30.2 iau valorile următoare:

$$l = 0,8 \text{ pentru } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa};$$

$$l = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ pentru } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa};$$

și

$$l = 1,0 \text{ pentru } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa};$$

$$l = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \text{ pentru } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa};$$

**28.3.4** Înălțimea limită a zonei comprimate și procentul maxim de armare. Dacă starea limită ultimă este atinsă când betonul comprimat se atinge  $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  simultan cu atingerea deformației de curgere în armătură  $\varepsilon_s = \varepsilon_y = \frac{f_{yd}}{E_s}$ , se spune că ruperea este "balansată":

$$x_b = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_y};$$

se notează:  $\xi_b = \frac{x_b}{d}$  – înălțimea relativă a zonei comprimate a betonului care corespunde ruperii balansate;

**28.3.5** Înălțimea zonei comprimate depinde de clasa betonului și de deformația de intrare în curgere a armăturilor, unde:

- pentru betoane de clasa inferioară C25/30 utilizând un B500A,  $x_b < 0,55 \cdot d$ , ( $\xi_b < 0,55$ );

- pentru betoane de clasa superioară C25/30 utilizând un B500A,  $x_b < 0,50 \cdot d$ , ( $\xi_b < 0,50$ ).

**28.3.6** Este economic să se limiteze înălțimea zonei comprimate a betonului pentru a utiliza complet capacitatea armăturilor. Dacă  $x > x_b$  efortul în armături  $\sigma_s < f_{yd}$ . În cazul grinzilor și a plăcilor, această limitare este echivalentă cu limitarea procentului de armare.

**28.3.7** Pentru o secțiune dreptunghiulară simplu rezemată rezultanta forțelor interne este (a se vedea în fig.30.3):

$$0,8 \cdot x_b \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}, \text{ se împarte la } (dbf_{yd});$$

$$0,8 \cdot \xi = A_s \cdot f_{yd} / dbf_{cd},$$

se notează:  $A_s / bd = \rho = \text{procent de armare};$

$$0,8 \cdot \xi = \rho \cdot f_{yd} / f_{cd}, \text{ pentru } \rho = 0,8 \xi \cdot f_{cd} / f_{yd};$$

se pune condiția ca  $\xi \leq \xi_B$  pentru care rezultă  $\rho \leq 0,8 \xi \cdot f_{cd} / f_{yd} = \rho_{max};$

**28.3.8** Procentul minim de armare SM EN 1992 recomandă un procent minim de armare:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d, \text{ dar cel puțin } A_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d;$$

în care,

$b_t$  – este notată lățimea medie a zonei întinse, pentru o grindă de tip "T", a cărei talpă superioară este comprimată, numai lățimea inimii este luată în considerare la calculul lui  $b_t$ ;

$f_{ctm}$  – este determinată  $f_{ctm}$ , în funcție de clasa de rezistență corespunzătoare, conform tabelului 27.1;

**28.4** Modul de calcul pentru cazuri curente întâlnite în proiectarea podurilor din beton armat. Secțiune dreptunghiulară simplu armată. Se utilizează următoarele notații.

$\lambda x$  – înălțimea diagramei rectangulare simplificate a eforturilor de compresiune din beton;

$\xi = \lambda x / d$  – înălțimea relativă a zonei comprimate a betonului.

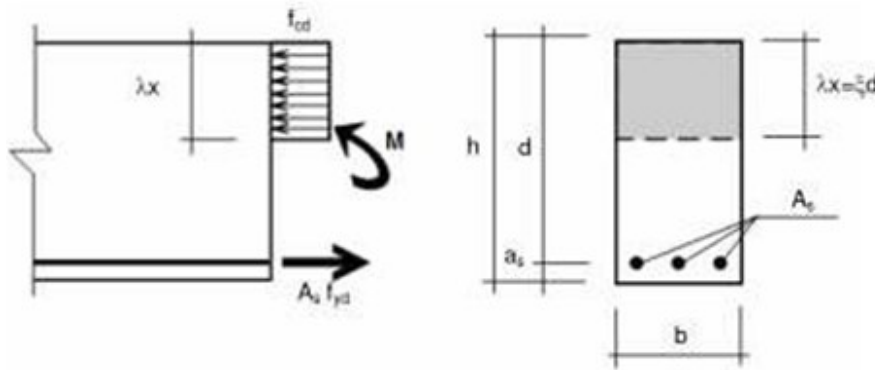


**Figura 28.3 - Diagrama simplificată a eforturilor pentru o secțiune dreptunghiulară simplu armată**

**28.4.1** Ecuațiile de echilibru sunt următoarele:

- ecuația de protecție a forțelor pe axa elementului,  $b\lambda x\eta f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$ ;
- ecuația de moment (scrisă față de centrul de greutate al armăturilor sau față de rezultanta compresiunilor din beton):

$$M = b\lambda x\eta \cdot f_{cd}(d - \lambda x/2) = A_s \cdot f_{yd}(d - \lambda x/2);$$

**28.4.2** Ecuațiile de mai sus, exprimate în următoarele mărimi adimensionale (utilizate frecvent în calcule):

$\xi = \lambda x/d$  – înălțimea relativă a zonei comprimate a betonului;

$\rho = A_s/bd$  – procent de armare;

$$m = M/bd^2\eta f_{cd}$$

au următoarea formă:  $\xi = \frac{f_{yd}}{\lambda\eta f_{cd}}$ ; unde  $m = \lambda\xi \left(1 - \frac{\lambda\xi}{2}\right) = \rho \frac{f_{yd}}{\eta f_{cd}} \left(1 - \frac{\xi}{2}\right)$ ;

EXEMPLE DE CALCUL (pentru notații a se vedea fig.28.3).

Verificarea secțiunii, se cunosc:  $b, h, a_s, A_s, f_{yd}, f_{cd}$ .

Se cere:  $x$  și  $M_{Rd}$  (momentul capabil al secțiunii).

Condiția de echilibru al forțelor în secțiune:  $b\lambda x\eta \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$  din care rezultă că  $x = A_s \cdot f_{yd} / \lambda b \eta f_{cd}$ .

Dacă  $x > x_b$  relațiile utilizate nu sunt corecte deoarece  $\sigma_s < f_{yd}$ ;

Dacă  $x < x_b$  capacitatea portantă a secțiunii este:  $M_{Rd} = b\lambda x\eta \cdot f_{cd}(d - \lambda x/2)$  sau  $M_{Rd} = A_s f_{yd}(d - \lambda x/2)$ ;

Dimensionarea secțiunii, se cunosc:  $b, h, a_s, M_{Sd}, f_{yd}, f_{cd}$ .

Se cere:  $x$  și  $A_s$ , Ecuația din (p.28.4.1) în raport cu  $x$ :

$$\lambda x = d \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Sd}}{\eta f_{cd} b d^2}} \right); \text{ pentru care } A_s = b\lambda x \frac{\eta f_{cd}}{f_{yd}};$$

Secțiune dreptunghiulară dublu armată.

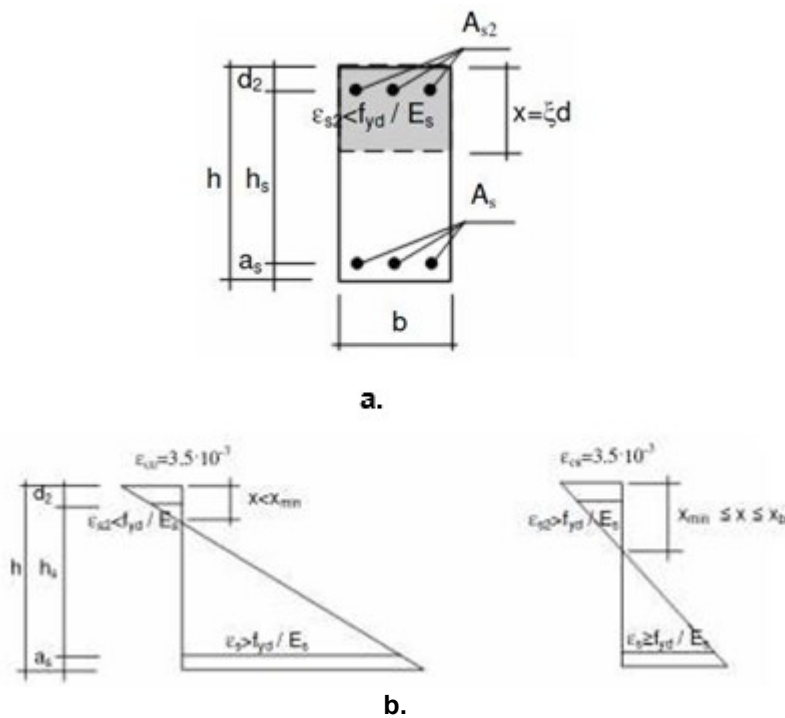


**Figura 28.4 - Diagrame de deformații pe secțiunea cu armături comprimate**

**28.4.3** Echivalența statică este exprimată prin două ecuații: ca pentru secțiunea simplu armată (1), la care este necesar adăugat și efectul armăturilor comprimate (2).

(1) Condiția ca armăturile întinse să atingă limita de curgere ( $\epsilon_s > \epsilon_y$ ) este:  $x \leq x_b$ ;

(2) Condiția ca armăturile comprimate să atingă limita de curgere ( $|\epsilon_{s2}| \geq \epsilon_y$ ) este:

$$x \geq x_{min} = d_2 \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} - \epsilon_y} ;$$

**28.4.4** Pentru oțeluri, B370 și B500A se poate considera acoperitor  $x_{min} \approx 2d_2$ . Pentru oțeluri cu limita de curgere mai înaltă (S400, S500) această aproximație nu mai este valabilă.

**28.4.5** Ecuațiile de echilibru sunt următoarele (a se vedea notațiile din fig. 28.4.a):

- ecuația de protecție a forțelor pe axa elementului:

$$b\lambda x\eta f_{cd} + A_{s2}f_{yd} - A_s f_{yd} = 0 ;$$

ecuația de moment (scrisă față de centrul de greutate al armăturilor întinse):

$$M = b\lambda x\eta f_{cd}(d - \lambda x/2) = A_{s2}f_{yd}h_s ;$$

Dacă  $x < x_{bmin}$ , atunci  $|\sigma_{s2}| < f_{yd}$ . În această situație este de preferat ca ecuația de moment să se scrie în raport cu armătura comprimată.

## **28.5 Calculul la starea limită ultimă pentru elemente solicitate la compresiune excentrică**

**28.5.1** În practică, compresiunea pură nu există datorită imperfecțiunilor geometrice elementelor. Considerarea în calcule a excentricităților încărcărilor axiale este indicată în 5.2 (104) SM EN 1992-2:2011 și în anexa națională a sa.

**28.5.1.1** Prevederile se aplică elementelor supuse la compresiune axială și structurilor cu încărcări verticale. Valorile numerice se referă la abaterile permise la execuție (Clasa 1 din SM SR EN 13670:2011). Dacă se admit alte abateri la execuție, valorile numerice este necesar ajustate corespunzător.

**28.5.1.2** Imperfecțiunile pot fi reprezentate printr-o înclinare,  $\theta_l$ , dată de relația:

$$\theta_l = \theta_0 \cdot \alpha_h ;$$

în care,

$\theta_0$  – este valoarea de bază;

$\alpha_h$  – este factorul de reducere pentru lungime sau înălțime:  $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ ;  $\alpha_h \leq 1$ ;

$l$  – este lungimea sau înălțimea, m;

**28.5.1.3** Pentru  $\theta_0$  se utilizează următoarele valori:

- 1/200, valoarea recomandată pentru clasa de control 2, conform anexei G din SM ENV 13670-1:2002, la poduri obișnuite (cu deschideri mici și mijlocii și înălțimi ale elevațiilor pilelor și culeelor până la 10,00m);
- 1/300, valoarea recomandată pentru clasa de control 3, conform anexei G din SM ENV 13670-1:2002, la poduri obișnuite (cu deschideri mari și înălțimi ale elevațiilor pilelor și culeelor peste 10,00m);
- 1/100, în cazul fundațiilor indirecte (grupuri de piloți sau barete).

**28.5.2** Pentru podurile în arc, forma imperfecțiunilor în plan orizontal și vertical, este necesar să se bazeze pe prima formă de pierdere a stabilității (flambaj) în plan orizontal și respectiv vertical. Fiecare formă poate fi idealizată printr-un profil sinusoidal. Amplitudinea este necesar să fie luată  $a = \theta_i \frac{l}{2}$ , unde  $l$  – este jumătatea din lungimea de undă.

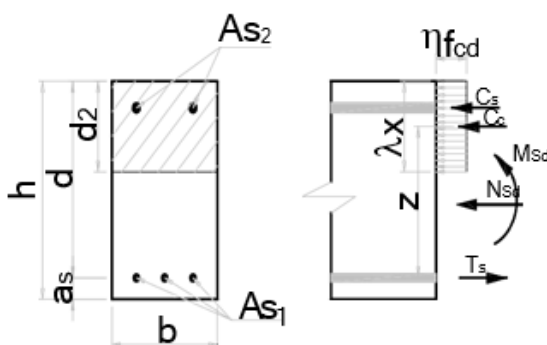


**Figura 28.5 - Distribuția eforturilor interne și poziția solicitărilor pe secțiune**

**28.5.3** Exemplificare pentru secțiunea dreptunghiulară  $x_{min} < x \leq x_b$  (armăturile întinse și cele comprimate sunt în domeniul plastic). Ecuațiile de echilibru sunt următoarele:

- ecuația de proiecție a forțelor pe axa elementului,  $N = b\lambda x\eta f_{cd} + A_{s2}f_{yd} - A_s f_{yd}$ ;
- ecuația de moment (scrisă fie față de centrul de greutate al armăturilor întinse, fie față de armătura comprimată):

$$M + N(h_1 - a)/2 = b\lambda x\eta f_{cd}(d - \lambda x/2) + A_{s2}f_{yd}h_s, \text{ sau}$$

$$M - N(h_2 - a)/2 = b\lambda x\eta f_{cd}(h_s - d + \lambda x/2) + A_s f_{yd}h_s;$$

Pentru  $x_{min} < x$ , (armăturile comprimate nu sunt în domeniul plastic), ecuațiile de echilibru sunt următoarele:

- ecuația de proiecție a forțelor pe axa elementului:  $N = b\lambda x\eta f_{cd} + A_{s2}\sigma_{s2} - A_s f_{yd}$ ;
- ecuația de moment (scrisă fără armătură comprimată):

$$M - Nh_s/2 = b\lambda x\eta f_{cd}(h_s - d + \lambda x/2) + A_s f_{yd}h_s \approx A_s f_{yd}h_s;$$

în care,

$x_{min} \approx 2d_2$  - în cazul în care se utilizează oțeluri B370 și B500A.

**Exemple de calcul practic**, (a se vedea notațiile în 28.5, exemplul de calcul a se vedea în sursa bibliografică [1], BTR anul IX, nr. 3 – 4/3013, pag. 90).

**28.6** Compresiunea excentrică – cazul II (armăturile întinse NU ajung la gurgere).

$x > x_b$  înălțimea zonei comprimate este mai mare decât cea corespunzătoare punctului de balans.

- înălțimea zonei comprimate este mai mare decât cea corespunzătoare punctului de balans;
- forța axială de compresiune este mai mare decât cea corespunzătoare punctului de balans ( $N > N_b$ )

**28.6.1** Diagrama dreptunghiulară de compresiuni în beton este acceptată și în acest caz dacă  $x \leq 0,8d$ .

**28.6.2** Calculul “manual” este dificil și este recomandabilă fie folosirea unui program de calcul, fie a tabelor așa cum sunt cele din lucrarea “Îndrumător pentru calculul și alcătuirea elementelor structural de beton armat” (R. Agent, T. Postelnicu, D. Dumitrescu. Ed. Tehnică 1992), sau programe de calcul/Software (exemplu: MIDAS, SCIA INGINERING, etc.).

**28.7** Calcul în secțiuni înclinate. Se definesc următoarele:

$V_{Ed}$  - forța tăietoare de calcul;

$V_{Rd,c}$  - forța tăietoare capabilă de calcul a secțiunii de beton (preluată de beton);

$V_{Rd,s}$  - forța tăietoare capabilă de calcul a armăturii (preluată de etrieri, armături înclinate);

$V_{Rd,max}$  - forța tăietoare capabilă de calcul a elementului de beton (înainte de zdrobirea bielelor comprimate).

**28.7.1** În zonele în care  $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$  se prevede o armătură minimă transversală, așa cum este indicat în 9.2.2 din SM EN 1992-1-1:2024.

**28.7.2** În zonele în care  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  se prevăd armături pentru preluarea forțelor tăietoare.

**28.8** Elemente care nu necesită armături pentru preluarea forței tăietoare (componenta preluată de beton) pct 6.2.2 SM EN 1992-1-1 și SM EN 1992-2.

**28.8.1** Valoarea de calcul a rezistenței de forfecare  $V_{Rd,c}$  (forța tăietoare preluată de beton), este;

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \cdot \rho \cdot l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d, \text{ cu o valoare minimă de } V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d.$$

în care,

$f_{ck}$  - este în MPa,  $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ , cu  $d$  în mm,  $\rho l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$ ;

$A_{sl}$  - este aria armăturii întinse, care se extinde pe o lungime  $l \geq (l_{bd} + d)$  dincolo de secțiunea considerată (a se vedea în figură 28.6);

Aria armăturii pretensionate ancorată poate fi inclusă în calcularea lui  $A_{sl}$ . În acest caz, poate fi folosită o valoare medie ponderată a lui  $d$ .

$l_{bd}$  - este lungimea de ancorare a armăturii longitudinale;

$b_w$  - este lățimea minimă a secțiunii transversale în zona întinsă, mm;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_C < 0,2 f_{cd}$ , MPa - efort unitar mediu datorat forței axiale;

$N_{Ed}$  - este forța axială în secțiunea transversală datorată încărcării sau a efectului pretensionării în Newtoni ( $N_{Ed} > 0$  pentru compresiune). La stabilirea  $N_{Ed}$ , se poate ignora influența deformațiilor impuse.

$A_C$  - este aria secțiunii transversale a betonului, mm<sup>2</sup>;

$V_{Rd,c}$  - valoare măsurată în Newtoni;

$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$  - pentru beton greu, unde:  $\gamma_c$  - coeficient parțial pentru beton;

$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$  - pentru beton greu, componenta de deplasare a unui efort unitar tangențial;

$$k_1 = 0,15.$$

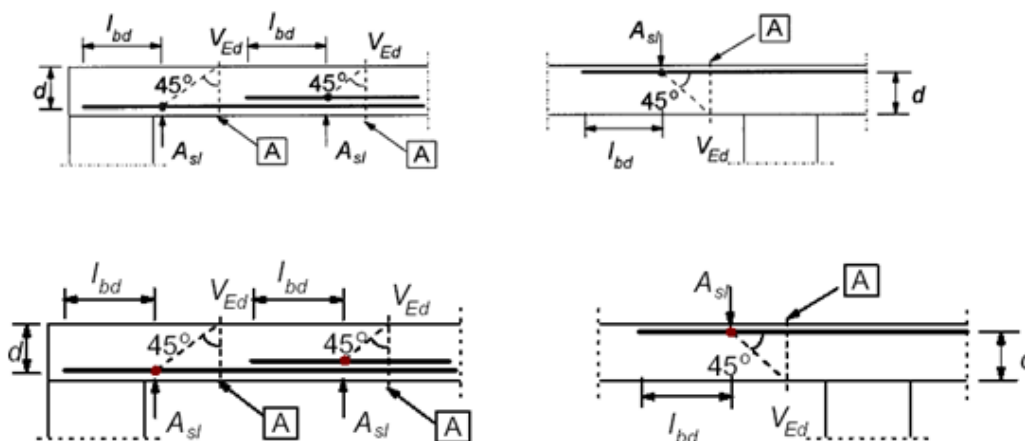


Figura 28.6 - Definirea armării  $A_{sl}$  din expresia (p. 30.8.1)

**28.9 Elemente la care sunt necesare armături pentru preluarea forței tăietoare (componenta preluată de armături)** pct. 6.2.3 SM EN 1992-1-1:2024 și SM EN 1992-2:2011.

**28.9.1** Calculul elementelor cu armături pentru preluarea forței tăietoare se bazează pe un model de grindă cu zăbrele (a se vedea figura 28.7).

**28.9.2** Se consideră că ruperea se poate produce fie, prin cedarea armăturilor transversale întinse ( $V_{Rd} = V_{Rd,s}$ ) fie, prin zdrobirea betonului din diagonalele comprimate ( $V_{Rd} = V_{Rd,max}$ ). Pentru asigurarea unei ruperi ductile este necesar să fie satisfăcută ( $V_{Rd,s} \leq V_{Rd,max}$ ).

**28.9.3** Valorile unghiului  $\theta$  al bielelor înclinate este necesar să respecte următoarea relație:

$$1 \leq \cot \theta \leq (21,8^0 \leq \theta \leq 45^0) ;$$

**28.9.4** În funcție de înclinarea  $\theta$  aleasă, vor rezulta cantități diferite de armatură transversală și longitudinală, datorită solicitărilor diferite în diagonalele comprimate, respectiv în barele întinse (etrieri și barele longitudinale).

**28.9.5** Dacă se consideră  $\theta=45^0$  se obține cantitatea maximă de armatură transversală. Nu se recomandă această variantă.

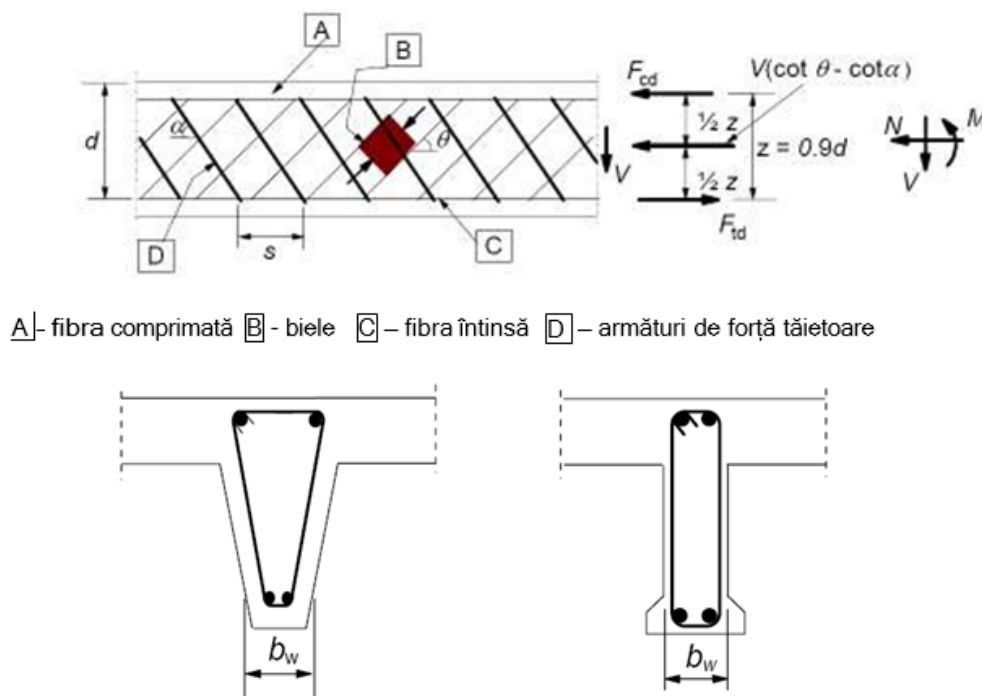


**Figura 28.7 - Modelul de grindă cu zăbrele și notațiile în cazul elementelor cu armături pentru forța tăietoare**

**28.9.6** Pentru a se obține cantitate minimă totală de armatură și manoperă se parcurg următoarele etape:

- se determină  $V_{Rd,max}$  pentru valoarea minimă a unghiului ( $\cot \theta = 2,5$ ) și se verifică poziția forței tăietoare de calcul ( $V_{Ed}$ ) față de limitele intervalului:

$$V_{Rd,c} \leq V_{Ed,red} \leq V_{Rd,max};$$

- dacă forța tăietoare de calcul  $V_{Ed,red}$  se află între limita inferioară și aproximativ jumătatea domeniului se alege  $2,5 \geq \cot \theta \geq 1,75$ , în funcție de apropierea de o limită;
- dacă valoarea forței tăietoare de calcul  $V_{Ed,red}$  tinde către limita superioară  $\cot \theta$  se determină cu relația:

$$\cot \theta = \frac{1,2 - 1,4 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}}{1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Ed,red}}};$$

sau dacă lipsește forța de compresiune din secțiune ( $\sigma_{cp} = 0$ ):

$$\operatorname{ctg}\theta = \frac{1,2}{1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Ed,red}}};$$

$$\operatorname{ctg}\theta \in (1,0; \dots 1,75)$$

**28.9.7** Forța tăietoare capabilă a elementelor armate cu etrieri este:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}, V_{Rd,max}) \text{ în care } V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{vwd} \cdot \operatorname{ctg}\theta;$$

$$V_{Rd,max} = a_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cos\theta + \tan\theta);$$

în care,

$A_{sw}$  – aria tuturor ramurilor de armătură dintr-un plan transversal;

$s$  – este spațiul dintre etrieri;

$z$  – brațul de pârghie al forțelor interne, se poate aprecia  $z=0,9d$  dacă nu există forță axială;

$b_w$  – este lățimea minimă a secțiunii transversale;

$f_{vwd}$  – este rezistența de calcul la curgere a armăturii supuse la forfecare; dacă  $f_{vwd} \leq 0,8f_{yk}$  atunci  $f_{vwd} = 0,8f_{yk}$ ;

$v_1$  – este un factor de reducere a rezistenței pentru betonul fisurat supus la forfecare.

$$\text{valoarea } v_1 = v = 0,6[1 - f_{ck}/250], \text{ unde } f_{ck} \text{ în MPa};$$

Dacă efortul de calcul din armătura supusă la forfecare este sub 80% din efortul de curgere caracteristic  $f_{yk}$ , atunci valorile lui  $v_1$  se vor primi astfel:

$v_1 = 0,6$  – pentru  $f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$ ;

$v_1 = 0,9$  –  $f_{ck}/200 > 0,5$  pentru  $f_{ck} \geq 60 \text{ MPa}$ .

$a_{cw}$  – este un coeficient care ține seama de starea de eforturi din talpa comprimată, este pentru secțiuni care nu sunt supuse la întindere, valoarea recomandată a lui  $a_{cw}$  este după cum urmează:  
pentru structurile nepretensionate:

$$\begin{aligned} (1 + \sigma_{pc}/f_{cd}) & \quad \text{pentru } 0 < \sigma_{cp} \leq 0,25f_{cd}; \\ 1,25 & \quad \text{pentru } 0,25f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,5f_{cd}; \\ 2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd}) & \quad \text{pentru } 0,5f_{cd} < \sigma_{cp} < 1,0f_{cd}; \end{aligned}$$

în care,

$\sigma_{cp}$  – este efortul de compresiune mediu, măsurat pozitiv, în beton datorat forței axiale de calcul. Aceasta se obține prin determinarea mediei acestuia pe secțiunea de beton ținând seama de armare.

**28.9.7.1** Nu este necesar să se calculeze valoarea  $\sigma_{cp}$  la o distanță mai mică de  $0,5d \cdot \cot\theta$  de la marginea reazemului.

**28.9.8** În cazul încovoierii cu forță axială de întindere, cu o fibră comprimată.

$$a_{cw} = a_{cw,t} = 1 + \sigma_{cp}/f_{ctd};$$

**28.9.9** În vederea asigurării unei rupei ductile, secțiunea etrierilor nu va depăși valoarea maximă din relația:

$$\frac{A_{sw,max} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq 0,5a_{cw}v_1f_{cd}$$

**28.10** Forța tăietoare capabilă a elementelor armate cu bare înclinate (a se vedea notațiile în 30.8, exemplul de calcul a se vedea în sursa bibliografică [1], BTR anul IX, nr. 3 – 4/3013, pag. 96).

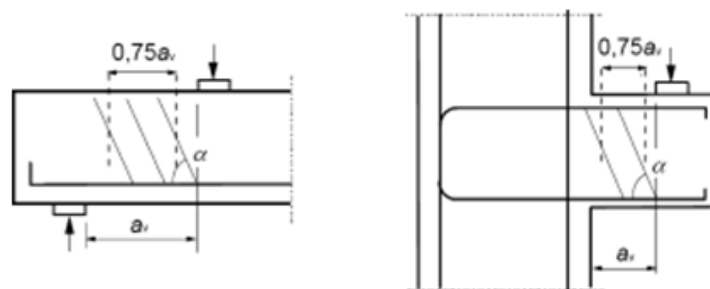


**Figura 28.8 - Armături de forță tăietoare în travee scurte cu bielă cu transmitere directă**

**28.11** Verificarea zonelor de contact dintre betoane turnate în etape diferite (de exemplu în planul de contact între grinda prefabricată și o placă de suprabetonare turnată ulterior)

**28.11.1** La interfața între betoanele turnate în etape diferite, efortul de lunecare este necesar să se verifice relația:

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi};$$

în care,

$V_{Edi}$  – este valoarea de calcul a efortului de lunecare pe interfață, indicat de:  $V_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} l(z \cdot b_i)$ ;

$\beta$  – este raportul între forța axială (longitudinală) în betonul nou și forța axială longitudinală totală în zona comprimată sau zona întinsă, amândouă calculate pentru secțiunea considerată;

$V_{Ed}$  – este forța axială transversală;

$z$  – este brațul de pârghie al forțelor interne ale secțiunii compozite;

$V_{Rdi}$  – este valoarea de calcul a efortului de lunecare la interfață:

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd}(\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd};$$

$c$  și  $\mu$  – sunt coeficienți care depind de rugozitatea interfeței. În lipsa unor informații detaliate, suprafețele sunt clasate în foarte netede, netede și cu praguri.

$f_{ctd}$  – este rezistența la întindere;

$\sigma_n$  – este efortul cauzat de o forță axială minimă normală la interfață care acționează în același timp cu forța de lunecare, efortul este pozitiv dacă este de compresiune, cu  $\sigma_n < 0,6 f_{cd}$ , și negativ la întindere. Atunci când  $\sigma_n$  este un efort de întindere, se ia  $c \cdot f_{ctd} = 0$ .

$r = A_s/A_i$

$A_s$  – aria armăturilor ce traversează interfața, inclusiv a armăturilor pentru forță tăioare (dacă există), corect ancorate de o parte și alta a interfeței;

$A_i$  – aria rostului;

$\alpha$  – definit în figura 3.9 și limitat astfel:  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ;

$v$  – este un factor de reducere a rezistenței pentru betonul fisurat supus la forfecare,  $v = 0,6[1 - f_{ck}/250]$ ;

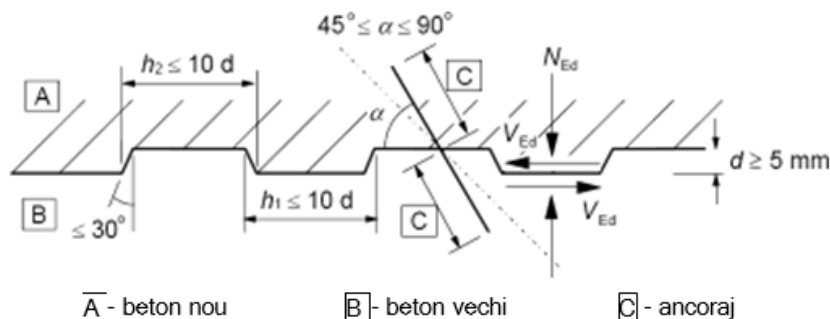


**Figura 28.9 - Rost de turnare cu praguri (dinți)**

## 28.12 Elemente din beton armat supuse la solicitări cu forțe tăietoare și momente de torsiune

**28.12.1** Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri, în care echilibrul este asigurat de un flux închis de eforturi de forfecare. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente. Secțiunile de formă complexă, cum sunt secțiunile T, pot fi mai întâi descompuse în secțiuni elementare, modelate fiecare printr-o secțiune cu pereți subțiri echivalentă, rezistența la torsiune a ansamblului fiind egală cu suma rezistențelor secțiunilor elementare.

**28.12.2** Distribuția momentelor de torsiune în secțiunile elementare se face proporțional cu rigiditatea la torsiune a secțiunii lor nefisurate. În cazul secțiunilor goale, se limitează grosimea pereților fictivi la grosimea reală a pereților secțiunii. (Metoda de calcul este prezentată în 6.3.2 din SM EN 1992-1-1:2024 și în SM EN 1992-2:2011.)

**28.12.3** Armarea secțiunii supuse la torsiune se realizează cu etrieri și bare longitudinale suplimentare. Armătura longitudinală necesară pentru torsiune ( $\sum A_{sl}$ ):

$$\frac{\sum A_{sl} \cdot f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} \operatorname{ctg} \theta ;$$

În care,

$u_k$  – este perimetrul ariei  $A_k$ ;

$f_{yd}$  – limita de elasticitate de calcul a armăturii longitudinale  $A_{sl}$ ;

$\theta$  – este unghiul bielei comprimate (a se vedea Figura 3.7).

**28.12.4** Armătura longitudinală necesară la torsiune se distribuie pe perimetrul  $u_k$ . În cazul secțiunilor cu dimensiuni mici armătura poate fi dispusă concentrat, în colțurile secțiunii. Armătura transversală necesară pentru torsiune ( $\sum A_{sh}$ ):

$$\frac{\sum A_{sh} \cdot f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} \operatorname{ctg} \theta ;$$

În care,

$A_{sh}$  – este aria unei ramuri de etrier (cu excepția secțiunilor casetate armate cu doua „plase” unde reprezintă aria celor două ramuri);

$s$  – este distanța dintre etrieri;

**28.12.5** Efectele torsiunii și ale forței tăietoare se pot suprapune, luând aceeași înclinare  $\theta$  a bielei. Valorile limită ale lui  $\theta$  indicate la 30.7-30.12 se aplică și în cazul solicitărilor combinate de torsiune cu forta tăietoare.

**28.12.6** Rezistența unui element supus la solicitări de torsiune cu forță tăietoare este limitată de rezistența bielei comprimate de beton. Pentru a nu se depăși această rezistență este necesar verificată următoarea relație:

$$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 1,0 ;$$

În care,

$T_{Ed}$  – momentul de torsiune de calcul;

$V_{Ed}$  – forța tăietoare de calcul;

$T_{Rd,max}$  – momentul de torsiune de calcul de obținut din relația:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot a_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta ;$$

$v = 0,6[1 - f_{ck}/250]$ , unde  $f_{ck}$  este în MPa;

$a_{cw}$  – coeficient care ține seama de starea de eforturi din talpa comprimată, definit mai sus;

$V_{Rd,max}$  – este valoarea maximă a forței tăietoare capabile, a se vedea p.30.9.6 și 30.9.7;

**28.12.7** Pentru secțiunile pline este suficientă armarea minimă dacă se respectă condiția următoare:

$$T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c} \leq 1,0 ;$$

În care,

$T_{Ed}$  – momentul de torsiune de calcul;

$V_{Ed}$  – forța tăietoare de calcul;

$T_{Rd,c}$  – momentul de fisurare torsiune, se determină din relația:  $T_{Rd,c} = 2 \cdot A_k \cdot f_{cd} \cdot t_{ef,i}$ ;

$V_{Rd,c}$  – forța tăietoare capabilă de calcul a secțiunii de beton (preluată de beton).

### 28.13 Verificarea la starea limită de serviciu

**28.13.1** Secțiunile elementelor din beton armat se verifică la următoarele stări limită de serviciu:

- limitarea eforturilor unitare;
- controlul deschiderii fisurilor;
- limitarea sagetilor.

**28.13.2** În calculul eforturilor unitare și al săgetilor se consideră că secțiunile sunt nefisurate dacă eforturile unitare de întindere din încovoiere nu depășesc valoarea  $f_{ct,eff}$  - care este rezistența medie efectivă la întindere a betonului în momentul în care se preconizează apariția primelor fisuri.

**28.13.3** Pentru calculul deschiderii fisurilor se utilizează valoarea medie a rezistenței de întindere a betonului  $f_{ctm}$ .

### 28.14 Limitarea eforturilor unitare

**28.14.1** Efortul unitar de compresiune în beton este necesar limitat pentru a se evita fisurile longitudinale, microfisurile sau pentru a limita nivelurile ridicate de curgere lentă. Apariția fisurilor longitudinale pot conduce la reducerea durabilității.

**28.14.2** Astfel, sub *gruparea caracteristică* eforturile se limitează la următoarele valori:

- în beton, efortul de compresiune,  $\sigma_c < k_1 f_{ck}$  :

a)  $k_1 = 0,66$  (pentru beton precomprimat cu armături postîntinse);

b)  $k_1 = 0,70$  (pentru beton precomprimat cu armături preîntinse);

dacă se iau măsuri suplimentare pentru confinarea betonului (plase, frete, etrieri) pentru prevenirea apariției fisurilor longitudinale. A se vedea anexa națională a SM EN 1992-2:2011.

- în beton, efortul de întindere  $\sigma_c < 1,0 f_{ctk0,05}$

- în armături, efortul de întindere  $\sigma_s < k_3 f_{yk}$  pentru care  $k_3 = 0,8$ .

### 28.15 Controlul fisurării

**28.15.1** Fisurarea este normală la structurile de beton armat supuse la încovoiere, forța tăietoare, torsiune sau întindere, dar aceasta este necesar limitată pentru asigurarea unei bune funcționari a structurii, pentru asigurarea durabilității, etc.

**28.15.2** Este necesar definită o valoare limită a deschiderii fisurilor ( $w_{max}$ ) ținând seama de funcția propusă, de natura structurii precum și de costurile limitării fisurilor.

**28.15.3** Valorile recomandate  $w_{max}$ , eforturile unitare limită în beton pentru grupări de încărcări relevante sunt precizate în tabelul 30.1.

(Spațiu liber lăsat intenționat)

**Tabelul 28.1 - Valori recomandate ale  $W_{max}$ , în mm, și eforturi unitare limită în beton, pentru grupări de încărcări relevante, în MPa**

| Clasa de expunere                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                          | Elemente din beton armat sau/și precomprimate cu armături posttânse neaderente amplasate în exteriorul structurii (secțiunii) de beton armat |                                   |      | Elemente precomprimate cu armături pretensionate aderente (preîntinse/posttânse) amplasate în interiorul secțiunii de beton armat sau/și cu armături posttânse neaderente amplasate în exteriorul structurii (secțiunii) de beton precomprimat.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                          | Combinăția de expunere (tabelul 7.102(RO))                                                                                                   |                                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                          | I.a;<br>I.b                                                                                                                                  | II.a;<br>II.b;<br>III.a;<br>III.b |      | I.a;<br>I.b                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | II.a; II.b; III.a; III.b; IV.a; IV.b;<br>IV.c.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Grupare de încărcare cvasipermanentă                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                          | 0,2                                                                                                                                          | 0,075                             | 0,1  | decomprimare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | decomprimare                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Grupare de încărcare frecventă (reversibilă)                                                                                                                                                                                                                                           | Pentru poduri rutiere și pasarele                        | 0,25                                                                                                                                         | 0,10                              | 0,15 | $\sigma_c \leq -1 \text{ MPa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Grupare de încărcare nefrecventă - frecvență rară (reversibilă)                                                                                                                                                                                                                        | Pentru poduri rutiere                                    | 0,3                                                                                                                                          | 0,15                              | 0,2  | Fisuri normale:<br>$\sigma_c \leq f_{ctk,0.05}$ și<br>$W_{max} = 0,10$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\sigma_c \leq 0$                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Gruparea caracteristică în exploatare (ireversibilă)*                                                                                                                                                                                                                                  | Pentru poduri rutiere                                    |                                                                                                                                              |                                   |      | Fisuri normale:<br>$\sigma_c \leq 1,5 \cdot f_{ctk,0.05}$ și<br>$W_{max} = 0,20$<br><br>Fisuri înclinate:<br>$\sigma_1 \leq (1 - 0,8 \frac{\sigma_3}{f_{ck}}) \cdot f_{ctk,0.05}$<br>pentru:<br>$\sigma_1 > (1 - 0,8 \frac{\sigma_3}{f_{ck}}) \cdot f_{ctk,0.05}$<br>și se limitează la :<br>$W_{max} = 0,20$                                                                                                                                                                                                                       | Fisuri normale:<br>$\sigma_c \leq 1,0 \cdot f_{ctk,0.05}$ și<br>$W_{max} = 0,10$<br><br>Fisuri înclinate:<br>$\sigma_1 \leq 0,7(1 - \frac{\sigma_3}{f_{ck}}) \cdot f_{ctk,0.05}$<br>pentru:<br>$\sigma_1 > 0,7(1 - \frac{\sigma_3}{f_{ck}}) \cdot f_{ctk,0.05}$<br><br>$W_{max} = 0,10$ |
| Grupare de încărcare caracteristică la transfer, depozitare, transport și montaj (ireversibilă)                                                                                                                                                                                        | Pe fibră cu armături din oțel - beton                    | 0,3                                                                                                                                          | 0,2                               | 0,2  | 0,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pe fibră cu armături din oțel beton și oțel pretensionat | Pentru elemente din beton armat cu armături din oțel pretensionat amplasate în exteriorul secțiunii de beton:<br>$\geq 0,6f_{ck}(t)$         |                                   |      | <i>Pentru elemente precomprimate cu armături pretensionate aderente preintinse amplasate în interiorul secțiunii de beton sau/și cu armături posttânse neaderente amplasate în exteriorul structurii (secțiunii) de beton precomprimat: <math>\geq 0,6f_{ck}(t)</math>.</i><br><br><i>Pentru elemente cu armături aderente posttânse amplasate în interiorul secțiunii de beton sau/și cu armături postintinse neaderente amplasate în exteriorul structurii (secțiunii) de beton precomprimat: <math>\geq 0,6f_{ck}(t)</math>.</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Pentru clasele de expunere XO, XC1, deschiderile fisurilor nu au nici o influență asupra durabilității și această limită este stabilită pentru a garanta un aspect acceptabil al elementului.                                                                                          |                                                          |                                                                                                                                              |                                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Controlul fisurării prin atingerea stării de decomprimare a secțiunii se definește prin neaparitia eforturilor unitare de întindere în beton la distanța de cel mult 100 mm față de armăturile aderente sau față de limitele canalelor, în cazul armăturilor pretensionate neaderente. |                                                          |                                                                                                                                              |                                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

\*) Pentru gr. 5 (LM3 — vehicule speciale și / sau combinații cu TS și UDL) verificarea se face la cererea beneficiarului. Tabelul se recomandă să se citească în următoarea convenție de semne:

- eforturi unitare de întindere (de exemplu  $f_{ctk,0.05}$ ): (+)
- eforturi unitare de compresiune (de exemplu  $f_{ck}(t)$ ): (-)

## 28.16 Limitarea săgeților

**28.16.1** Deformația unui element sau a unei structuri nu este necesar să afecteze buna lor funcționare sau aspectul lor.

**28.16.2** Metoda adoptată pentru calculul deformațiilor este necesar să reprezinte comportarea reală a structurii supuse la acțiunile corespunzătoare.

**28.16.3** În funcție de eforturile produse de acțiuni asupra structurilor se disting următoarele tipuri de elemente:

- Elemente *nefisurate*, elementele care nu sunt solicitate peste rezistența la întindere a betonului;
- Elemente *care fisurează, dar nu integral*, sunt elementele care sunt solicitate peste rezistența la întindere a betonului și, pentru acestea se consideră o comportare intermediară între starea nefisurată și cea complet fisurată cu ajutorul expresiei următoare:

$$\alpha = \xi \cdot \alpha_{II} + (1 - \xi) \alpha_I ;$$

în care,

$\alpha$  - este parametrul de deformație considerat, care poate fi de exemplu o deformație specifică, o curbura sau o rotație;

$\alpha_I$ ,  $\alpha_{II}$  - sunt valorile parametrului calculate în starea nefisurată și respectiv în starea complet fisurată;

$\xi$  - este un coeficient de distribuție (care ține seama de participarea betonului întins în secțiune), indicat în expresia următoare:

$$\xi = 1 - \beta \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 ; \xi = 0 \text{ pentru secțiunile nefisurate}$$

$\beta$  - coeficient care ține seama de influența duratei încărcării sau de repetarea încărcării asupra deformației specifice medii:

$\beta = 1,0$  - în cazul unei încărcări unice de scurtă durată;

$\beta = 0,5$  - în cazul unei încărcări de lungă durată sau al unui mare număr de cicluri de încărcare;

$\sigma_s$  - efortul unitar în armăturile întinse, calculat presupunând secțiunea fisurată;

$\sigma_{sr}$  - efortul unitar în armăturile întinse, calculat presupunând secțiunea fisurată în condițiile de încărcare care provoacă prima fisură;

**28.16.4** Raportul  $\sigma_{sr}/\sigma_s$  poate fi înlocuit cu  $M_{cr}/M$  în cazul încovoierii sau cu  $N_{cr}/N$  în cazul întinderii pure, pentru care  $M_{cr}$  reprezentând momentul de fisurare și  $N_{cr}$  forța de fisurare.

**28.16.5** Deformațiile datorate încărcărilor pot fi evaluate utilizându-se rezistența la întindere și modulul de elasticitate efectiv al betonului, indicate în tabelul 10.1.

**28.16.6** În cazul încărcărilor de o durată care provoacă curgerea lentă a betonului, deformația totală, incluzându-se curgerea lentă, poate fi calculată utilizându-se modulul de elasticitate efectiv al betonului dat de expresia:

$$E_{c,eff} = \frac{t_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)} ;$$

în care,

$\varphi(\infty, t_0)$  - este coeficientul de curgere lentă pentru încărcarea și intervalul de timp considerate;

**28.16.7** Cuburile datorate contracției pot fi evaluate cu ajutorul expresiei:

$$\frac{1}{r_{cs}} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot \frac{S}{I} ;$$

în care,

$1/r_{cs}$  - este curbura datorată contracției;

$\varepsilon_{cs}$  - este deformația liberă de contracție;

$S$  - este momentul static al secțiunii de armătură fără de axa trecând prin centrul de greutate a secțiunii;

$I$  - este momentul de inerție a secțiunii;

$\alpha_e$  - este coeficientul de echivalență efectiv,  $\alpha_e = E_s/E_{c,eff}$  ;

**28.16.8** Momentul static al secțiunii ( $S$ ) și momentul de inerție ( $I$ ), exprimate în punctul 30.16.7 se calculează pentru starea nefisurată și pentru starea complet fisurată, estimarea curburii finale fiind efectuată cu ajutorul expresiei:  $\alpha = \xi \cdot \alpha_{II} + (1 - \xi) \alpha_I$ .

**28.16.8** Metoda cea mai riguroasă pentru determinarea săgeții când se utilizează metoda indicată mai sus, constă în calcularea curburii într-un număr mare de secțiuni de-a lungul elementului, apoi calcularea săgeții prin integrare numerică. În majoritatea cazurilor, sunt suficiente două calcule, în primul caz presupunând elementul nefisurat, în al doilea caz presupunând elementul complet fisurat, apoi interpolând cu expresia  $\alpha = \xi \cdot \alpha_{II} + (1 - \xi) \alpha_I$  pentru a obține săgeata.

**28.16.9** Pentru podurile rutiere se definesc cerințe și criterii referitoare la deformații și vibrații. Cerințele și criteriile de exploatare corespunzătoare vor fi definite de către beneficiar, cu aprobarea autorității relevante, în caiete de sarcini.

**28.16.10** Pentru podurile rutiere, verificarea stărilor limită de exploatare privind deformațiile și vibrațiile se iau în considerare numai în cazuri excepționale. Gruparea frecventă de acțiuni este recomandată pentru evaluarea deformării.

**28.16.11** Vibrațiile podurilor rutiere pot avea origini diferite, în special acțiunile din trafic și acțiunea vântului. Pentru vibrațiile datorate acțiunilor vântului, a se vedea SM EN 1991-1-4. Pentru vibrațiile datorate acțiunilor din trafic se iau în considerare criteriile de confort. Oboseala se ia de asemenea în considerare.

## 29 Calculul elementelor de beton precomprimat

**29.1** Calculul elementelor de beton precomprimat este necesar să cuprindă verificările de la capitolul 28.

**29.1.1** La elementele din beton precomprimat mai sunt necesare verificări ale eforturilor unitare în beton și armătura pretensionată în diferite etape (transfer, transport, montaj, monolitizare, exploatare) și verificări ale zonelor de transmitere a eforturilor de precomprimare.

### 29.2 Eforturi unitare în beton și în armătura pretensionată

**29.2.1** Precizări pentru calculul elementelor din beton precomprimat sunt prezentate în 5.10 din SM EN 1992-1-1:2024 și SM EN 1992-2:2011 în anexele lor naționale.

**29.2.2** La calculul eforturilor unitare în armătura pretensionată și beton se folosesc relațiile din rezistența materialelor, considerându-se materialele elastice, iar forța de precomprimare ca o forță exterioară.

**29.2.3** În stadiul I (beton nefisurat) caracteristicile geometrice de calcul ale secțiunilor se stabilesc considerând întreaga secțiune de beton și secțiunea armăturii pretensionate multiplicată cu coeficientul de echivalență  $n_r = E_r / E_{cm}$ .

**29.2.4** La elementele cu armătura postîntinsă, în faza de transfer, nu se iau în considerare ariile armăturilor pretensionate și ale canalelor. După întărirea materialului injectat pot fi luate în considerare și ariile armăturilor. Dacă secțiunea elementului este realizată din betoane de clase diferite, aria secțiunii de calcul se stabilește pentru o singură clasă de beton, cu ajutorul coeficientului de echivalență (obținut prin din raportul modulelor de elasticitate ale betoanelor).

**29.2.5** Forța maximă de pretensionare  $P_{max}$  (forța aplicată capătului activ în timpul tensionării) nu va depăși valoarea:

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{p,max} ;$$

în care,

$A_p$  - aria secțiunii armăturilor pretensionate;

$\sigma_{p,max}$  - efortul maxim aplicat armăturii egal cu  $\min(k_1 f_{pk}; k_2 f_{p0,1k})$   $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,9$ ;

**29.2.6** La transfer, efortul de compresiune în beton datorat forței de precomprimare și a altor încărcări care acționează în timpul tensionării (de exemplu greutatea proprie a elementului) se limitează astfel:

$$\sigma_c \leq k_6 \cdot f_{ck}(t);$$

în care,

$f_{ck}(t)$  – este rezistența caracteristică la compresiune a betonului la timpul  $(t)$ , la care se aplică forța de pretensionare;

**29.2.7** Pentru elementele de beton precomprimat cu armătură postîntinsă,  $k_6 = 0.6$ .

**29.2.8** În elementele de beton precomprimat cu armătură preîntinsă, efortul de compresiune în beton, în momentul transferului poate fi mărit până la valoarea  $k_6 f_{ck}(t)$ . Valoarea recomandată pentru  $k_6 = 0.7$ , dacă se poate demonstra prin încercări sau prin experiență că fisurarea longitudinală este evitată.

**29.2.9** Dacă efortul de compresiune depășește permanent valoarea  $0,45 f_{ck}(t)$ , se va ține seama de neliniaritatea curgerii lente.

**29.2.10** Imediat după întindere sau transfer, efortul în armăturile pretensionate nu va depăși valoarea:

$$\sigma_{pm0(x)} = \min(k_7 f_{pk}; k_8 f_{p0,1k}), \text{ pentru care } k_7 = 0,75 \text{ respectiv } k_8 = 0,8 ;$$

### 29.3 Pierderi de tensiune în armăturile pretensionate care se iau în considerare

**29.3.1** Conform SM EN 1992-1-1:2024 și SM EN 1992-2:2011, la calculul eforturilor unitare din armăturile pretensionate se iau în considerare următoarele pierderi de tensiune:

**29.3.1.1** Pierderi de tensiune instantanee ( $\Delta P_i(x)$ ):

- Datorate frecării pe traseu  $\Delta P_\mu(x)$ ;
- Datorate lunecării în ancoraje  $\Delta P_{sl}$ ;
- Datorate deformării elastice a betonului  $\Delta P_{el}$ ;
- Datorate relaxării pe termen scurt a armăturilor  $\Delta P_r$ ;
- Datorate tratamentului termic (pentru elementele prefabricate supuse tratamentului termic),

**29.3.1.2** Pierderi dependente de timp ( $\Delta P_{c+s+r}$ ):

Pierderile dependente de timp se calculează considerând următoarele două cauze:

- reducerea alinării armăturilor datorate deformațiilor betonului din curgere lentă la contracții, sub acțiunea încărcărilor permanente;
- reducerea efortului în armături datorată relaxării.

**29.3.2 Pierderi de tensiune instantanee ( $\Delta P_i(x)$ ):**

**29.3.2.1** Pierderi de tensiune prin frecare pe traseu  $\Delta P_\mu(x)$ . Pe traseul armaturilor pretensionate apar frecări cu pereții canalului. Frecarea se manifestă atât pe porțiunile rectilinii cât și pe cele curbilinii ale traseului.

**29.3.2.2** Mărimile frecărilor, deci implicit al pierderilor de tensiune depind de o serie de factori dintre care pot fi menționați:

- tipul armăturii pretensionate;
- forma secțiunii transversale (toron, fascicul, cablu, etc);
- forma secțiunii fasciculelor (circulară, ovală, profilată);
- de raportul dintre aria armăturii pretensionate și cea a canalului;
- de starea suprafeței toroanelor;
- de natura materialului folosit pentru canale.

**29.3.2.3** Pierderile de tensiune datorate frecării pe traseu,  $\Delta P_\mu(x)$ , are următoarea expresie:

$$\Delta P_\mu(x) = P_{max}(1 - e^{-\mu(\theta - kx)});$$

În care,

$\theta$  - este suma unghiurilor la centru (exprimate în radiani) a tuturor porțiunilor curbilinii, pe distanța  $x$ , (indiferent de direcția și semnul lor);

$\mu$  - este coeficientul de frecare între armătură și canal;

$k$  - este deviația unghiulară accidentală pentru armături interioare (pe unitate de lungime);

$x$  - este distanța, în lungul armăturii, de la punctul unde forța de pretensionare este egală cu  $P_{max}$  (forța la capătul activ în timpul tensionării);

NOTĂ - Valorile lui  $\mu$  și  $k$  sunt indicate în Acordul Tehnic European corespunzător fasciculelor dispuse în grindă.

**29.3.2.4** În cazul unui traseu din porțiuni rectilinii și curbilinii, pierderea de efort în secțiunea  $x$  va fi:

$$\Delta P_\mu(x) = A_p \cdot \sigma_{p,max}(1 - e^{-\mu(\theta - kx)});$$

$$\Delta \sigma_{fx} = \sigma_{p,max} \cdot (1 - e^{-\mu(\theta - kx)});$$

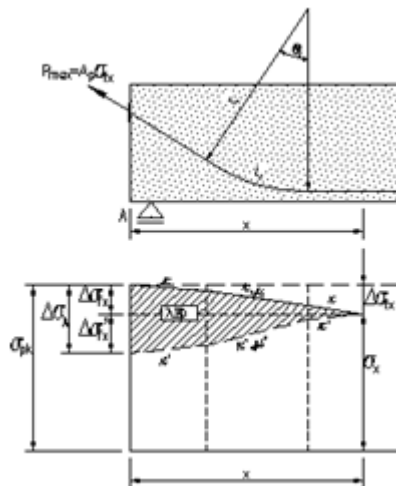


**Figura 29.1 - Variația eforturilor unitare în armătura pretensionată având traseul alcătuit din porțiuni rectilinii și curbilinii**

### 29.3.3 Pierderi de tensiune datorită lunecărilor și deformațiilor locale la blocare în ancoraje.

**29.3.3.1** În funcție de tensiune datorită cedărilor în ancoraje se calculează cu relația:

$$\Delta P_{sl} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{L_p} \cdot E_p;$$

în care,

$\lambda_1$  și  $\lambda_2$  – sunt lunecările și deformațiile locale în ancorajele mobile (unde se face blocarea), valorile  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  se iau din agrementul tehnic în funcție de tipul de ancoraj utilizat;

$L_p$  – este lungimea armăturii pretensionate între ancoaje;

$E_p$  – este modulul de elasticitate al armăturii pretensionate.

**29.3.3.2** Dacă blocarea se face la un singur capăt, adică atunci când un ancoraj este fix iar celălalt mobil în relația lui  $\Delta P_{sl}$  una din valorile  $\lambda$  se ia egală cu zero.

### 29.3.4 Cazul armăturilor postîntinse

**29.3.4.1** În cazul armăturilor postîntinse cu traseu rectiliniu sau curbiliniu, deformațiile specifice ale armăturii datorită lunecărilor și deformațiilor locale (recul) din ancoraje, datorită frecării dintre armatură și canal, se distribuie pe o lungime oarecare, la extremitățile armăturii prevăzute cu ancoraje active.

**29.3.4.2** Valorile lunecării sunt indicate în Agrementul Tehnic European al cablurilor și a tehnologiei aplicate la pretensionare.

**29.3.4.3** În literatura de specialitate se precizează că în cazul armăturilor postîntinse efectul reculului se reduce datorită frecărilor mai accentuate la revenirea armăturii decât la întinderea acesteia. Adică:

$$k' = 1,3 \cdot x \cdot k \quad \text{și} \quad \mu' = 1,3 \cdot x \cdot \mu$$

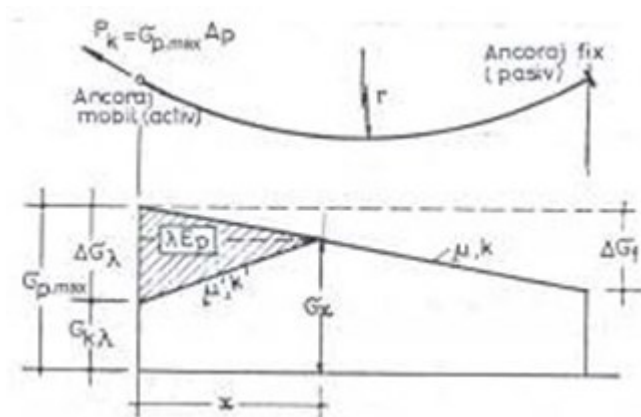


**Figura 29.11 - Calculul lungimii afectată de reculul armăturii în ancoraj**

se notează:

$$\Delta\sigma_{fx} = \sigma_{p,max} - \sigma_{p,max} \left[ 1 - e^{-(\mu/r + \mu kx)} \right];$$

$$\Delta\sigma'_{fx} = \sigma_x \cdot \left[ 1 - e^{-(\mu/r + \mu k/x)} \right];$$

$$\Delta\sigma_\lambda = (\Delta\sigma_{fx} + \Delta\sigma'_{fx}).$$

unde,

Pierdere datorată lunecărilor în ancoraje în  $x=0$  este:  $\Delta P_{sl} = (\Delta\sigma_{fx} + \Delta\sigma'_{fx})$ ;

$L$  și  $r$  – sunt lungimea și raza arcului;

$x$  – este distanța față de ancorajul activ până se simte reculul,  $x$  se obține prin încercări astfel încât suprafața hășurată din fig.30.11 să fie egală cu produsul  $\lambda E_p$ ;

$\lambda$  – se găsește în agrementul tehnic al ancorajelor utilizate.

## 29.4 Pierderi de tensiune datorită deformării elastice a betonului sub efectul întinderii succesive a acestora ( $\Delta P_{el}$ )

**29.4.1** Întinderea succesivă a cablurilor determină scurtarea elastică a betonului. Astfel, din întinderea cablului  $i$  va afecta eforturile în armăturile  $(i-1)$  întinse anterior. Variațiile eforturilor din armăturile întinse anterior pot fi întinderi sau compresiuni după cum deformațiile specifice ale betonului sunt alungiri sau scurtări.

**29.4.2** Această pierdere ( $\Delta P_{el}$ ) poate fi calculată ca o pierdere medie în fiecare armătură cu relația:

$$\Delta P_{el} = A_p \cdot E_p \cdot \sum \left[ \frac{j \cdot \Delta\sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right]$$

în care,

$\Delta\sigma_c(t)$  – este variația efortului în centrul de greutate al armăturilor la timpul  $t$ ;

$j$  – un coeficient egal cu:  $j=(n-1)/2n$ , în care  $n$ , este numărul de armături identice întinse succesiv, aproximativ, se poate lua  $j=1/2$ ;

1 – pentru variații datorate acțiunilor permanente aplicate după pretensionare.

## 29.5 Pierderi de tensiune datorate relaxării pe termen scurt a armăturilor $\Delta P_r$

**29.5.1** În SM EN 1992-1-1:2024 se definesc trei clase de relaxare:

Clasa 1: sârmă sau toron - relaxare normală

Clasa 2: sârmă sau toron - relaxare scăzută

Clasa 3: bare laminate la cald care au fost supuse la un tratament complementar.

**29.5.2** Calculul pierderilor de tensiune datorită relaxării este necesar să se efectueze pe baza valorii  $r_{1000}$ , pierdere prin relaxare (în %) la 1000 ore după tensionare, la o temperatură medie de 20°C.

**29.5.2.1** Valoarea  $r_{1000}$  este exprimată sub forma unui procent din efortul inițial, ea este obținută pentru un efort inițial de  $0,7f_p$ , unde  $f_p$  este rezistența efectivă la întindere a armăturii pretensionate, măsurată pe epruvete.

**29.5.3** Pentru calculele de dimensionare, se utilizează rezistența caracteristică la întindere ( $f_{pk}$ ).

**29.5.3.1** Valoarea  $r_{1000}$  poate fi luat egal cu 8% pentru clasa 1, cu 2,5% pentru clasa 2 și 4% pentru clasa 3, sau se ia din agrementul tehnic al armăturii utilizate.

**29.5.4** Pierderea prin relaxare poate fi obținută plecând de la certificatele de încercări ale fabricantului, sau definită ca raport în procente din variația efortului împărțită la efortul inițial, aplicând una din expresiile de mai jos.

$$\text{Clasa 1: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5,39 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{6,7\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(t-\mu)} \cdot 10^{-5}, \text{ pentru sârme;}$$

$$\text{Clasa 1: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(t-\mu)} \cdot 10^{-5}, \text{ pentru toroane;}$$

$$\text{Clasa 1: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1,98 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{8,0\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(t-\mu)} \cdot 10^{-5}, \text{ pentru bare laminate la cald supuse la un tratament termic complementar;}$$

în care,

$\Delta\sigma_{pr}$  – este valoarea absolută a pierderilor prin relaxare;

$\Delta\sigma_{pi}$  – în cazul precomprimării prin postîntindere,  $\sigma_{pi}$  este valoarea absolută a efortului inițial  $\sigma_{pi} = \sigma_{pm0}$ , în cazul precomprimării prin preîntindere,  $\sigma_{pi}$  este efortul de control mai puțin pierderile instantanee care se produc în cursul procesului de întindere;

$t$  – este timpul după întindere (în ore);

$m$  – este egal  $m = \sigma_{pi}/f_{pk}$ , unde  $f_{pk}$ , este valoarea caracteristică a rezistenței la întindere a oțelului;

$r_{1000}$  – este valoarea pierderii prin relaxare (în %), 1000 h după întindere la o temperatură medie de 20°C;

**29.5.5** Valorile finale ale pierderii prin relaxare se obțin la un timp  $t$  egal cu 500 000 h (aproximativ 57 ani).

**29.5.6** În cazul în care pierderile din relaxare se determină pentru intervale diferite de timp (pe faze de execuție) se recomandă să se aplice metoda prezentată în Anexa D din SM EN 1992-1-1:2024.

**29.5.7** Pierderile prin relaxare sunt foarte sensibile la temperatura oțelului. Dacă se aplică un tratament termic asupra betonului (de exemplu aburire, autoclavizare), se aplică prevederile de la 10.3.2.2 din SM EN 1992-2:2011. În celelalte cazuri, atunci când temperatura este superioară valorii de 50°C, se recomandă o verificare a pierderilor prin relaxare.

## **29.6 Pierderi de tensiune datorate tratamentului termic (pentru elementele prefabricate supuse tratamentului termic)**

**29.6.1** În cazul în care elementele prefabricate din beton sunt supuse unui tratament termic, scăderea efortului unitar în armătură și dilatația împiedecată a betonului, datorită temperaturii, induc o pierdere termică specifică  $\Delta P_\theta$ . Această pierdere poate fi estimată cu expresia:

$$\Delta P = 0,5 \cdot A_p \cdot E_p \cdot \alpha_c (T_{max} - T_o);$$

în care,

$A_p$  – este aria secțiunii pretensionate;

$E_p$  – este modulul de elasticitate al armăturilor pretensionate;

$\alpha_c$  – este coeficientul liniar de dilatare termică al betonului;

$T_{max}$  – este diferența între temperatura maximă și temperatura inițială a betonului în apropierea armăturilor pretensionate;

**29.6.2** Relaxarea este accelerată în timpul tratamentului termic. În cazul elementelor prefabricate cu armatura preîntinsă supuse tratamentului termic, pentru evaluarea pierderii de tensiune din relaxare, la timpul  $t$  se adaugă un timp echivalent  $t_{eq}$ .

$$t_{eq} = \frac{1,14(T_{max}-20)}{T_{max}-20} \sum_{i=1}^n (T_{(\Delta t_i)} - 20) \Delta t_i ;$$

În care,

$t_{eq}$  – este timpul echivalent (în ore);

$T_{(\Delta t_i)}$  – este temperatura (în °C) pe durata intervalului de timp  $\Delta t_i$ ;

$T_{max}$  – este temperatura (în °C) pe durata tratamentului termic.

### 29.6.3 Pierderi dependente de timp ( $\Delta P_{c+s+r}$ ).

**29.6.3.1** Pierderile dependente de timp se calculează considerând următoarele două cauze:

- pierderi datorită reducerii alungirii armăturilor cauzate de deformarea betonului din curgere lentă și contracție, sub încărcări permanente;
- pierderi cauzate de reducerea efortului în armătură datorită relaxării.

**29.6.3.2** Relaxarea oțelului depinde de deformația relativă a betonului din contracție și curgere lentă. Această interacțiune poate fi luată în calcul prin intermediul unui coeficient de reducere de 0,8.

**29.6.3.3** În pct. 5.10.6 din SM EN 1992-1-1 este prezentată o metodă simplificată pentru evaluarea pierderilor dependente de timp la abscisa  $x$ , sub încărcări permanente.

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta \sigma_{p,c+s+r} = A_p \cdot \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{I + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \frac{A_p}{A_c} \left( 1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2 \right) \cdot [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)]}$$

În care,

$\Delta \sigma_{p,c+s+r}$  - este valoarea absolută a variației efortului în armături la abscisa  $x$ , la momentul  $t$ , din curgere lentă, contracție și relaxare;

$\varepsilon_{cs}$  - este valoarea estimată a contracției, în valoare absolută;

$E_p$  - este modulul de elasticitate al armaturii pretensionate;

$E_{cm}$  - este modulul de elasticitate al betonului;

$\Delta \sigma_{pr}$  - este valoarea absolută a variației efortului în armături la abscisa  $x$ , la momentul  $t$ , din relaxare. Se determină pentru un efort:  $\sigma_p = \sigma_p(G+P_{m0} + \psi_2 Q)$ , unde  $\sigma_p = \sigma_p(G+P_{m0} + \psi_2 Q)$  este efortul inițial în armături datorită forței de precomprimare inițiale și a încărcărilor cvasipermanente;

$\varphi(t, t_0)$  - este coeficientul de curgere lentă la momentul  $t$ , pentru o încărcare la timpul  $t_0$

$\sigma_{c,QP}$  - este efortul în beton în vecinătatea armăturilor, sub acțiunea greutății proprii și a forței de precomprimare inițiale ca și a altor încărcări cvasipermanente, după caz. Valoarea lui  $\sigma_{c,QP}$  poate rezulta pe de-o parte din greutatea proprie și din forța de pretensionare inițială sau din gruparea cvasipermanentă de încărcări considerată în totalitatea ei,  $(\sigma_c(G+P_{m0} + \psi_2 Q))$ , după faza de construcție considerată;

$A_p$  - este aria secțiunii tuturor armăturilor pretensionate la abscisa  $x$ ;

$A_c$  - este aria secțiunii beton;

$I_c$  - este momentul de inerție ale secțiunii de beton;

$z_{cp}$  - este distanța dintre centrul de greutate al secțiunii de beton și armăturile pretensionate.

**29.6.3.4** Eforturile de compresiune și deformațiile relative corespunzătoare au în expresia de mai sus semn pozitiv.

## 29.7 Verificare la starea limită de rezistență în secțiuni normale

**29.7.1** Ruperea secțiunii precomprimate sub acțiunea momentului încovoietor produs de încărcările exterioare se poate produce prin cedarea betonului comprimat sau prin cedarea armaturii pretensionate întinse. Ruperea casantă (neavertizată) se evită prin limitarea zonei convenționale comprimate:

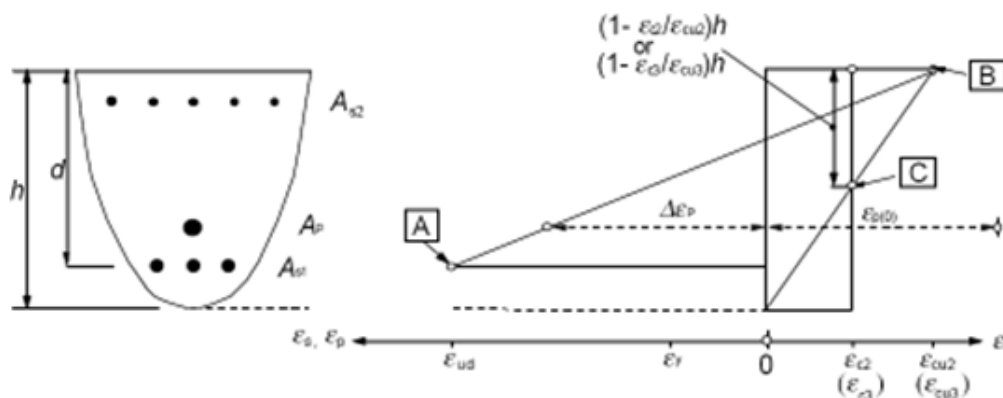
$$\xi = x/d \leq \xi_{lim};$$

unde,

pentru  $\xi_{lim} = 0,4$  pentru elemente cu armături preintinse și  $\xi_{lim} = 0,35$  pentru elemente cu armături postintinse.

**29.7.5** Determinarea momentului capabil ultim al secțiunilor drepte de beton armat precomprimit se bazează pe ipotezele următoare:

- secțiunile plane și normale pe axa elementului rămân plane și normale după deformare;
- armăturile aderente (armături pretensionate), fie că sunt întinse sau comprimate, suferă aceleași deformări relative ca betonul adiacent (nu există alunecare relativă între armături și beton);
- eforturile unitare din betonul zonei întinse nu se iau în considerare;
- eforturile unitare din betonul zonei convențional comprimate de înălțime  $\lambda x$  se considera având mărimea  $\eta f_{cd}$  pe întreaga suprafață a acesteia (din diagrama efort-deformație de calcul indicată în capitolul 27);
- eforturile în armăturile pentru beton precomprimat se deduc din diagramele de calcul indicate la capitolul 27 fig.27.6);
- evaluarea eforturilor din armăturile pretensionate ține seama de deformația lor relativă inițială;
- ruperea are loc când deformația în cel puțin un punct al secțiunii atinge valoarea limită corespunzând materialului (beton sau oțel).



A – limita de deformare corespunzătoare armăturii de beton armat la întindere;  
 B – limita de deformare corespunzătoare betonului la compresiune;  
 C – limita de deformare corespunzătoare betonului

**Figura 29.1 - Diagrama deformațiilor admise la starea limită ultimă**

### 29.7.6 Calculul elementelor solicitate la încovoiere

#### 29.7.6.1 Secțiune dreptunghiulară și T cu axa neutră în placă:

Coeficientul de lucru  $m$ , în cazul în care  $A_s > 0,25A_p$ ,  $m = \frac{0,85A_p\sigma_{p,max} + A_c f_{yd}}{A_p\sigma_{p,max} + A_c f_{yd}}$ , în cazul  $A_s < 0,25A_p$ , și armătura pasivă nu se ia în considerare în calcul,  $m=0,85$ .

**29.7.6.2** Pentru cazurile curente când armătura este localizată în zona întinsă a secțiunii și este satisfăcută condiția  $\xi = x/d \leq \xi_{lim}$ , pentru calculul efortului unitar limită se permite utilizarea relației simplificate:

În care:  $A_p$  - aria armăturii pretensionate din zona întinsă;

$k = 0,3$  pentru armătura preîntinsă;

$k = 0,6$  pentru armătura postensionată.

#### 29.7.6.3 Verificarea secțiunii:

$$x = \frac{A_p \cdot \sigma_{pl}}{b \cdot f_{cd}};$$

$$M_{Rd} \leq m \left[ b \cdot \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \left( d - \frac{\lambda \cdot x}{2} \right) \right]$$

## 30 Alcătuirea elementelor de beton armat și beton precomprimat

În SM EN 1992-2:2006-NA:2009 în capitolul 9, sunt prezentate prevederi constructive și reguli specifice pentru elementele din beton, beton armat și beton precomprimat.

### 30.1 Dimensiuni minime ale elementelor structurale:

a) Care sunt exploatate în conformitate cu clasele de expunere din documentul normativ CP 012/1-2007 și SM EN 206, pentru o durată de viață proiectată de 100 ani și execuție monolită:

- a.1) plăci care susțin partea carosabilă și consolele trotuarelor: 140mm (200mm, când sunt prevăzute armături înclinate pentru preluarea forței tăietoare);
- a.2) plăci care susțin cuva de balast în cazul căilor ferate: 160mm (200mm, când sunt prevăzute armături înclinate pentru preluarea forței tăietoare);
- a.3) dulapi prefabricați pe trotuare (durată de viață 50 ani): 140mm;
- a.4) pereți verticali, inimile grinzilor și a grinzilor pereți: 160mm;
- a.5) pereții secțiunilor casetate: 180mm;
- a.6) latura mică a stâlpilor dreptunghiulari: 300mm;
- a.7) pereți verticali pentru susținerea platelajului podurilor boltite: 250mm, dacă elementele structurale sunt executate prefabricat (control al calității ridicat), grosimile minime ale acestora, indicate mai sus, pot fi reduse cu 10mm.
- a.8) predale: 60mm (SM EN 15050:2007, C.1), cu rezeamări de cel puțin 30mm.

b) care pot ajunge sub incidența focului (pasaje în special în localități, la care aparatele de reazem este necesar să fie din oțel turnat, fiind interzisă utilizarea celor din neopren sau materiale ușor inflamabile) sunt determinate conform SM EN 1992-1-2:2005, în funcție de durata de timp la care este necesar să reziste elementele structurale sub incidența focului până când acesta este stins, fără ca elementele structurale să fie afectate din punctul de vedere a rezistenței și stabilității, timp în care podul este exploatat la grupările de încărcare pentru care a fost proiectat, conform SM EN 1991-2:2005.

### 30.2 Aria armăturii minime pentru suprafețele elementelor de poduri, diametrul minim al barei și distanța minimă/maximă dintre bare:

- a) Armarea elementelor din beton simplu, beton armat precomprimat se face cu bare sau plase sudate din clasa B și clasei C, conform anexei C, SM EN 1992-1-1:2004;
- b) Toate suprafețele elementelor structurale de beton simplu sau armat, pentru care, din calcul, nu rezultă necesară prevederea armăturilor de rezistență sunt armate constructiv cu o arie egală cu  $A_{s,min} = 0,001b_wd$ , barele sau plasele având diametrul cel puțin  $\phi_{min}=8mm$ , un profil corespunzător barelor sau plaselor sudate cu înaltă aderență (tip B sau C, conform anexei C din SM EN 1992-1-1:2024) și amplasate la cel mai mult 250 mm echidistanță; în zonele întinse procentul de armare al armăturilor constructive se majorează cu 50%; la stabilirea ariei de armătură constructivă se iau în considerare și armăturile preîntinse aderente (toroanele) de pe rândul cel mai apropiat de fibra betonului, aria acestora din urmă considerându-se, în calcul, majorată cu 50%; în cazul elementelor din beton precomprimat, în zonele în care apar eforturile unitare de întindere cu valori maxime egale cu  $f_{ctk,0,95}$ , distanța dintre armăturile constructive nu depășește 20 diametre ale barelor longitudinale și cel mult 150 mm ca dimensiune maximă a achiurilor plaselor;
- c) Pentru grinzi de beton armat cu înălțimea  $h > 700mm$ , pe fețele laterale din zona întinsă a inimilor grinzilor (cca.  $1/3h$ ) și pe fețele întinse ale tălpilor (unde nu este amplasată armătură de rezistență) se prevede o arie de armătură egală cu cel puțin 10% din aria armăturii longitudinale de rezistență; pe restul înălțimii inimilor se respectă prevederile de la punctul a); secțiunea totală a armăturii de pe fețele laterale ale inimilor grinzilor este minimum  $A_{s,min} = 0,0015b_wd$ , pentru  $b_w \geq 300 mm$  și  $A_{s,min} = 0,0025b_wd$ , pentru  $b_w \leq 200mm$ ; pentru valori intermediare ale grosimii inimii,  $b_w = 205mm \dots 295mm$ , secțiunea totală a armăturii se stabilește prin interpolare liniară; diametrul minim utilizat este de 8mm;
- d) Elementele de beton armat solicitate la încovoiere între două ramuri de etriere, este necesar să fie cuprinse cel mult 5 bare întinse, dispuse pe un singur rând și cel mult 3 bare comprimate, dispuse pe un singur rând; distanța dintre etriere nu depășește minimum (300 mm;  $\frac{3}{4}$  din înălțimea elementului); distanța între etriere care cuprind barele de rezistență comprimate nu depășește minimum (15 diametre minime ale barelor longitudinale de rezistență; 500 mm); pentru secțiune de beton cu lățimi de 400 mm sau mai mari, se prevăd etriere cu cel puțin patru ramuri verticale; dacă diametrul barelor longitudinale de rezistență depășește 20mm, diametrul minim al etrierelor este de 8mm; în cazul elementelor cu comportare ductilă se recomandă să se utilizeze pentru etriere, oțeluri de clasa C, respectiv de clasa B sau C pentru elementele cu ductilitate limitată sau la care nu se pot forma articulații plastice; în zonele plastic potențiale ale grinzilor (lungimea zonei plastic potențiale =  $2h$ , dispusă simetric față de secțiunea critică) etrierii se dispun la distanța de 100 mm;
- e) Diametrul minim al armăturilor de rezistență din grinzile de beton armat este de 12 mm; pentru elementele din beton armat în care armăturile de rezistență sunt realizate din bare cu diametrul mai mare de 32 mm se utilizează armături de suprafață suplimentare (anexa J, J.1), pentru a preveni exfolierea betonului;
- f) În zonele de capăt ale grinzilor de beton precomprimat se prevăd, pe lungimea de ancorare a armăturilor pretensionate,  $l_{bpd}$  (determinată conform [1]), etrieri (din oțel de clasa C) cu diametrul cel puțin 8 mm la

distanța de 100 mm, în tălpile inferioare ale acestor grinzi (unde sunt dispuse armăturile pretensionate) se dispun etriere închiși sau frete la distanță/ pas de cel mai mult 200 mm și cu diametrul minim de 8 mm; dacă în aceste zone se atinge în beton un efort unitar de  $0,6f_{ck}$ , (a se vedea [1]) distanța dintre etrierii prevăzuți în tronsoanele grinzilor nu depășește 150 mm;

g) În inimile grinzilor din beton precomprimat cu grosimi mai mici sau egale cu 200 mm, etrierii se dispun la distanțe aproximativ egale cu grosimea inimii, dar nu peste 200 mm; pentru grosimi de inimă peste 200 mm etrierii se dispun la distanțe de maximum 300 mm;

h) Pentru elementele din beton armat comprimate excentric (stâlpi, pereți, arce și bolți) diametrul minim al armăturilor longitudinale de rezistență este de 14 mm, lumina minimă între barele de rezistență longitudinale nu va fi mai mică de 50 mm, iar distanța maximă între acestea nu va depăși 250 mm; indiferent dacă sunt în interiorul sau în afara zonelor critice, barele transversale (bare de reparație) ale pereților, arcelor și bolților respectă aceleași condiții de distanță și poziție ca etrierii prevăzuți în stâlpi; suplimentar, în cazul arcelor și bolților, barele longitudinale de rezistență întinse de lângă suprafață concavă, ca și cele comprimate de lângă suprafața convexă se leagă cu etrieri și agrafe, secțiunea fiecărei ramuri a etrierelor/agrafei,  $A_{sw1}$  rezultând ca produs dintre aria armăturii longitudinale aferentă unei ramuri de etrier/agrafă,  $A_{s1}$  și raportul  $s/r$ , unde  $s$  este distanța dintre etrieri/ agrafe și  $r$  este raza de curbură a suprafeței curbe, în zonele critice ale acestor elemente, dimensiunile minime ale secțiunii, distanțele între ramurile etrierelor/ agrafelor, distanțele minime ale secțiunii, distanțele între ramurile etrierilor/ agrafelor, distanțele dintre etrieri respectă prevederile secțiunii 6 din SM EN 1998-2:2006;

i) Armătura de conlucrare între betonul din predală și cel turnat în situ se determină prin calcul și nu este mai mică de  $3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ;

j) Distanța dintre armăturile de rezistență din plăci (carcase formate din bare individuale sau plase sudate), în zonele momentelor încovoietoare maxime sunt cel puțin  $s_{min,slabs}=70\text{mm}$  și cel mult  $s_{max,slabs}=200\text{mm}$ , în celelalte zone nu depășește  $330 \text{ mm}$ , distanță aplicabilă și armăturilor de reparație; distanțele minime și maxime dintre armăturile de rezistență sunt valabile și în cazul dalelor; pentru dale, diametrul minim al barelor de rezistență este de 12 mm;

k) Pentru grinzi pereți se aplică prevederile de la 9.7 din SR EN 1992-1-1:2004 și din anexa națională SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008;

l) Înnădirea armăturilor în zonele critice nu este recomandabilă, iar dacă este totuși necesară se poate face numai cu ajutorul cuplajelor mecanice conform 6.2.3 (3)P din SR EN 1998-2:2006 și 5.6.3 (1)P și (2)P din SR EN 1998-1:2006, respectând, pentru cuplajele mecanice, cerințele tehnice prevăzute în ISO 15835-1,2:2009;

m) Proiectarea elementelor structurale ale podurilor în gruparea seismică este necesar să respecte prevederile constructive din secțiunea 6 SR EN 1998-2:2006;

### 30.3 Alcătuirea și calculul structurilor amplasate în zone de hazard seismic mare

**30.3.1** Proiectarea antiseismică a podurilor se face conform prevederilor din SM EN 1998-2:2006 "Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea a 2-a: Poduri", SM EN 1998-2/NA:2010 "Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea a 2-a: Poduri. Anexa Națională", SM EN 1998-2/A1:2009 "Poduri" și sursa [2] (Indicativ P100-1/2013 Cod de proiectare seismică), sau normele și codurile naționale valabile.

**30.3.2** Necesitatea unei corecte proiectări antiseismice a podurilor rezultă din condiția de respectare a celor două cerințe de bază descrise în SM EN 1998-2: cerința de neprăbușire asociată unei stări limită ultime, respectiv minimizarea degradărilor asociată stării limită a exploatării normale. Conform primei cerințe podul este necesar să-și păstreze integritatea structurală și rezistența reziduală adecvată, chiar dacă în unele dintre elementele structurale s-au produs deteriorări importante.

**30.3.3** În elementele de infrastructură (pile) se acceptă apariția unor zone plastice datorită încovoierii, iar la podurile fără sisteme de izolare, stabilirea zonelor cu articulații plastice potențiale în faza de proiectare este recomandată, urmărindu-se prin aceasta disiparea energiei induse în structură de acțiunea seismică.

**30.3.4** Suprastructura podurilor este necesar astfel proiectată încât, în urma evenimentului seismic să nu producă avarii la nivelul aparatelor de reazem, rosturilor de dilatație sau la părți ale elementelor de infrastructură (ziduri de gardă, ziduri întoarse etc.). Conform celei de-a doua cerințe, acțiunea seismică cu probabilitate mare de apariție poate produce degradări reduse la nivelul elementelor secundare de rezistență ale podului, însă toate celelalte componente este necesar să rămână neafectate.

**30.3.5** Pentru îndeplinirea celor două cerințe precizate anterior este necesar respectate criteriile de conformitate prezentate în paragraful 2.3 din SM EN 1998-2, criterii ce depind de comportarea dorită a podului la acțiunea seismică de calcul. Această comportare poate fi: comportare ductilă, respectiv comportare ductilă limitată/esențial elastică și este caracterizată de relația forță-deplasare prezentată în figura 30.1.

**30.3.6** În ceea ce privește podurile proiectate pentru a avea comportare ductilă este necesar avute în vedere cerințele existente în SM EN 1998-2:2006 pentru verificarea de rezistență a zonelor potențial plastice, pentru proiectarea capacității de rezistență, precum și prevederile referitoare la ductilitatea globală și la cea locală.

**30.3.7** În zone cu seismicitate mare, pentru asigurarea unui comportament ductil al structurii este recomandată gândirea unei strategii de apariție a articulațiilor plastice în structură formându-se astfel un mecanism de disipare a energiei. Chiar în cazul formării articulațiilor plastice, sistemul este necesar să fie stabil din punct de vedere al echilibrului static. Zonele unde se pot forma articulații plastice este necesar gândite de către proiectant pentru a fi ușor accesibile în vederea executării unor eventuale reparații.

**30.3.8** La poduri, articulațiile plastice se pot dezvolta în pile, la baza acestora. Tablierul podului este necesar să rămână în domeniul de comportare liniar elastic. Scenariul de formare al articulațiilor plastice poate include toate pilele podului sau numai o parte dintre acestea.

**30.3.9** O altă modalitate de a asigura comportamentul ductil este introducerea dispozitivelor de izolare pe toate pilele sau numai pe o parte dintre acestea.

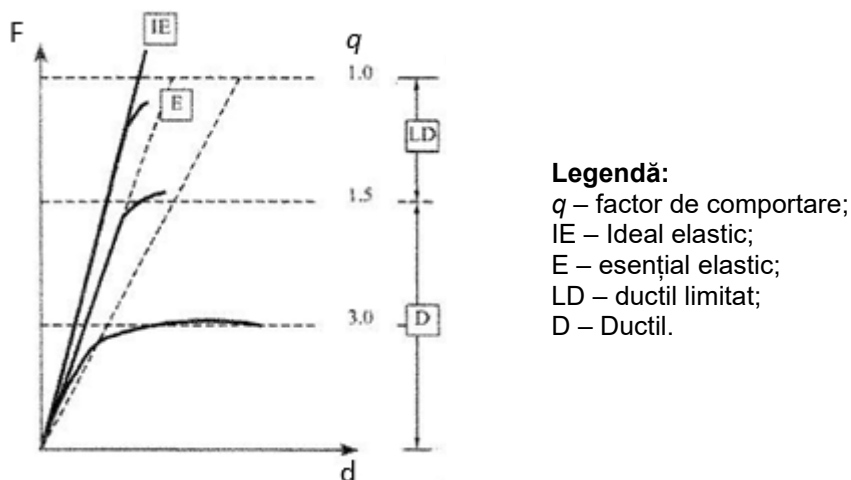


**Figura 30.1 - Relații forță-deplasare pentru deschiderea comportamentului seismic**

**30.3.10** Un comportament ductil limitat nu presupune apariția în structură a unei secțiuni cu rigiditate secantă diminuată semnificativ sub efectul acțiunii seismice. Aceasta se traduce printr-o relație forță-deplasare fără palier de forță, dar cu o alură ce diferă de comportarea elastică și care asigură disiparea unei părți din energie indusă. Comportamentul ductil limitat este asociat în general cu valori ale factorului de comportare  $q \leq 1.50$ .

**30.3.11** În cazul podurilor cu alcătuire specială (poduri cu cabluri) se recomandă ca proiectarea acestora să se facă în domeniul elastic, adică considerând un factor de comportare  $q=1.00$ .

**30.3.12** Conexiunile dintre elementele structurale ce compun infrastructura și suprastructura podului este necesar să fie realizate în conformitate cu 2.3.6 din SR EN 1998-2:2006.

### 30.4 Verificarea ductilității structurale. Cerințe de deplasare

**30.4.1** Asigurarea cerințelor de deplasare corespunzătoare unui anumit nivel al hazardului seismic pentru o structură definește nivelul de performanță al structurii respective. Pentru un component al structurii podului, deplasarea seismică de calcul  $d_E$  se determină cu ajutorul relației:

$$d_E = \pm \eta \mu_d d_{E1};$$

în care,

$\eta$  - este factorul de corecție al amortizării stabilit pe baza relației:  $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)}$ ;

$\xi$  - fracțiunea din amortizarea critică având următoarele valori:

$\xi = 0.02$  în cazul elementelor de oțel sudate;

$\xi = 0.04$  în cazul elementelor de oțel îmbinate cu șuruburi;

$\xi = 0.05$  în cazul elementelor realizate din beton armat;

$\xi = 0.02$  în cazul elementelor realizate din beton precomprimat.

$\mu_d$  - este factorul de ductilitate de deplasare definit de relația:  $\mu_d = \frac{d_u}{d_{E1}}$ ;

$d_u$  - fiind deplasarea ultimă, iar  $d_y$  deplasarea corespunzând intrării în curgere a primei armături.

$d_{E1}$  - este deplasarea rezultată în urma unei analize seismice liniare.

**30.4.2** În cazul în care deplasările  $d_E$  rezultă dintr-o analiză seismică elastică liniară utilizând spectrul de răspuns elastic (considerând factorul un factor de comportare  $q=1$ ),  $d_E = d_{E1}$ . Factorul de comportare este definit în SR EN 1998-1:2004, paragraful 3.2.2.2.

**30.4.3** Dacă se efectuează analize seismice elastice liniare, valorile factorului de ductilitate de deplasare se stabilesc în funcție de valoarea perioadei proprii în modul fundamental de vibrație astfel:

a) Pentru  $T \geq T_0$  cu  $T_0 = 1,25 T_c$ ,  $\mu_d = q$  :

În care,

$T_c$  - reprezintă perioada de control (de colț).

$$\mu_d = (q - 1) \frac{T_0}{T} + 1 \leq 5q - 4 ;$$

**30.4.3.1** Pentru situații în care se realizează analize complexe neliniare de tip „time-history”, valoarea factorului de ductilitate  $\mu_d$  este necesar să corespundă modului de comportare post-elastic al elementului structural descris prin curbele histeretice de răspuns. De regulă, în aceste situații, în faza de proiectare, pe baza geometriei și caracteristicilor secțiunii (aria și poziția armăturilor) se estimează poziția articulațiilor plastice potențiale și în urma determinării lungimii zonei plastice se poate calcula valoarea factorului de ductilitate de deplasare  $\mu_d$ .

**30.4.4** Pentru asigurarea ductilității generale a structurii, detaliile constructive este necesar realizate astfel încât să asigure preluarea deplasărilor în situația de proiectare seismică. Spațiile prevăzute între componentele structurale este necesar să corespundă valorii totale de calcul a deplasării în situația de proiectare seismică, aceasta calculându-se pe baza relației:

$$d_{Ed} = d_E + d_G + \psi_2 d_T;$$

în care,

$d_G$  - reprezintă deplasarea corespunzătoare încărcărilor de lungă durată și cvasi-permanente;

$d_T$  - reprezintă deplasarea corespunzătoare acțiunilor termice;

$\psi_2$  - este coeficientul de grupare pentru valoarea cvasi-permanentă a acțiunii termice.

**30.4.4.1** Deplasarea seismică de calcul  $d_E$  între două secțiuni independente ale unui pod se poate calcula ca radical din suma pătratelor deplasărilor evaluate pentru fiecare secțiune în parte.

**30.4.5** Lovirea între ele a elementelor structurale ca urmare a acțiunii seismice este necesar evitată prin prevenirea unor dispozitive de preluare a șocurilor (straturi de cauciuc sau neopren, opritori dispuși în sens longitudinal sau transversal pentru suprastructură, dispozitive de izolare etc.) Aceste dispozitive este necesar să permită deplasări cel puțin egale cu valoarea calculată pe baza relației (din 30.4.4).

## 30.5 Descrierea acțiunii seismice. Clase de importanță utilizate pentru poduri

**30.5.1** Acțiunea seismică de calcul  $A_{Ed}$  se exprimă în funcție de acțiunea seismică de referință  $A_{Ek}$  asociată la noi în țară cu o probabilitate de depășire de referință  $P_{NCR}$  în 50 de ani, respectiv cu o perioadă de revenire de referință  $T_{NCR}$  de 100 de ani, cu ajutorul factorului de importanță  $\gamma_1$ .

**30.5.2** Podurile se împart în clase de importanță în funcție de efectele degradării lor asupra vieții oamenilor, de posibilitatea restabilirii legăturilor pe căile de comunicație după producerea evenimentului seismic, respectiv de consecințele economice apărute ca urmare a deteriorării structurii (incapacitatea asigurării unor servicii, desfășurării unor activități economice etc.). Valorile factorului de importanță  $\gamma_I$  diferă pentru fiecare clasă de importanță.

**30.5.3** Pentru poduri sunt definite trei clase de importanță așa cum se prezintă în tabelul 30.1 și corespunzător fiecărei clase de importanță în tabelul 30.2 sunt precizate valorile factorului  $\gamma_I$ .

**30.5.4** Podurile de cale ferată și șosea sunt incluse, de regulă în clasa de importanță II (medie), însă pot fi și unele excepții, așa cum se precizează în continuare.

**30.5.5** Clasa de importanță III cuprinde podurile foarte importante, cu trafic intens, situate în zone geo-strategice importante (ex: localități de frontieră), a căror avariere gravă în urma unui seism ar produce pierderi importante de vieți omenești și economice. În aceeași categorie sunt incluse de asemenea și podurile care se preconizează a avea o durată de viață mai mare decât cea normală (100 de ani).

**30.5.6** În clasa I de importanță pot fi incluse următoarele categorii de poduri: cele care nu sunt în zone importante ale căilor de comunicație, respectiv cele pentru care adoptarea măsurilor corespunzătoare unei probabilități de depășire  $P_{NCR}$  în 50 de ani pentru acțiunea seismică de calcul și a unei durate de viață a podului de peste 50 de ani ar conduce la soluții neeficiente din punct de vedere economic.

**Tabelul 30.1 - Clase de importanță a podurilor în funcție de efectele degradării**

| Clasa importanță | Descriere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III              | Poduri de cale ferată sau șosea amplasate pe căi de comunicații care au importanță vitală imediat după producerea evenimentului seismic de calcul (susțin traficul de necesitate după producerea seismului de calcul).                                                                                                                                                                                                             |
| II               | Poduri de cale ferată sau șosea amplasate de căi de comunicații de importanță medie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| I                | Toate celelalte poduri, cu excepția celor din clasele III și II precum și poduri de cale ferată sau șosea amplasate pe căi de comunicații care au importanță redusă. De exemplu poduri provizorii sau poduri amplasate pe căi de comunicație industriale, dar numai cu acordul beneficiarului și dacă nu servesc obiective importante care au nevoie de menținerea comunicațiilor după producerea evenimentului seismic de calcul. |

**Tabelul 30.2 Factorul de importanță  $\gamma_I$**

| Clasa de importanță | Factorul de importanță $\gamma_I$ |
|---------------------|-----------------------------------|
| III                 | 1,3                               |
| II                  | 1,1                               |
| I                   | 0,85                              |

**30.5.7** Factorul de importanță  $\gamma_I$  poate avea și alte valori decât cele precizate în tabelul 30.2 pentru amplasamente încadrate în zone de risc seismic ridicat și care pot periclita siguranța publică.

### 30.6 Aplicarea componentelor mișcării seismice

**30.6.1** În cazul podurilor, în etapa de proiectare se utilizează de regulă două tipuri de analiză pentru stabilirea efectelor acțiunii seismice:

- Analiză liniară prin metoda spectrului de răspuns.
- Analiză neliniară de tip "time-history" (răspuns în timp).

**30.6.1.1** Analiza liniară se bazează pe metoda spectrului de răspuns. Pentru poduri se utilizează în general numai componentele de tip translație produse de acțiunea seismică pe cele trei direcții ortogonale spațiale. Acțiunea aplicată la interfață structură-teren este considerată separat pentru fiecare direcție în parte (longitudinal, transversal și vertical) urmând ca efectele să fie apoi combinate așa cum se va prezenta în continuare.

**30.6.2** În cazul podurilor amplasate în curbă, una din direcțiile considerate pentru aplicarea componentei de tip translație este determinată prin considerarea liniei teoretice ce unește cele două culee, cealaltă direcție fiind normală pe prima.

**30.6.3** Pentru componentele orizontale ale acțiunii seismice se pot utiliza spectrele de proiectare din sursa [2] (Indicativ P100-1/2013 Cod de proiectare seismică), sau normele și codurile naționale valabile.

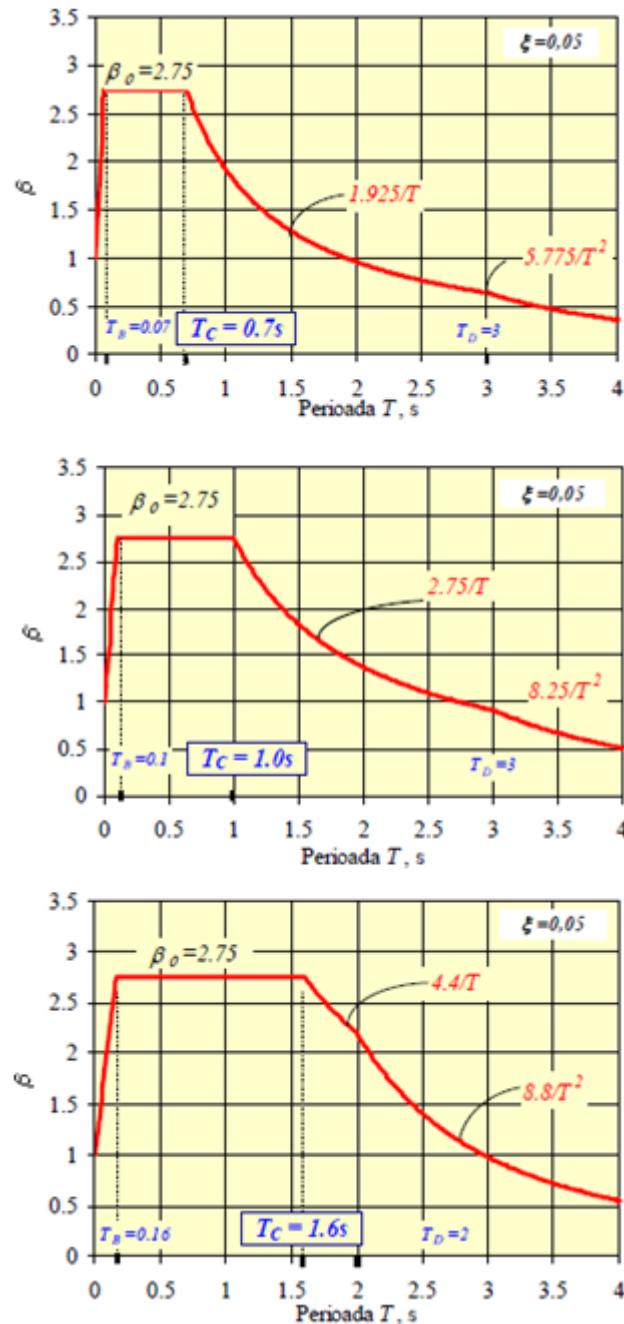


**Figura 30.2 - Spectre normalizate de răspuns elastic pentru accelerații pentru componente orizontale ale mișcării terenului**

**30.6.4** Formele normalizate ale spectrelor de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației terenului  $\beta(T)$ , pentru fracțiunea din amortizarea critică  $\xi=0.05$  în funcție de perioadele de control (colț)  $T_B$ ,  $T_C$  și  $T_D$  se determină cu relațiile:

- Pentru  $T \leq T_B$ ,  $\beta(T) = 1 + \frac{\beta_0}{T_B} T$ ;
- Pentru  $T_B < T \leq T_C$ ,  $\beta(T) = \beta_0$ ;

- Pentru  $T_C < T \leq T_D$ ,  $\beta(T) = \beta_0 \frac{T_C}{T}$ ;
- Pentru  $T > T_D$ ,  $\beta(T) = \beta_0 \frac{T_C T_D}{T^2}$ ;

în care,

$\beta(T)$  - este spectrul normalizat de răspuns elastic;

$\beta_0$  - factorul de amplificare dinamică maximă a accelerației orizontale a terenului de către structură;

$T$  - este perioada de vibrație a unei structuri cu un grad de libertate dinamică și cu răspuns în domeniul elastic.

**30.6.5** Spectrele normalizate de răspuns elastic pentru valorile perioadelor  $T_B$ ,  $T_C$  și  $T_D$  prezentate în tabelul 30.3 și 30.4 sunt date în figura 30.2.

**Tabelul 30.3 - Intervalul mediu de recurență a magnitudinii cutremurului**

| Interval mediu de recurență a magnitudinii cutremurului | Valori ale perioadelor de control (colț) |      |      |      |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|------|
| IMR= 100ani,<br>Pentru starea limită ultimă             | $T_B$ , s                                | 0,07 | 0,10 | 0,16 |
|                                                         | $T_C$ , s                                | 0,7  | 1,0  | 1,6  |
|                                                         | $T_D$ , s                                | 3    | 3    | 2    |

**30.6.6** Spectrul de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației terenului în amplasament  $S_e(T)$  este definit astfel:

$$S_e(T) = a_K \beta(T);$$

**30.6.7** Spectrul de răspuns elastic pentru deplasări pentru componentele orizontale ale mișcării terenului  $S_{De}(T)$  se obține prin transformarea directă a spectrului de răspuns elastic pentru accelerație  $S_e(T)$  cu relația:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2;$$

**30.6.8** Pentru componenta verticală a acțiunii seismice, spectrul de răspuns elastic pentru accelerații se obține utilizând formele normalizate ale spectrelor de răspuns elastic pentru componenta verticală  $\beta_v(T)$ .

**30.6.9** Pentru fracțiunea din amortizarea critică  $\xi = 0.05$  și pentru perioadele de control (colț) pentru spectrul componentei verticale  $T_{Bv}$ ,  $T_{Cv}$  și  $T_{Dv}$  aceste forme normalizate sunt descrise de relațiile:

- Pentru  $T \leq T_{Bv}$   $\beta_v(T) = 1 + \frac{(\beta_{0v} - 1)}{T_{Bv}} T$ ;
- Pentru  $T_{Bv} < T \leq T_{Cv}$ ,  $\beta_v(T) = \beta_{0v}$ ;
- Pentru  $T_{Cv} < T \leq T_{Dv}$ ,  $\beta_v(T) = \beta_{0v} \frac{T_{Cv}}{T}$ ;
- Pentru  $T > T_{Dv}$ ,  $\beta_v(T) = \beta_{0v} \frac{T_{Cv} T_{Dv}}{T^2}$ ;

În care,

$\beta_v = 3.0$  factorul de amplificare dinamică maximă a accelerației verticale a terenului de către structură.

**30.6.10** Perioadele de control (colț) pentru spectrul componentei verticale  $T_{Bv}$ ,  $T_{Cv}$  și  $T_{Dv}$  se determină în mod simplificat cu relațiile:

$$\begin{aligned} T_{Bv} &= 0.1 T_{Cv}; \\ T_{Cv} &= 0.45 T_C; \\ T_{Dv} &= T_D. \end{aligned}$$

**30.6.11** Spectrul de răspuns elastic pentru componenta verticală a mișcării terenului în amplasament  $S_{ve}$  se definește astfel:

$$\begin{aligned} S_{ve}(T) &= \alpha_{vg} \beta(T); \\ \text{cu} \\ \alpha_{vg} &= 0.7 \alpha_g. \end{aligned}$$

**30.6.12** Spectrul de proiectare pentru accelerații  $S_d(T)$  este un spectru de răspuns inelastic determinat pe baza relațiilor de mai jos.

- Pentru  $0 < T \leq T_B$ ,  $S_d(T) = \alpha_g \left[ 1 + \frac{\frac{\beta_0}{q} - 1}{T_B} T \right]$ ;

- Pentru  $T > T_B$ ,  $S_d(T) = \alpha_g \frac{\beta(T)}{q}$ ,

În care,

$S_d(T)$  - se exprimă în  $m/s^2$ ;

$T$  - este perioada în secunde;

$q$  - este factorul de comportare al structurii sau factorul de modificare a răspunsului elastic în răspuns inelastic. Valorile acestui factor depind de tipul structurii, de materialul (materialele) din care sunt alcătuite componentele structurale și capacitatea structurii de a disipa energia. Valorile maxime ale factorului de comportare ce se pot utiliza pentru cele două componente orizontale ale mișcării seismice sunt prezentate în tabelul 32.4.

**Tabelul 30.4 - componente orizontale ale mișcării seismice**

| Tipuri de elemente ductile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Componenta seismică |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ductilă limitat     | Ductilă                 |
| Pile din beton armat:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                     |                         |
| Pile verticale supuse la încovoiere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1,5                 | 3,5 $\lambda(\alpha_1)$ |
| Contrafișe înclinate supuse la încovoiere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,2                 | 2,1 $\lambda(\alpha_1)$ |
| Pile metalice:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |                         |
| Pile verticale supuse la încovoiere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1,5                 | 3,5                     |
| Contrafișe înclinate supuse la încovoiere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,2                 | 2,0                     |
| Pile cu contravântuire normală                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,5                 | 2,5                     |
| Pile cu contravântuire axcentrică                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                   | 3,5                     |
| Culei conectate rigid cu tablierul:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                         |
| În general                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,5                 | 1,5                     |
| Structuri "Înglobate" (a se vedea 4.1.6(9),(10))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1,0                 | 1,0                     |
| Arce                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1,2                 | 2,0                     |
| <p>• <math>\alpha_g = L_0/h</math> este raportul deschiderii de forfecare al pilei, unde <math>L_0</math> este distanța de la articulația plastică la punctul de moment zero și <math>h</math> este înălțimea secțiunii transversale pe direcția de încovoiere a articulației plastice.</p> <p>Pentru <math>\alpha_g \geq 3</math> <math>\lambda(\alpha_1) = 1,0</math>; <math>3 &gt; \alpha_g \geq 1,0</math>; <math>\lambda(\alpha_g) = \sqrt{\frac{\alpha_g}{3}}</math>;</p> |                     |                         |

**30.6.13** Dacă un pod are mai multe componente structurale cu comportare ductilă, factorul de comportare ales este necesar să corespundă componentei sau grupului de componente cu cea mai mare contribuție la rezistența seismică. Se pot folosi valori diferite ale factorului  $q$  pentru cele două direcții ale componentei orizontale a terenului.

**30.6.14** Pentru alte precizări referitoare la factorul de comportare ce se utilizează în analiza liniară bazată pe metoda spectrului de răspuns a se vedea paragraful 4.1.6 SM EN 1998-2:2006.

**30.6.15** În zonele de seismicitate redusă sau moderată efectele componentei verticale pot fi neglijate. Pentru zonele cu seismicitate ridicată, aceste efecte este necesar considerate în situația în care solicitările de încovoiere ale pilelor produse de acțiuni permanente ale suprastructurii sunt importante sau dacă podul se află la o distanță mai mică de 5km în raport cu o falie seismotectonică activă.

**30.6.16** Efectele ascendente ale componentei verticale este necesar întotdeauna luate în considerare în cazul structurilor de poduri cu suprastructuri cu elemente din beton precomprimat. Aceste efecte este necesar de asemenea considerate pentru calcul aparatelor de reazem, respectiv al altor legături.

**30.6.17** Analiza liniară utilizând metoda spectrului de răspuns nu se poate aplica podurilor prevăzute cu sisteme de izolare.

**30.6.18** Combinarea efectelor acțiunii seismice stabilite utilizând analiza liniară bazată pe metoda spectrelor de răspuns se face pe baza precizărilor din sursa [2] (Indicativ P100-1/2013 Cod de proiectare seismică, paragrafele 4.5.3.6), sau normele și codurile naționale valabile.

**30.6.19** Pentru efectuarea analizelor neliniare de tip "time-history" este necesar utilizate cel puțin trei accelerograme înregistrate în timpul evenimentelor seismice în amplasamentul analizat care este necesar să fie în concordanță cu magnitudinea, distanța la sursă și mecanismele ce definesc acțiunea seismică de calcul.

**30.6.20** Când nu se dispune de astfel de înregistrări în amplasamentul podului acestea pot fi înlocuite de accelerograme simulate cu ajutorul unor programe de calcul specializate. Accelerogramele generale artificial este necesar să corespundă spectrului elastic din amplasamentul considerat.

**30.6.21** Componentele mișcării de tip "time-history" este necesar aplicate simultan pe fiecare din cele două direcții orizontale.

**30.6.22** Alte precizări privind utilizarea analizelor de tip "time-history" la poduri se găsesc în SM EN 1998-2:2006, paragraful 3.2.3.

## **30.7 Determinarea efectelor acțiunii seismice pentru pilele podurilor. Metoda simplificată. Domeniu de aplicare**

**30.7.1** Metoda cunoscută și sub numele de "metoda modului fundamental de vibrație" poate fi aplicată în toate cazurile în care răspunsul dinamic al structurii se poate aprecia cu suficientă acuratețe printr-un model de calcul cu un sigur grad de libertate dinamică.

**30.7.1.1** Rezultatele obținute din puncte de vedere al forțelor interne de echilibru pe secțiunea transversală a elementelor de infrastructură (pile, culee) și al deplasărilor diferitelor părți ale structurii pot fi utilizate în faza de predimensionare a structurii.

**30.7.2** Situațiile în care poate fi aplicată această metodă de calcul sunt:

- Pe direcțiile longitudinală în cazul podurilor rectilinii sau amplasate în curbe cu raze mari ale căilor comunicație, când forțele seismice sunt preluate de pile a căror masă totală este mai mică decât 20% din masa suprastructurii podului (atunci când masa proprie a pilelor este neimportantă);
- Pe direcție transversală pentru podurile prezentate la punctul a) în cazul în care podul prezintă simetrie structurală și de rezemare în raport cu secțiunea din mijlocul lungimii sale, de exemplu atunci când distanța între centrul de rigiditate al elementelor de susținere și cel de greutate al suprastructurii este mai mică decât 5% din lungimea suprastructurii;
- În cazul podurilor cu grinzi simplu rezemate sau a celor cu grinzi continue dacă pilele nu interacționează semnificativ unele cu celelalte și dacă masa fiecărei pile este sub 20% din masa ce revine acestuia de la suprastructură.
- Atunci când deformarea în plan orizontal a tablierului sub efectul acțiunii seismice de calcul nu este importantă;
- Când diferența între perioadele de vibrație în modul fundamental pentru oricare două pile consecutive respectă condiția:

$$0.90 \leq \frac{T_i}{T_{i+1}} \leq 1.10 ;$$

**30.7.3** În cazul pilelor de poduri, pentru determinarea în mod simplificat a forțelor interne (forțe tăietoare și momente încovoietoare) la baza pilelor se poate utiliza metoda forțelor seismice statice echivalente. În acest scop, pila poate fi considerată ca un pendul invers, la extremitatea superioară având concentrată o masă a cărei valoare corespunde acțiunilor permanente, cvasi-permanente și unui procent din acțiunile utile, toate acestea fiind considerate că acționează pe deschidere a podului. Procentul pentru masa corespunzătoare acțiunilor utile poate fi considerat astfel:

- 20% din încărcarea verticală corespunzătoare acțiunilor utile pentru podurile de șosea;
- 30% din încărcarea verticală corespunzătoare acțiunilor utile pentru podurile de cale ferată;

**30.7.4** Condițiile de echivalență a sistemului real (în grade de libertate) cu pendulul invers impun ca perioadele proprii, forța tăietoare de bază, momentele încovoietoare de bază și energiile cinetice ale celor două sisteme să fie egale. Expresia masei echivalente rezultate din condiția energetică este:

$$m_e = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i^2}{z_e^2} ;$$

în care,

$z_1$  și  $z_e$  - reprezintă cotele de nivel unde sunt amplasate masele considerate pe înălțimea pilei, respectiv cota de nivel pentru masa echivalentă.

**30.7.5** Pentru pilele cu alcătuire obișnuită încărcarea gravitațională echivalentă poate fi determinată cu relația:

$$G_e = R + G_b + 0.20 G_E ;$$

în care,

R - fiind reacțiunea verticală provenind de la acțiunile permanente și cvasi-permanente date de suprastructură;

$G_b$  - este greutate banchetei cuzineților;

$G_E$  - este greutatea elevației pilei.

**30.7.6** Forța tăietoare de bază corespunzătoare modului propriu fundamental produsă de acțiunea seismică orizontală se poate stabili aproximativ cu relația:

$$F_s = \gamma_1 S_d(T_1) m;$$

în care,

$S_d(T_1)$  - este ordonata spectrului de răspuns de proiectare corespunzătoare perioadei fundamentale  $T_1$ ;

$T_1$  - este perioada proprie fundamentală de vibrație în planul ce conține direcția orizontală;

m este masa considerată la partea superioară a pilei;

$\gamma_1$  - este factorul de importanță corespunzător clasei de importanță în care a fost încadrat podul.

**30.7.7** În cazul pilelor cu forme speciale și cu o distribuție puternic neuniformă a masei pe înălțime, pentru calculul seismic pot fi considerate mai multe mase concentrate la diferite înălțimi.

**30.7.8** Perioada în modul fundamental se determină pe baza unor metode de calcul dinamic structural sau cu relația simplificată;

$$T_1 = 0.16 \sqrt{\Delta_{st}} ;$$

în care,

$\Delta_{st}$  - este săgeata orizontală a pilei în cm la nivelul inferior al reazemelor, din încărcările gravitaționale  $G_k$  aplicate orizontal.

**30.7.9** Distribuția forței  $F_s$  pe înălțimea pilei asociată nivelurilor la care sunt amplasate masele  $m_i$  se face cu relația:

$$F_i = F_s \frac{m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i z_i} ;$$

în care,

$F_i$  - reprezintă forța seismică orizontală la nivelul masei  $m_i$  considerate;

$z_i$  - reprezintă poziția pe înălțime a masei  $m_i$  în raport cu baza pilei;

$n$  - numărul de mase considerate pe înălțimea pilei bazată pe aproximarea formei fundamentale de vibrație (modul I) printr-o variație liniară.

**30.7.10** Pentru a lua în considerare modurile II și III de vibrație, normativul prevede o distribuție a momentelor încovoietoare conform figurii...unde.  $M_i$  - reprezintă momentul încovoierilor la baza pilei produs de forțele  $F_1, F_2, \dots, F_n$ .

$$M_1 = \sum_{i=1}^n F_i z_i ;$$

**30.7.11** Grinzile continui și cadrele cu deschideri mari este necesar verificate și la încărcări seismice orizontale transversale podului, care produc pe lângă solicitări de încovoiere în pile și torsiuni.

**30.7.12** Se vor lua următoarele măsuri pentru asigurarea unei ductilități suficient de ridicate în regim de solicitări repetate:

1. Efortul mediu de compresiune sub încărcările gravitaționale ( $N/A_b$ ) să nu depășească 40% din rezistența de calcul la compresiune a betonului;
2. Secțiunea pilei va respecta condiția:  $Q \leq 2 \cdot R_t \cdot A_b$ ;  
unde,  
 $R_t$  - este rezistența de calcul a betonului la întindere;  
 $A_b$  - aria secțiunii de beton.
3. Armăturile verticale care ies din cuzineți sub forma de mustăți se vor înnađi în trei secțiuni decalate pe verticală cu minimum 50 cm în cazul îmbinărilor sudate în minimum 35 diametre pentru îmbinări prin petrecere.
4. Procentul minim de armare a stâlpilor din beton armat va fi minim 0.4% în raport cu secțiunea de beton armat, în funcție de caracteristicile fizico-mecanice ale oțelului utilizat și de importanță și rolul elementului în structură.
5. Micșorarea deformațiilor transversale ale betonului puternic comprimat se face printr-o armare transversală corespunzătoare cu etriere sau frete.
6. Armătura transversală asigură o rezistență a barelor longitudinale împotriva flambajului lor pe distanța dintre etriere.
7. Distanța dintre etriere se adoptă de 10 cm pe zonele de la extremitățile stâlpilor puternic solicitate, pe o lungime egală cu  $H/8$  și minimum 1,00 m.
8. Pe zonele de înnađire prin suprapunere a armăturilor distanța maximă între etriere va fi de 10  $d$  ( $d$  este diametrul minim al armăturii longitudinale) sau maximum 30 cm.
9. Distanța maximă dintre etriere va fi de 15  $d$ .
10. În cazul stâlpilor circulari de diametru mare ( $\varnothing \geq 1,00m$ ), în zonele cu solicitări importante în care se pot forma articulații plastice se recomandă armarea sâmburelui de beton cu plase orizontale care să preia eforturile unitare de întindere și să împiedice distrugerea betonului puternic comprimat.
11. Armătura transversală a pereților pilelor casetate se va realiza cu etrieri și agrafe.
12. Lungimea ciocurilor se prevede egală cu 10  $d$ , unde:  $d$ -este diametrul etrierului.

**30.7.13** Prin asigurarea măsurilor de mai sus se poate obține un factor de ductilitate de îmbunătățit.

**30.7.14** Accidentele care pot apărea la poduri, în timpul seismelor puternice, datorită rezemării suprastructurilor sunt: deplasare excesivă pe reazeme a suprastructurii, însoțită uneori de căderea suprastructurii, cedarea legăturilor dintre aparatele de reazem și structură, cedarea aparatelor de reazem.

**30.7.15** Aceste tipuri de avarii pot fi eliminate prin folosirea de opritori metalici sau prin beton prevăzuți cu plăci de neopren care limitează deplasările suprastructurii și prin legături rezistente ale aparatelor de reazem cu infrastructura podului.

**30.7.16** Principalele recomandări privind alcătuirea podurilor în zone cu hazard seismic ridicat:

- structurile continue (grinzi continue, cadre) se comportă mai bine la solicitări seismice;
- în cazul grinzilor continue sau cadrelor cu pile înalte la care culeele au înălțime mică și sunt fundate în teren bun se pot prevedea reazeme fixe pe culei pentru preluarea forțelor seismice;
- soluția pentru repartizarea forțelor seismice la toate pilele unei grinzi continue o constituie folosirea sistemelor de izolare, care nu împiedică deformațiile de lungă durată produse de temperatură, curgere lentă, contracție;
- în cazul suprastructurilor simplu rezemate cu pile înalte se pot prevedea reazeme fixe numai pe aceste pile datorită flexibilității lor mai mari;
- fundațiile directe ale pilelor și culeelor pe stâlpi la care se pot produce tasări inegale, se alcătuiesc ca fundații comune.

## 31 Alcătuirea constructivă a suprastructurilor din grinzi de beton armat și beton precomprimat

### 31.1 Noțiuni generale

**31.1.1** Podurile pe grinzi din beton armat și beton precomprimat se execută în mod curent pentru acoperirea deschiderilor de la 6-42 m până la 60-100 m.

**31.1.2** Suprastructura unui pod pe grinzi se prezintă ca o rețea având ca elemente principale (fig.31.1):

- grinzi principale;
- antretoazele (grinzi transversale);
- placa părții carosabile;
- placa în consolă ce susține trotuarul.

**31.1.3** Antretoazele și placa formează împreună ceea ce se numește "platelajul căii" și e lângă rolul de a susține calea, contribuie la repartizarea transversală a încărcărilor utile, asigurând astfel o conlucrare spațială a întregii rețele. Pentru anumite tipuri de suprastructuri se poate renunța la antretoaze, situație în care conlucrarea grinzilor se realizează prin placa părții carosabile.

**31.1.4** La suprastructurile monolite platelajul căii poate avea și nervuri longitudinale secundare (fig. 31.1 b), care împreună cu antretoazele formează grinziile platelajului.

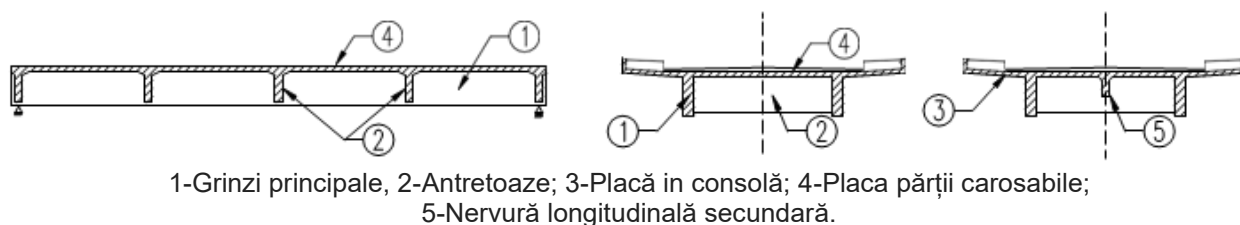


**Figura 31.1 - Elemente principale ale podurilor pe grinzi**

**31.1.5** Tipuri de poduri pe grinzi. Clasificarea podurilor pe grinzi se poate face după diferite criterii. Se prezintă numai câteva din aceste criterii cu principalele moduri de alcătuire a suprastructurilor:

a) După schemele statice:

a<sub>1</sub>) Construcții cu rezemare articulată a grinzilor pe infrastructuri:

- grinzi simplu rezemate;
- grinzi continue;
- grinzi simplu rezemate cu console;
- grinzi cu console și articulații (utilizate în cazuri singulare în țara noastră).

a<sub>2</sub>) Construcții cu grinzi încastate (cadre).

b) După tipul secțiunii transversale:

b<sub>1</sub>) poduri dalate;

b<sub>2</sub>) poduri pe grinzi propriu-zise:

- grinzi late - fig. 31.2.a
- grinzi T - fig. 31.2.b
- grinzi în dublu T (cu bulb) - fig. 31.2.c
- grinzi cu buzunar (cu grosimea inimii variabilă) - fig. 31.2.d

b<sub>3</sub>) poduri pe grinzi casetate:

- grinzi cu o casetă - fig. 31.2.e;
- grinzi cu o casetă și perete median, fig. 31.2.f;
- grinzi cu două sau mai multe casete, fig. 31.2.g;
- grinzi casetate cu pereți oblici, fig. 31.2.h.

c) După tipul armăturii:

- cu armătură obișnuită (beton armat) cu armătură în carcasă (beton armat);
- cu armătură pretensionată (beton precomprimat).

d) După modul de execuție:

d<sub>1</sub>) din beton turnat monolit;

- cu sprijiniri (eșafodaje);

- fără sprijiniri, executate prin betonare în consolă;

- turnate pe mal în tronsoane și lansate în deschidere pe măsura execuției lor.

d<sub>2</sub>) cu elemente prefabricate:

- cu grinzi prefabricate în uzină;

- cu grinzi preturnate pe șantier.

d<sub>3</sub>) poduri integral prefabricate și lansate în deschidere.

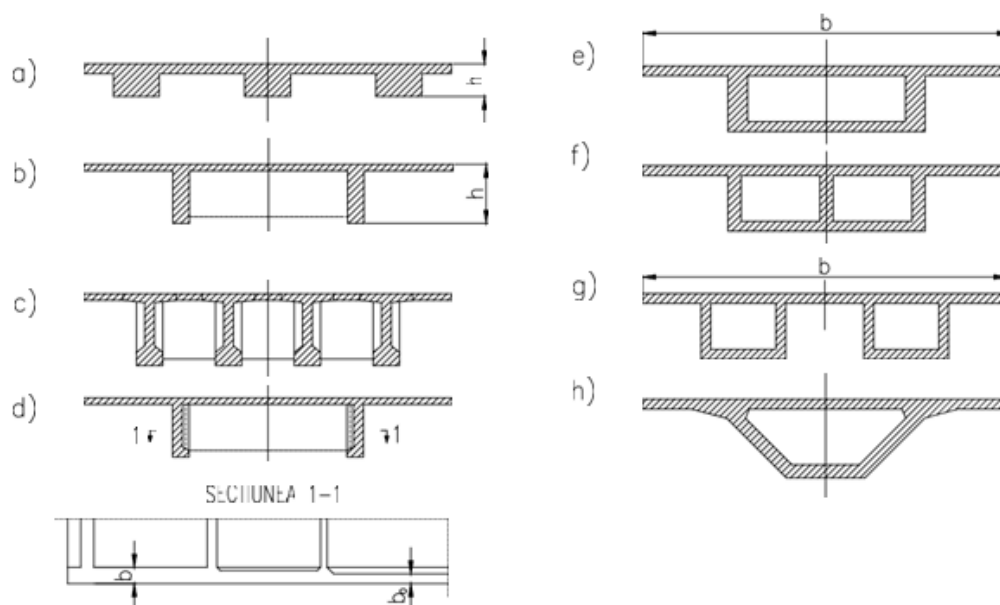


**Figura 31.2 - Secțiune transversală la podurile pe grinzi**

## 31.2 Domenii de utilizare a podurilor pe grinzi

**31.2.1** Podurile din beton armat pe grinzi, datorită avantajelor economice și de ordin constructiv, au un domeniu foarte larg de aplicare. În prezent cele mai utilizate sunt podurile cu elemente prefabricate la care metodele moderne de construcție se îmbină cu procedeele rapide de execuție a lucrărilor.

**31.2.2** Acolo unde condițiile nu permit aplicarea prefabricării, se construiesc poduri monolite. De exemplu: pentru suprastructurile unicate sau cu deschideri mari (50 - 200 m), la care transportul și montajul prefabricatelor este dificil, se poate aplica execuția monolită a lucrării.

**31.2.3** Podurile cu grinzi late se pot utiliza pentru deschideri mici 5 - 15 m, în cazul grinzilor simplu rezemate și 12 - 18 m, în cazul grinzilor continue. În general aceste poduri sunt monolite.

**31.2.4** Podurile cu grinzi T sau dublu T<sub>1</sub> se utilizează pentru deschideri mici și mijlocii (5 - 33 m) și uneori chiar pentru deschideri mari (peste 42m).

**31.2.5** În cazul deschiderilor mici și mijlocii se folosesc de obicei grinzi simplu rezemate atât din beton armat cât și din beton precomprimat. În cazul deschiderilor mari se pot utiliza atât grinzi simplu rezemate din beton precomprimat, cât și grinzi continue din beton armat sau beton precomprimat sau grinzi cu console.

**31.2.6** Grinzile simplu rezemate sunt prefabricate în majoritatea cazurilor, în timp ce grinzile continue sau cu console sunt atât prefabricate cât și monolite.

**31.2.7** În scopul simplificării execuției, grinzile au de obicei lățime constantă. Pentru reducerea greutateii proprii se poate adopta la grinzile monolite cu deschideri mari, variația lățimii inimilor, realizându-se așa numitele grinzi cu buzunar (fig. 31.2.d)

**31.2.8** De asemenea, la grinzile în dublu T (cu bulb) se prevede îngroșarea inimii numai în zona reazemelor unde forța tăietoare are valori maxime.

**31.2.9** Grinzile casetate se utilizează în cazul deschiderilor mari și foarte mari (50 - 250m), pentru grinzi continue și cadre. Aceste poduri se realizează din beton precomprimat turnat monolit, dar și din elemente prefabricate (montarea în consolă a tronsoanelor casetate prefabricate).

### **31.3 Recomandări pentru alegerea dimensiunilor geometrice ale elementelor suprastructurilor**

**31.3.1** Tipurile secțiunilor transversale ale suprastructurilor de poduri pe grinzi sunt foarte variate și depind de ai mulți factori: de schema statică a grinzilor, de mărimea deschiderii, de tipul armaturilor, de modul de execuție.

**31.3.2** Stabilirea numărului de grinzi principale în secțiunea transversală și respectiv a distanței dintre ele, a numărului de antretoaze, precum și a grosimii plăcii, se face în general pe considerente economice, prin comparația mai multor variante posibile, în funcție de deschidere, lățime, schema statică, înălțime de construcție disponibilă și materiale folosite.

**31.3.3** În ceea ce privește numărul de grinzi principale se poate adopta:

- număr mic de grinzi (minim două) și o placă groasă care îndeplinește rolul de talpă comprimată a grinzii principale;
- număr mare de grinzi principale, având înălțime redusă.

### **31.4 Alcătuirea suprastructurilor monolite**

**31.4.1** La suprastructurile monolite se folosesc mai des două tipuri de alcătui:

- rețea de grinzi compusă din grinzi principale și grinzi transversale (antretoaze);
- rețea complexă alcătuită din grinzi principale, grinzi transversale (antretoaze) și grinzi longitudinale secundare (mai rar folosită).

**31.4.2** Placa poate fi proiectată ca rezemată pe două laturi dacă distanța dintre antretoaze este  $2r \div 4r$  sau rezemată pe contur, dacă distanța dintre antretoaze nu depășește  $2r$ , unde  $r$  - este distanța dintre grinzile principale.

**31.4.3** Când distanța dintre grinzile principale nu depășește 2,5 - 3,0 m, se indică o distanță mai mare între antretoaze pentru a avea placa rezemată pe două laturi.

**31.4.4** Când distanța dintre grinzile principale este mai mare (3,0 - 6,0 m) pentru menținerea grosimii plăcii în limite economice avantajoase, se recomandă plăci rezemate pe contur, prevăzând antretoazele la o distanță mai mică decât  $2r$ . Se poate menține grosimea plăcii în limite avantajoase dacă se folosesc rețele complexe de grinzi.

**31.4.5** Grosimea plăcii carosabile la podurile de grinzi variază între 12 - 25 cm.

**31.4.6** Lungimea consolelor trotuarelor variază de la 1,0m până la 2,0m, uneori până la 2,5m, reprezentând 0,3 - 0,7 (de obicei 0,6) din distanța între grinzile principale.

**31.4.7** Distanța între antretoaze se recomandă să nu depășească 4,0 - 6,0 m.

**31.4.8** Lățimea antretoazelor variază între 15 - 30 cm.

**31.4.9** Înălțimea antretoazelor este necesar să fie de cel puțin  $2/3$  din înălțimea grinzilor principale.

**31.4.10** Distanța dintre grinzile principale și numărul de grinzi în secțiune transversală se determină pe considerente economice, prin comparația variantelor posibile.

**31.4.11** Dacă înălțimea de construcție nu este limitată, repartizarea grinzilor la distanțe mari ( $r = 5 \div 6m$ ) este mai avantajoasă (fig. 31.3. d și c). Când înălțimea de construcție este limitată, distanța dintre grinzile principale se poate reduce la 2 - 3 m (fig. 31.3.b și c).

**31.4.12** Înălțimea și lățimea grinzilor principale depind de tipul secțiunii adoptate și implicit de mărimea deschiderii, de schema statică, de tipul armării și uneori de condițiile locale care impun o înălțime de construcție limitată.

**31.4.13** La podurile cu grinzi late simplu rezemate, înălțimea acestora reprezintă  $1/12 - 1/15$  din deschidere, iar lățimea depășește de 1,5 - 2,0 ori înălțimea lor (fig. 31.3. a).

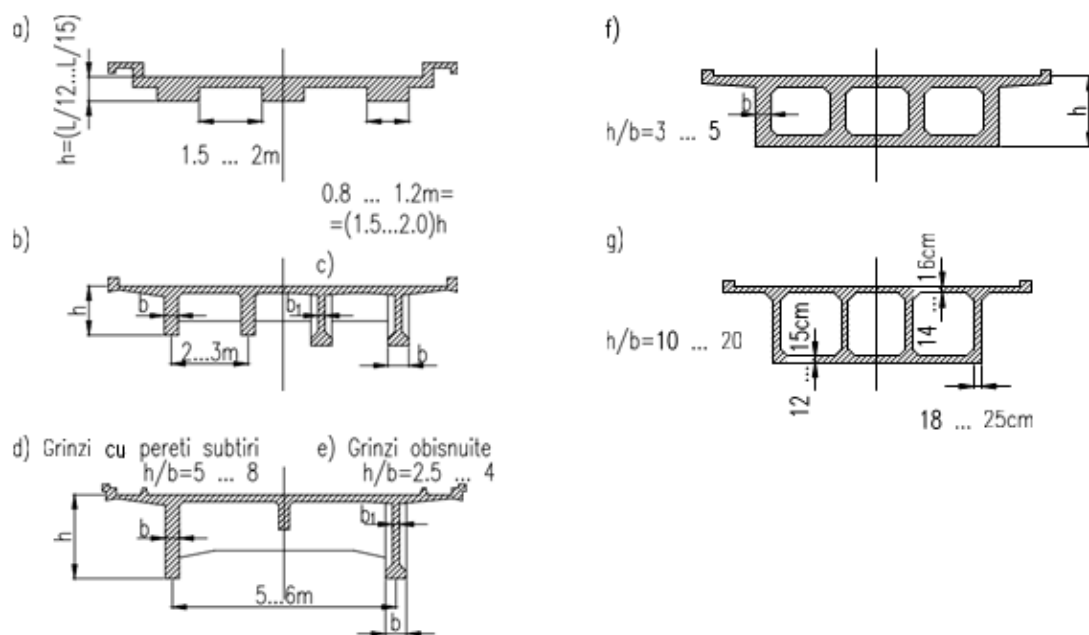


**Fig.31.3 - Tipuri de secțiuni ale podurilor cu grinzi monolite caracteristice, în UE și RM**

**31.4.14** La podurile pe grinzi cu deschideri mici și mijlocii (10 - 25 m), la care se folosesc grinzi T sau dublu T (fig.31.4, b, d, respectiv c, a) raportul între înălțimea grinzilor și deschidere variază astfel:

- pentru poduri cu grinzi simplu rezemate:  $h = L/12 - L/15$  și chiar  $L/16$ , în cazul precomprimării:  $h = L/16 - L/24$ ;
- pentru poduri cu grinzi continue și cu console:  $h = L/14 - L/18$  și chiar  $L/20$ , iar în cazul precomprimării:  $L/20 - L/25$ ;

## 31.5 Alcătuirea suprastructurilor din elemente prefabricate

**31.5.1** La proiectarea secțiunilor transversale ale suprastructurilor prefabricate este necesar să se ia în considerație următoarele:

- elementele să aibă greutatea cât mai mică pentru a ușura condițiile de transport și montaj;
- construcția să fie simplă și numărul îmbinărilor de montaj cât mai redus;
- secțiunile transversale ale elementelor să aibă forma care să se preteze la executarea în serie (tipizare).
- îmbinările să fie sigure și apte pentru a rezista timp îndelungat în exploatare la încărcări alternative și dinamice (conform cerințelor duratei de viață SM EN 1990);
- distanța de la amplasamentul lucrării la uzina de prefabricate să fie cât mai mică pentru ca valoarea construcției să nu fie grevată de cheltuielile de transport.

**31.5.2** Suprastructurile cu grinzi simplu rezemate satisfac cel mai bine condițiile principale ce este necesar să le îndeplinească o construcție prefabricată.

**31.2.3** Secțiunea transversală a suprastructurilor cu grinzi prefabricate simplu rezemate poate fi alcătuită în diferite moduri:

- grinzi prefabricate cu placa monolită turnată între grinzi în cofraje cu sprijiniri (fig. 31.4,a);
- grinzi prefabricate cu placa monolită turnată pe predale (fig. 31.4,b);
- grinzi prefabricate joantive cu suprabetonare (fig. 31.4c, d)
- grinzi prefabricate tip T întors cu armătura aderentă preîntinsă (fig. 31.4,e);

**31.2.4** La suprastructurile realizate din grinzi prefabricate cu porțiuni de placă turnată ulterior în placa elementelor prefabricate se prevăd armături sub formă de mustăți care se înădăsc prin petrecere cu armătura din zonele de placă monolită.

**31.2.5** În cazul grinzilor dispuse joantiv, placa de suprabetonare din beton armat conlucrează cu elementele prefabricate prin intermediul armăturii de legătura (conectori).

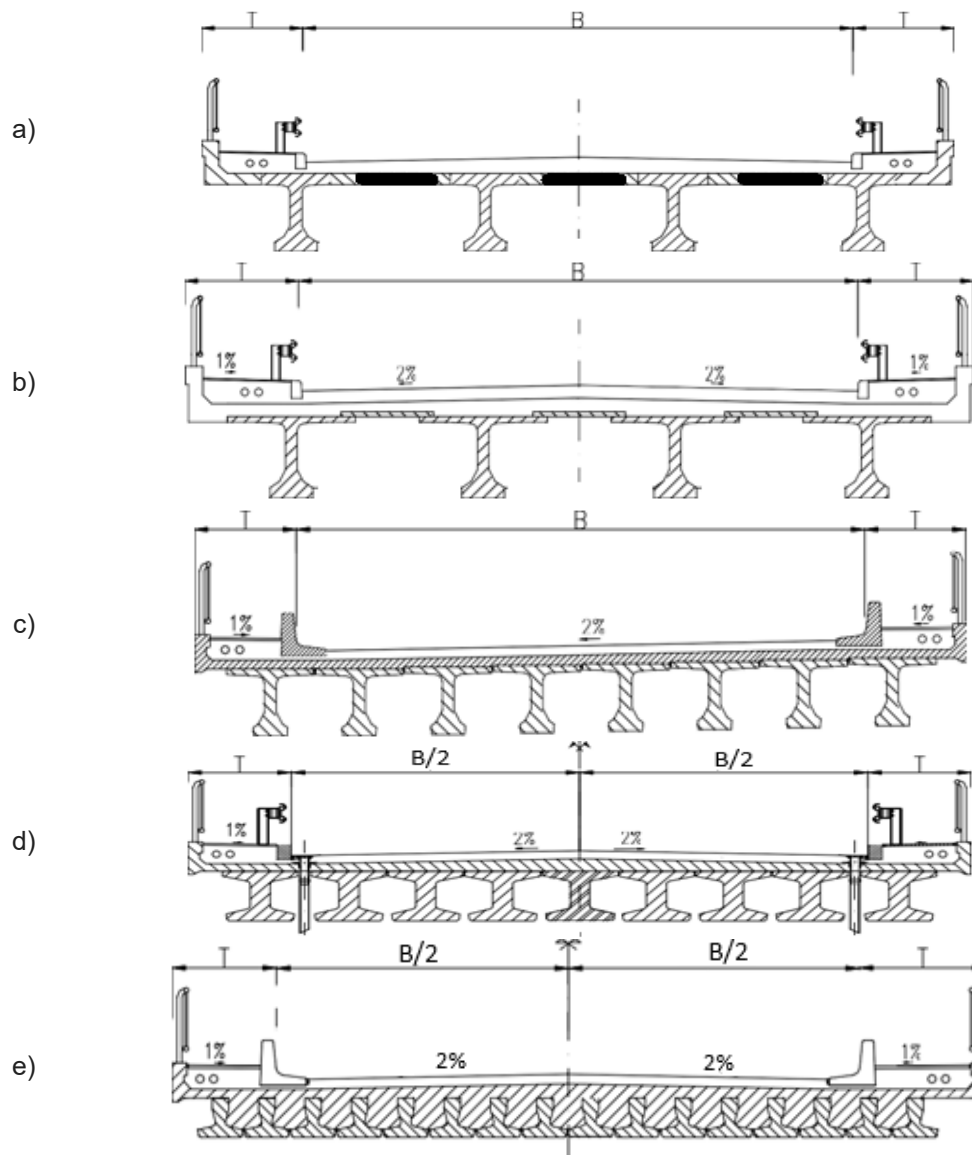


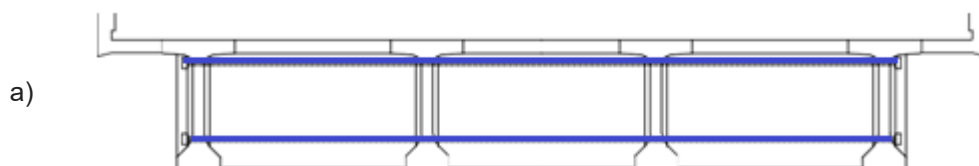
**Figura 31.4(a-e) - Secțiunea transversală a suprastructurilor cu grinzi prefabricate simplu rezemate**

**31.2.5** De regulă, aceste grinzi (fig.31.c) se proiectează astfel încât să conlucreze numai prin intermediul plăcii de suprabetonare, fără a fi necesară executarea antretoazelor, mod de alcătuire ce ușurează foarte mult execuția având în vedere faptul că lucrările de cofrare și de susținere sunt reduse la minimum.

**31.2.6** În cazul suprastructurilor cu antretoaze (executate mai rar în ultima perioadă în cadrul suprastructurilor din țara noastră), acestea se pot realiza prin sudarea barelor de rezistență de mustăți prevăzute în elementele prefabricate și betonarea ulterioară a zonelor monolite de antretoază, odată cu betonarea plăcii.

**31.2.7** Tendința actuală în unele țări UE este ca legătura transversală dintre grinzi să se facă prin precomprimarea antretoazelor (fig. 31.5.a.) sau chiar prin precomprimarea transversală a întregii suprastructuri (fig. 31.5.b).

**31.2.8** Grinzile simplu rezemate prefabricate se realizează de obicei cu înălțime constantă, soluție mai avantajoasă pentru execuție, transport și montaj.



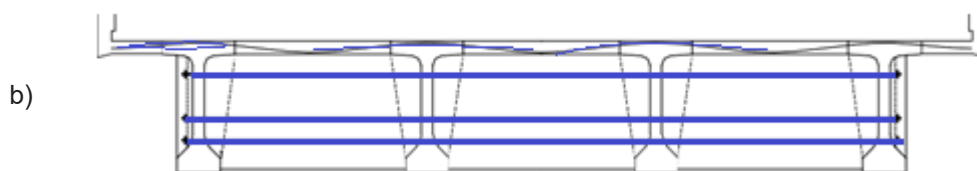


**Figura 31.5 (a,b) Precomprimarea transversală a suprastructurii**

**31.2.9** În prezent grinzile prefabricate se alcătuiesc din beton precomprimat, executate atât uzinat (recomandat cu lungimi de până la 42m) cât și prin organizarea producerii pe șantierele de construcții (mai mult de 42m).

**31.2.10** Secțiunile lor transversale se prevăd în formă de T, dublu T, I sau  $\perp$  (T întors), iar precomprimarea se face cu fascicule postîntinse sau cu armătură preîntinsă (de regulă toroane).

**31.2.11** În prezent în țara noastră se folosesc în principal la alcătuirea suprastructurilor podurilor rutiere următoarele tipuri de grinzi prefabricate:

- grinzi  $\perp$  (T întors) cu armătură preîntinsă pentru deschideri de 6-12m;
- grinzi dublu T sau I cu armătură preîntinsă pentru deschideri de 12-33m, posibil și  $\geq 42$ m;
- grinzi T cu armătură preîntinsă pentru deschideri de 12-24 m;
- grinzi prefabricate monobloc cu fascicule postîntinse pentru deschideri de 24-40m.

**31.2.12** În UE odată cu apariția sistemelor de execuție în consolă s-a trecut la folosirea prefabricatelor și la poduri pe grinzi cu console și la suprastructurile cu grinzi continue. De asemenea, deschiderile independente ale grinzilor cu console și articulații pot fi realizate din lante prefabricate.

### 31.3 Continuizarea grinzilor prefabricate simplu rezemate

**31.3.1** În vederea obținerii avantajelor pe care le au suprastructurile cu grinzi continue (consumuri reduse de materiale, pentru înălțimi mici de construcție) sau în vederea îmbunătățirii confortului de circulație prin reducerea numărului de rosturi de dilatație, se practică continuizarea grinzilor prefabricate simplu rezemate în două variante:

- continuizarea pe reazem a structurii prin betonarea rostului dintre grinzi și vederea de armătură moale sau pretensionată la partea superioară (talpa) pentru luarea eforturilor de întindere (fig. 31.6,a);
- continuizarea la nivelul plăcii carosabile cu placa simplu articulată sau dublu articulată sau dublu incastrată (fig. 31.6,b).

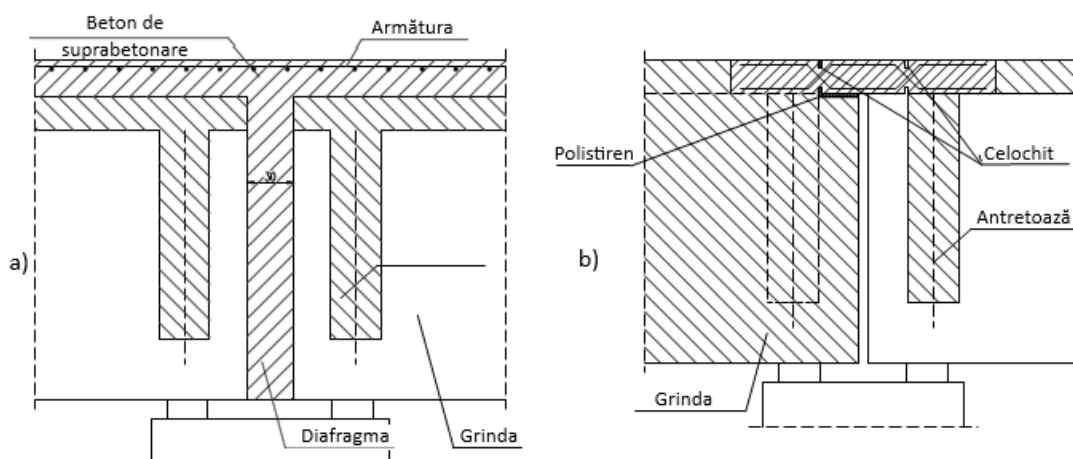


**Figura 31.6 - Continuizarea pe reazem a grinzilor prefabricate simplu rezemate**

**31.3.2** Prima variantă (fig.31.6, a) transformă suprastructura într-o grindă continuă care preia momente încovoietoare pe reazeme. Acest tip de continuizare se aplică în cazurile în care înălțimea suprastructurii este impusă iar grinzile prefabricate nu pot acoperi deschiderea necesară.

**31.3.2.1** Suprastructura se poate transforma și în riglă de cadru dacă se asigură legătura cu infrastructurile, armându-se corespunzător nodurile de cadru.

**31.3.3** Varianta doi (fig.31.6,b) asigură continuitatea suprastructurii numai pentru transmiterea forțelor longitudinale, fără a prelua momente încovoietoare pe reazeme.

**31.3.4** Continuizarea cu placa dublu încastrată se aplică în general la deschideri ale plăcii  $l \geq 10 h$  (unde  $h$  este grosimea plăcii), evitând astfel sporirea rigidității și implicit a eforturilor produse de rotirea sau tasarea grinzilor din deschiderile adiacente.

**31.3.5** Soluția de continuizare cea mai des folosită este cea cu placă dublu articulată (fig. 31.6,b). Pentru realizarea acestei soluții se va dimensiona armătura din zona articulației la forța tăietoare și secțiunea de beton armat din câmpul plăcii la moment încovoiător din încărcări directe.

## 31.4 Particularitățile alcătuirii grinzilor din beton precomprimat

**31.4.1** Grinzile din beton precomprimat pot fi executate monolit sau prefabricat.

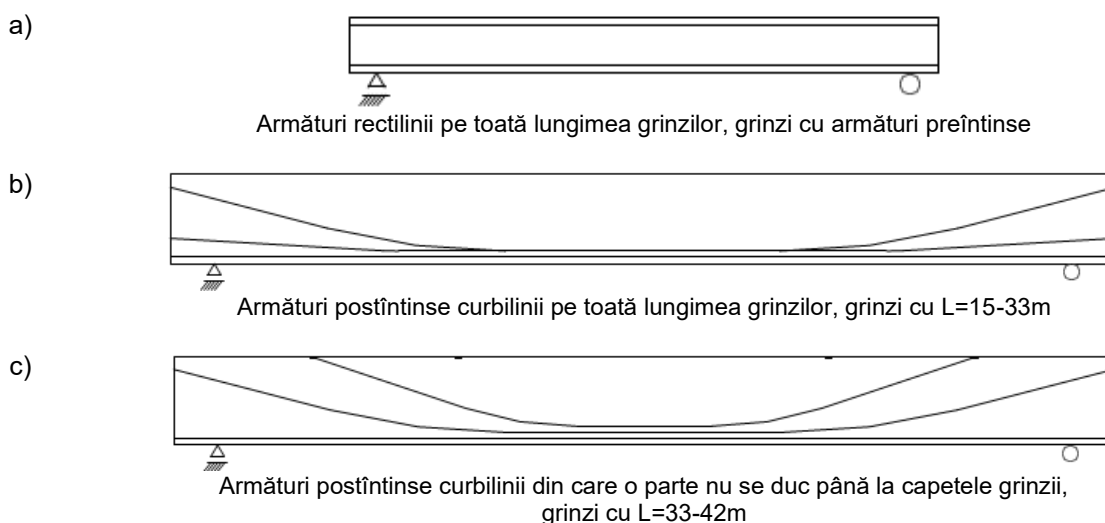


**Fig.31.7 - Schema de armare a grinzilor simplu rezemate din beton precomprimat**

**31.4.2** Din punct de vedere static pot fi folosite în diferite scheme: grinzi simplu rezemate, grinzi cu console, grinzi Gerber (după caz), grinzi continue.

**31.4.3** Precomprimarea se poate face cu armături preîntinse (aderente) sau postîntinse (în canale injectate ulterior).

**31.4.4** Traseele armăturilor pretensionate la grinzi simplu rezemate pot fi conform figura 31.7.

**31.4.5** Traseele fasciculelor la diferite tipuri de grinzi continue sau cu console și schema de armare a grinzilor continue și cu console din beton precomprimat sunt prezentate în sursa [1] figura 5.14, capitol 5.

## 31.5 Plăcile suprastructurilor pe grinzi

### 31.5.1 Calculul plăcilor podurilor de șosea

**31.5.1.1** Modul de calcul al plăcilor depinde în primul rând de modul de rezemare, iar în cazul plăcilor rezemate pe toate laturile, de raportul lungimii acestor laturi (SM EN 1992-2).

**31.5.1.2** În alcătuirea tablierelor podurilor din beton armat pentru șosea se întâlnesc în mod curent următoarele tipuri de plăci:

- plăci în consolă;
- plăci rezemate pe două laturi opuse;
- plăci rezemate pe patru laturi:
  - cu raportul lungimii laturilor  $\geq 2$
  - cu raportul lungimii laturilor  $< 2$

**31.5.1.3** Repartiția încărcărilor concentrate. În calcule se consideră că încărcările concentrate se repartizează prin straturile căii sub un unghi de  $45^\circ$  până la suprafața mediană a plăcii.

**31.5.1.4** Dimensiunile laturilor dreptunghiului de rezemare a încărcării rezultă (fig.25.8):

$$a_1 = a_0 + 2s$$

$$b_1 = b_0 + 2s$$

în care,

$a_0$  - dimensiunea de contact cu calea a roții vehiculului, respectiv a șenilei, în sensul de mers;

$b_0$  - dimensiunea de contact a roții vehiculului, respectiv a șenilei, cu calea pe direcția transversală sensului de mers;

$s$  - grosimea straturilor căii în dreptul încărcării (distanța de la partea superioară a căii până la suprafața mediană a plăcii).

**31.5.1.6** Dacă distanța între încărcări este mică, astfel încât suprafețele lor de repartizare se pot suprapune, atunci pentru o pereche de forțe se ia suprafața generală a repartizării (fig.31.8.b) cu următoarele dimensiuni:

$$a_1 = a_0 + 2s ;$$

$$b_1 = b_0 + 2s + d ;$$

în care,

$d$  - distanța dintre roți în sens transversal podului.

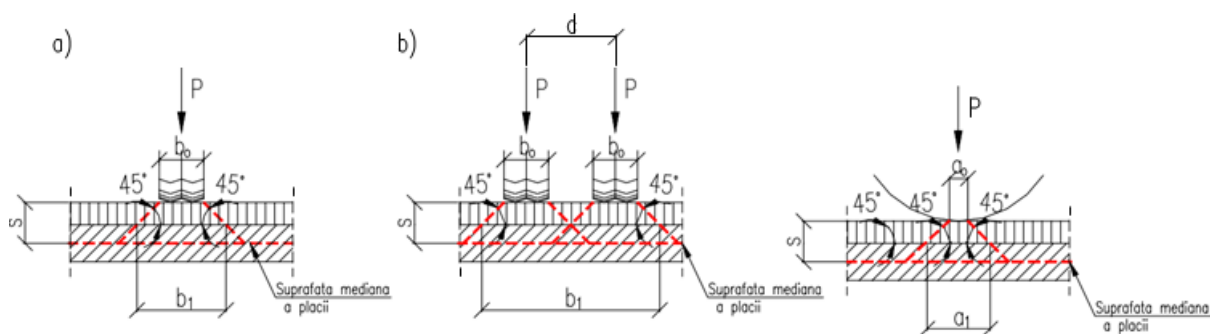


**Figura 31.8 - Schema de repartizare a încărcărilor concentrate**

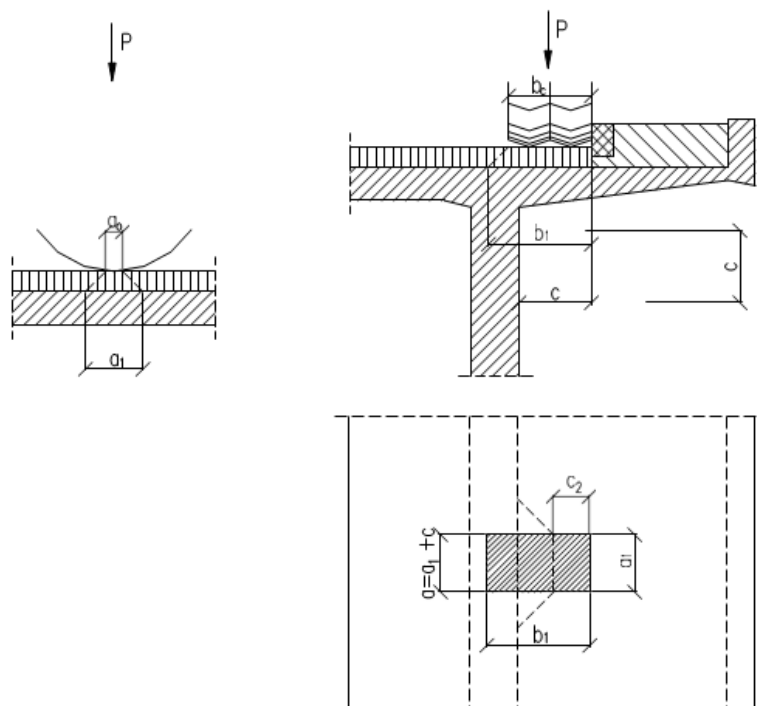


**Figura 31.9 - Lățimea de calcul a plăcilor în consolă**

### 31.5.2 Determinarea solicitărilor la plăcile în consolă

**31.5.2.1** În mod curent plăcile în consolă se folosesc pentru trotuare și pentru o porțiune a părții carosabile.

**31.5.2.2** Calculul solicitărilor se efectuează pentru o fâșie de consolă având lățimea de 1,00m.

**31.5.2.3** Pentru determinarea solicitărilor din forțe concentrate (încărcări utile) se ține seama de repartizarea lor pe dreptunghiul cu laturile  $a_1$  și  $b_1$  (figura 31.9), precum și de lățimea de conlucrare a plăcii denumită lățime de calcul.

**31.5.2.4** Lățimea de conlucrare se consideră egală cu:  $a = a_1 + c$ , ceea ce este echivalent cu repartizarea încărcării prin plane la 45° din punctul de aplicare al forței (figura 31.9).

**31.5.2.5** La stabilirea lățimii de conlucrare "a" este necesar să se țină seama și de condiția de nesuprapunere a efectelor a două roti alăturate.

### 31.5.3 Determinarea solicitărilor la plăcile armate pe o singură direcție

**31.5.3.1** Prin plăci armate pe o singură direcție se înțeleg plăcile dreptunghiulare la care armătura principală de rezistență este dispusă pe o singură direcție. În această categorie se cuprind plăcile rezemate pe două laturi opuse, precum și plăcile rezemate pe patru laturi la care raportul lungimii laturilor este mai mare sau egal cu 2.

**31.5.3.2** Direcția pe care se așază armătura principală de rezistență este perpendiculară pe laturile de rezemare la plăcile rezemate pe două laturi opuse și paralelă cu laturile mici la plăcile rezemate pe patru laturi.

**31.5.3.3** Schema exactă de calcul a plăcii este complicată, de aceea, determinarea solicitărilor se face în practică după formule convenționale, deduse pe baza calculelor comparative și ținând seama de cele mai defavorabile cazuri posibile de comportare a plăcii.

**31.5.3.4** Valoarea momentelor încovoietoare depinde de raportul dintre înălțimea grinzii  $h$  și grosimea plăcii  $h_p$ .

Dacă:  $h/h_p > 4$ , relațiile pentru calculul momentelor sunt (fig. 25.10,a):

- pe reazem:  $M_r = -0,7 M_o$ ;
- în câmp:  $M_c = +0,5 M_o$ .

În cazul  $h/h_p \leq 4$ , relațiile pentru calculul momentelor sunt (fig. 25.10,b):

- pe reazem:  $M_r = -0,7 M_o$ ;
- în câmp:  $M_c = +0,7 M_o$ .

În care,

$M_o$  - este momentul încovoietor maxim din încărcări permanente și utile ale plăcii, socotind placa simplu rezemată.

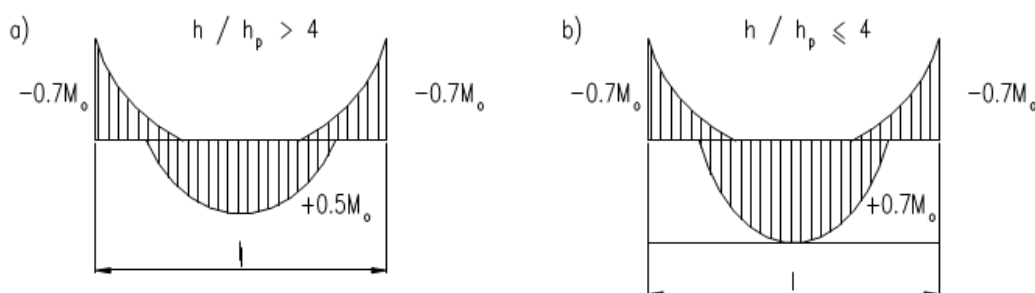


**Figura 31.10 - Schema convențională pentru calculul momentelor la plăci armate pe o singură direcție**

**31.5.3.5** Deschiderea de calcul (figura 31.11) se ia egală cu:

- lumina plus grosimea plăcii la mijlocul deschiderii și cel mult distanța dintre axele reazemelor, în cazul plăcilor simplu rezemate izolate.

- distanța dintre mijloacele reazemelor (axele grinzilor, nervurilor, antretoazelor etc.) în cazul plăcilor continue.

**31.5.3.6** Lățimea de calcul a plăcii (figura 25.11) se determină astfel:

$$a = a_0 + 2s + (l_b/3) = a_1 + (l_b/3);$$

- dar nu mai puțin de  $2/3 \cdot l_b$ , când roata vehiculului calcă în mijlocul deschiderii  $a = a_0 + 2s = a_1$ , dar minimum,  $l_b/3$ , când roata vehiculului calcă deasupra reazemelor  $a_x = a_1 + 2x$ , dar nu mai mare decât "a", când roata vehiculului calcă în vecinătatea reazemelor la distanța x.

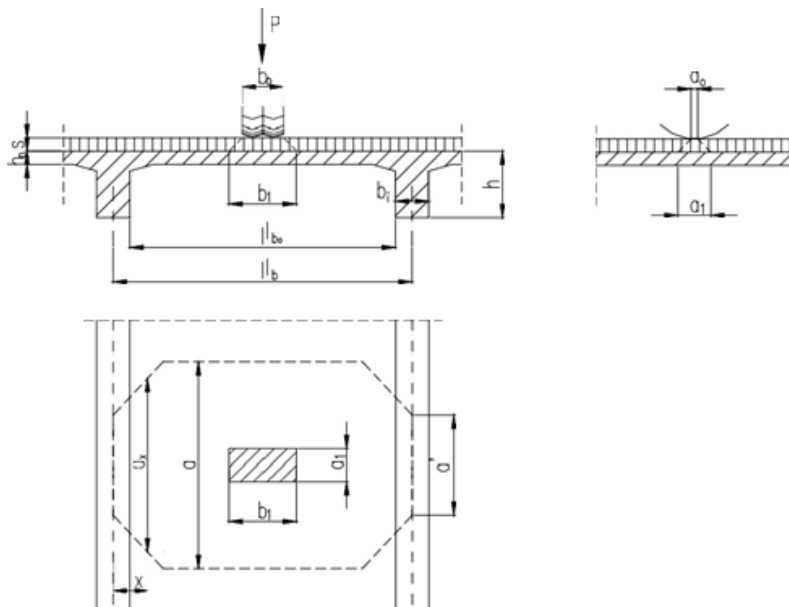


**Figura 31.11 - Schema determinării de calcul a plăcii și a lățimii de conlucrare**

**31.5.3.7** La plăcile armate pe o direcție apar solicitări și pe direcția laturii lungi (figura 31.13), respectiv pe cea de a doua direcție, dar valorile acestora sunt mici și sunt acoperite de o armare constructivă.

**31.5.3.8** Această armătură constructivă este necesar să fie de minimum 15% din armătura de rezistență.

**31.5.3.9** Din cauza efectelor locale, în zona adiacentă dintre placă și grinzile paralele cu latura scurtă la partea superioară a plăcii, se prevăd armături perpendiculare pe aceste grinzi, care pătrund în zonele de placă alăturate pe o distanță egală cu  $l_0/4$  ( $l_0$  - fiind deschiderea de calcul).

**31.5.3.10** Schema solicitărilor la plăcile armate pe o singură direcție, precum și dispunerea armăturilor la aceste plăci, este prezentată în figura 31.12.

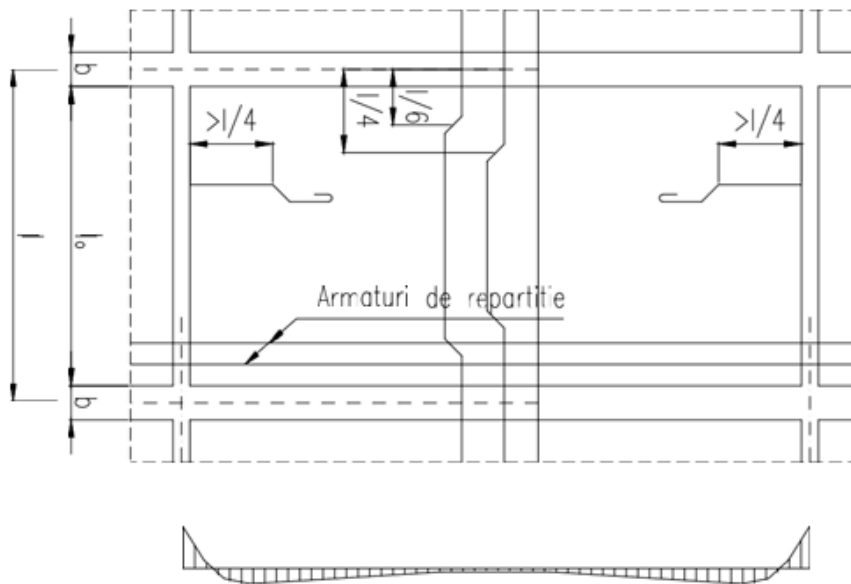


**Figura 31.12 - Schema solicitărilor și a dispunerii armăturilor la plăci pe o singură direcție**

### 31.5.4 Determinarea solicitărilor la plăcile armate pe două direcții

**31.5.4.1** Prin plăci armate pe două direcții se înțeleg plăcile dreptunghiulare la care armătura principală de rezistență este dispusă pe două direcții paralele cu laturile dreptunghiului. În categoria acestor plăci se cuprind plăcile rezemate pe contur la care raportul lungimii laturilor este mai mic decât 2.

**31.5.4.2** Din punct de vedere static, plăcile rezemate pe contur reprezintă un sistem mult mai complicat decât plăcile rezemate pe două laturi, de aceea calculul lor se face în general după metode aproximative, la început se determină solicitările ca pentru o placă simplu rezemată, apoi, prin introducerea unor coeficienți se ține seama de încastrarea elastică a laturilor plăcii.

**31.5.4.3** Proiectarea acestor plăci se poate face pe baza SM EN 1992-2 împreună cu SM EN 1992-1-1, respectiv de SM EN 1991-2 (Acțiuni asupra structurilor. Traficul pe poduri) sau codurile de practică specializate, ex: sura [7].

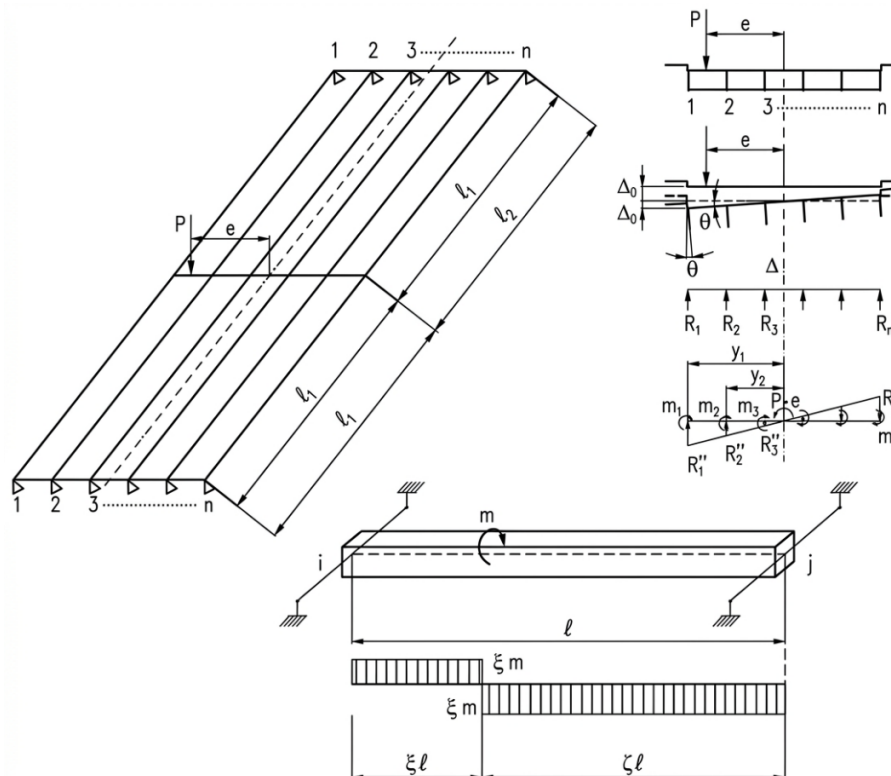


**Figura 31.13 - Repartiția transversală după metoda antretoazei infinit rigide**

### 31.6 Calculul repartiției transversale la suprastructuri cu grinzi din beton armat și beton precomprimat

**31.6.1** Caracterul monolit al suprastructurii podurilor pe grinzi din beton armat face ca la preluarea solicitărilor date de încărcărilor utile ce acționează asupra podului să participe toate elementele componente ale suprastructurii și anume grinzile longitudinale, cele transversale și placa.

**31.6.2** Determinarea solicitărilor în toate aceste elemente, ținând seama de legăturile reale între ele, deci de comportarea lor spațială, este o operație foarte laborioasă chiar și pentru cele mai simple structuri de poduri și de aceea în practică se aplică procedee aproximative care să țină seama de conlucrarea spațială între elementele suprastructurii podurilor, efectuându-se un calcul al repartiției transversale a încărcărilor utile între diferitele grinzi ale structurii și de rezistență.

**31.6.3** Metoda antretoazei infinit rigide. Această metodă are la bază ipoteza că rigiditatea la încovoiere a antretoazelor este considerată mai mare față de cea a grinzilor longitudinale:

$$I_a/I_{gr} = \infty ;$$

**31.6.3.1** Consecința acestei ipoteze este aceea ca prin acțiunea unei sarcini excentrice asupra rețelei, aceasta nu se deformează în sens transversal, pe această direcție producându-se numai rotirea generală a întregii rețele.

**31.6.3.2** Evident, această ipoteză se justifică la rețele rezemate pe două laturi la care rigiditatea reală a grinzilor transversale este mult mai mare decât cea a grinzilor longitudinale, astfel încât deformațiile din încovoiere ale primelor, să fie neglijabile față de cele ale celor din urma. Această metodă mai presupune că rețeaua are o singură antretoază la mijlocul deschiderii, neglijându-se prezenta celorlalte grinzi transversale.

**31.6.3.3** Există două variante ale acestei metode de calcul și anume:

- a) una în care se ține seama de rigiditatea la torsiune a grinzilor principale;
- b) a doua în care nu se ține seama de rigiditatea la torsiune a grinzilor principale, cunoscută și sub denumirea de "metoda de calcul după compresiunea excentrică".

#### Prezentarea metodelor:

- a) Se consideră o rețea de grinzi (fig. 25.13) încărcată excentric cu o sarcină  $P$ , la distanța "e" față de axa longitudinală a podului (pentru simplificare se presupune că grinzile rețelei sunt simetrice în raport cu axa longitudinală a podului).

Din această încărcare va apărea în fiecare grindă câte o reacțiune  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , în așa fel încât să fie verificată condiția de echilibru:

$$\sum_i^n R_i = P ;$$

Acțiunea forței  $P$  se poate descompune într-o forță " $P$ " ce acționează în axul podului și un moment de torsiune  $P_e$ .

Sub acțiunea forței  $P$  din axul podului, rețeaua de grinzi se deplasează pe verticală cu cantitatea  $\Delta'$  și corespunzător în fiecare grindă va apărea câte o reacțiune  $R'_i$ .

Momentul de torsiune  $M = P_e$  produce o rotire a întregii rețele cu unghiul  $\theta$  și corespunzător, în fiecare grindă va apărea câte o reacțiune  $R''$ .

Notând cu " $M_i$ " momentele de torsiune care acționează în grinzile principale în dreptul antretoazelor și cu " $y_i$ " distanța dintre axele grinzilor principale și axa longitudinală a podului, se poate scrie:

$$P_e = \sum_i^n M_i + \sum_i^n R'_i \cdot y_i$$

$$P = \sum_i^n R'_i$$

$$R_i = R'_i \pm R''_i$$

În relația ( $R_i$ ) semnul + sau - se ia după cum grinda "I" este situată de aceeași parte cu forță  $P$  față de axa longitudinală sau de partea opusă.

Prin prelucrarea relațiilor ( $P_e$ ); ( $P$ ); ( $R_i$ ), rezultă următoarea relație pentru determinarea reacțiunii în dreptul grinzii „K”.

$$R_k = R'_k + R''_k = P \left[ \left( \frac{I_k}{\sum_i^n I_k} \pm \frac{e \cdot y_i}{\sum_i^n \frac{G_k T_i}{l_i \xi \xi} \cdot \frac{l^3}{m_i E I_k} + \sum_i^n \frac{I_i}{I_k} \cdot y_i^2} \right) \right]$$

Pentru grinzi simplu rezemate, având momentele de inerție la încovoiere și respectiv torsiune egale:  $I_1 = I_2 = \dots = I_k = \dots = I_n = I$  și  $T_1 = T_2 = \dots = T_k = \dots = T_n = T$  relația (de mai sus  $R_k$ ) capătă forma :

$$R_k = P \cdot \left( \frac{1}{n} \pm \frac{e \cdot y_i}{\frac{n \cdot l^2}{m \cdot \xi \xi} \cdot \frac{G \cdot T}{E \cdot I} + \sum_i^n y_i^2} \right)$$

În care,

$n$  - numărul grinzilor principale;

$G$  - modulul de elasticitate transversal al betonului;

$E$  - modulul de elasticitate longitudinal al betonului;

$I$  - momentul de inerție la încovoiere al grinzii principale;

$T$  - momentul de inerție la torsiune al grinzii principale;

$l_i$  - deschiderea de calcul a grinzilor principale;

$m_i$  - coeficient care ține seama de modul de rezemare al grinzilor (pentru o grindă simplu rezemată încărcată cu o forță  $P$  în mijlocul deschiderii,  $m = 48$ , valoarea 48 apare în formula de calcul a săgeții maxime ( $\delta$ ) pentru o grindă simplu rezemată de lungimea  $L$ , solicitată de o forță concentrată  $P$  la mijlocul deschiderii, vezi SM EN 1992).

În proiectarea curentă avem nevoie de linia de influență a reacțiunilor din diferite grinzi în scopul determinării înfășurătorilor de solicitări și ulterior pentru dimensionare.

Ordonatele liniilor de influență ale reacțiunilor se obțin din relația (de mai sus  $R_k$ ) în care se dau diferite valori excentricității "e" a forței concentrate  $P = 1\text{tf}$ . Deoarece linia de influență variază linear, este suficient să se calculeze ordonatele liniilor de influență numai în două puncte, respectiv pentru  $e = y_1$  și  $e = y_n$ .

**31.6.3.4** O variantă a metodei antretoazei infinit rigide constă în neglijarea momentelor de torsiune "M<sub>1</sub>" ce acționează în grinzile principale. Această metodă se poate aplica cu suficientă exactitate podurilor la care rigiditatea antretoazelor este foarte mare și raportul dintre deschidere și distanță între grinzi de asemenea mare și la care:

$$b / l \leq 0,5 ;$$

în care,

$b$  - lățimea podului;

$l$  - deschiderea grinzii principale.

În această metodă prin neglijarea momentelor de torsiune "M<sub>1</sub>" relația (de mai sus  $P_e$ ) devine:

$$P_e = \sum_i^n R'_i \cdot y_i ;$$

unde,

relațiile ( $P$ ); ( $R_i$ ), rămân valabile:

Rezultă următoarea relație generală pentru determinarea reacțiunii în dreptul grinzii „K”.

$$R_k = R'_k + R''_k = P \cdot \left[ \frac{I_k}{\sum_{i=1}^n I_k} \pm \frac{e \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right] ;$$

Pentru grinzi simplu rezemate având momentele de inerție la încovoiere și respectiv torsiune egale, relația (de mai sus  $R_k$ ) devine:

$$R_k = P \cdot \left[ \frac{1}{n} \pm \frac{e \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right];$$

Ordonatele liniilor de influență ale reacțiunilor se obțin din relația ultimă ( $R_k$ ) în care dau diferite valori excentricității "a" a forței concentrate  $P = 1$  tf. Linia de influență variind liniar, este suficient să se calculeze ordonatele liniilor de influență numai în două puncte, respectiv pentru  $e = y_1$  și  $e = y_n$ .

Dacă se adoptă notațiile din figura 25.14, rezultă următoarea relație generală pentru calculul liniilor de influență ale încărcării pe grinda „K”:

$$\eta_{ki} = \frac{1}{n} \pm \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{2 \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i^2};$$

în care,

$\eta_{ki}$  - ordonata liniei de influență a încărcării  $P = 1$  în secțiunea "i" pe grinda "K";

$n$  - numărul grinzilor principale.

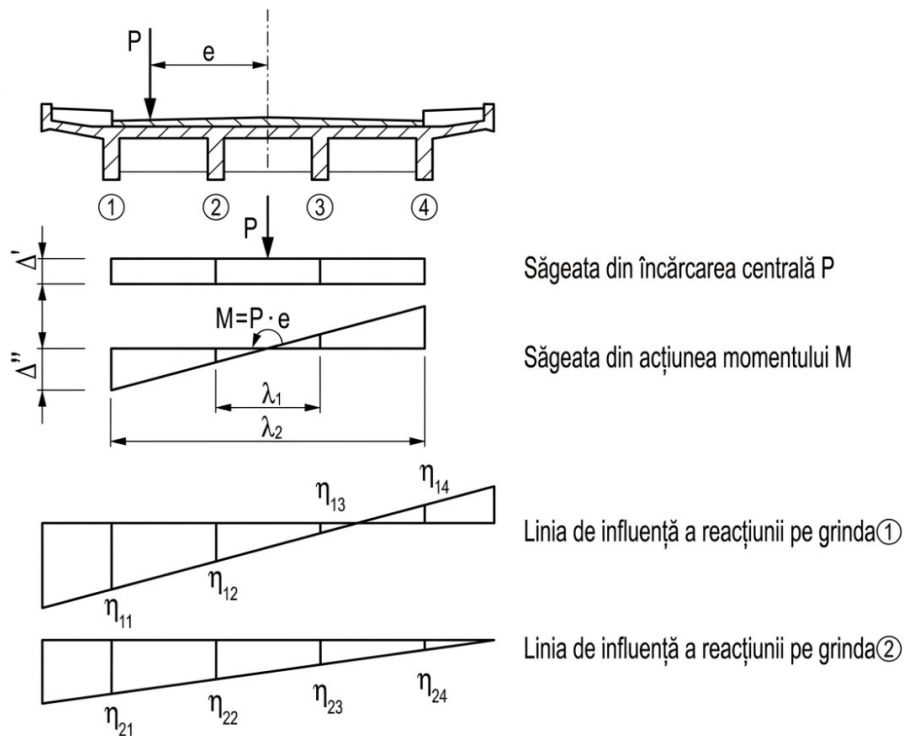


**Figura 31.14 - Reparația transversală după principiul compresiunii excentrice**

### 31.7 Metoda antretoazei elastice

**31.7.1** Această metodă are la bază ipoteză ca grinzile principale sunt fixate la torsiune pe reazem și sunt legate între ele în câmp cu o antretoază elastică având un moment de inerție la încovoiere  $I_a$ . În cazul podurilor pe două grinzi se poate utiliza următoarea expresie a lui "  $\eta_{21}$  " pentru determinarea liniei de influență a repartiției transversale:

$$\eta_{21} = \frac{1}{\frac{m}{12} \cdot \left(\frac{\lambda}{1}\right)^2 \cdot \frac{I}{I_a} + \frac{\xi \xi' \cdot m}{2} \cdot \left(\frac{\lambda}{1}\right)^2 \cdot \frac{E \cdot I}{G \cdot I_0} + 2}$$

în care,

$m$  - coeficient ce depinde de condițiile de rezemare;

**31.7.1.1** Pentru o grindă simplu rezemată încărcată cu forța  $P$  în mijlocul deschiderii,  $m=48$ , iar pentru o grindă continuă,  $m = 48 K$ ,

unde,

$K$  - reprezintă raportul dintre săgeata unei grinzi simplu rezemate și săgeata deschiderii corespunzătoare din grinda continuă.

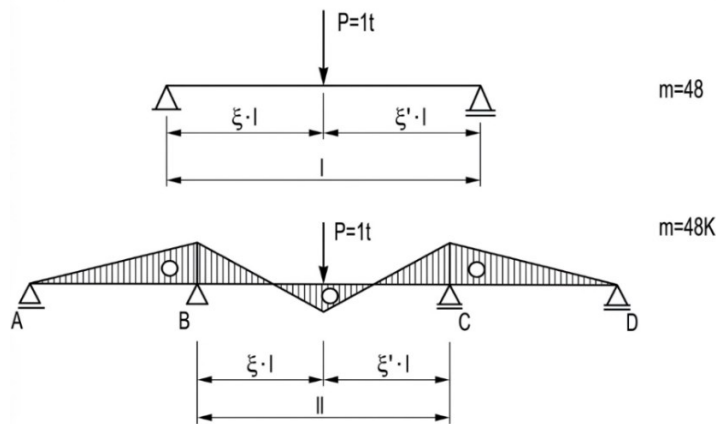


**Figura 25.15 - Repartiția transversală a încărcărilor utile la suprastructurile cu două grinzi și o antretoază elastică**

Coeficientul  $K$  are următoarea expresie (figura 25.15).

$$K = \frac{1}{1 - \frac{3}{l}(M' + M'')}$$

În expresia (p.25.7.1) reprezentarea notațiilor este următoarea:

$I$  - momentul de inerție al grinzii principale;

$I_a$  - momentul de inerție convențional al antretoazei;

$\lambda$  - distanța dintre axele grinzilor principale;

$l$  - deschiderea de calcul a grinzilor principale;

$G$  - modulul de elasticitate transversal al betonului;

$K$  - modulul de elasticitate longitudinal al betonului;

$T$  - momentul de inerție la torsiune al grinzii;

Pentru secțiune T și I, expresiile momentelor de inerție la torsiune sunt:

Pentru secțiunea T (figura 25.16,a)

$$T = 1/3(h' \cdot b^3 + h_p^3 \cdot b_p) ;$$

Pentru secțiunea I (figura 25.16,b)

$$T = 1/3(h' \cdot b^3 + h_p^3 \cdot b_p + h_p^3 \cdot b_p) ;$$

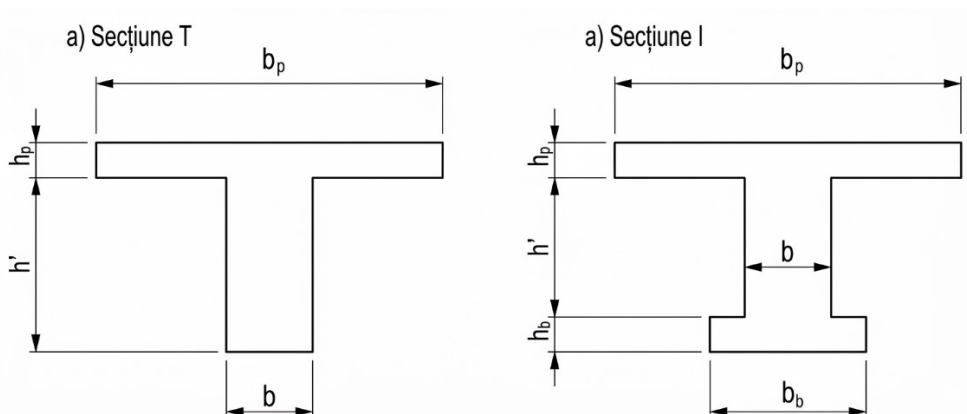


**Fig. 31.16 - Notații utilizate pentru calculul momentului de inerție la torsiune al grinzilor**

**31.7.1.2** Expresia lui  $\eta_{21}$  a fost stabilită în ipoteza existenței în mijlocul deschiderii a unei singure antretoaze.

**31.7.1.3** Rețelele de grinzi întâlnite în practică pot avea însă mai multe antretoaze în deschidere, având ca efect o îmbunătățire a repartiției transversale.

**31.7.1.4** Pentru a ține seama de acest lucru se consideră pentru antretoază un moment de inerție convențional  $I_a = i \cdot I_{a1}$ , unde:  $I_{a1}$  - este momentul de inerție al unei antretoaze, iar "i" un coeficient de corecție determinat în funcție de numărul total al antretoazelor din câmpul deschiderii respective, conform tabelului 31.1.

**Tabelul 31.1 - Coeficient de corecție "i"**

| Număr de antretoaze | 1   | 2   | 3   | 4   | ≥5  | 5   |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| "i"                 | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,0 | 2,0 |

**31.8** Metoda Leonhardt, rezolvă repartiția transversală la rețele cu mai mult de două grinzi principale în secțiune transversală. Metoda constă în determinarea forțelor de legătură din noduri între grinzi longitudinale și antretoaze făcând ipoteza ca aceste noduri să fie considerate articulații simple. Admițând această ipoteză simplificatoare, s-a stabilit pentru fiecare tip de rețea, în funcție de numărul de grinzi principale, o serie de formule algebrice, în locul sistemelor de ecuații elastice, cu ajutorul cărora se pot determina coeficienții de repartiție transversală.

Domeniul de aplicație al metodei (vezi sursa [1], capitolul V.4.3) nu este limitat de dimensiunile exterioare sau interioare ale rețelei sau de numărul de grinzi. Această metodă se poate aplica și la calcularea rețelilor rezemate pe patru laturi.

### 31.9 Completări la metodele de repartiție transversală

**31.9.1** Pe lângă metodele tradiționale prezentate anterior, pentru determinarea coeficienților de repartiție transversală în cazul podurilor din beton armat și precomprimat alcătuite cu grinzi prefabricate juxtapuse sau joantive în conlucrare la partea superioară cu o placă de suprabetonare, care sunt legate sau nu în sens transversal prin antretoaze, se poate utiliza ca alternativă metoda elementelor finite împreună cu modele numerice de calcul. Această abordare este utilă pentru structurile întâlnite în practica curentă de proiectare, întrucât se pot rezolva și problemele altfel greu de rezolvat, cum ar fi de exemplu repartiția transversală în cazul podurilor cu oblicitate mare, respectiv în cazul celor amplasate în curbe cu raze mici.

#### Principii de modelare

**31.9.2** Aceste tipuri de suprastructuri sunt alcătuite în secțiune transversală din mai multe grinzi juxtapuse (Figurile 25.17, 25.19) sau situate la o anumită distanță (Figura 25.17), peste grinzi fiind turnată o placă din beton armat.

**31.9.3** Grinzile longitudinale pot fi legate între ele pe reazeme sau la anumite distanțe în deschidere prin intermediul unor antretoaze sau unor diafragme din beton armat și precomprimat.

**31.9.4** În cazul tablierelor oblice, capetele grinzilor pot fi decalate între ele în sens longitudinal și de asemenea, dacă suprastructura are lățime variabilă sau podul este amplasat în curbă, axele longitudinale ale grinzilor pot să nu fie paralele între ele.

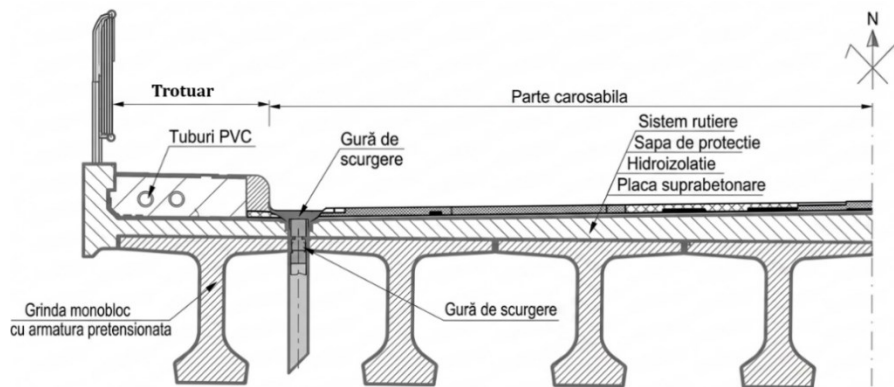


**Figura 31.17 - Secțiune transversală printr-un tablier din beton armat cu grinzi prefabricate joantive și placă de suprabetonare**

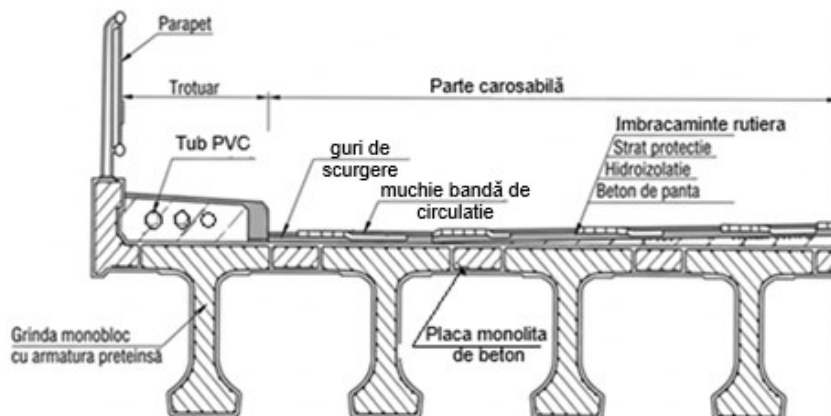


**Figura 31.18 - exemplu de secțiune transversală printr-un tablier din beton armat cu grinzi prefabricate juxtapuse și placă de suprabetonare**

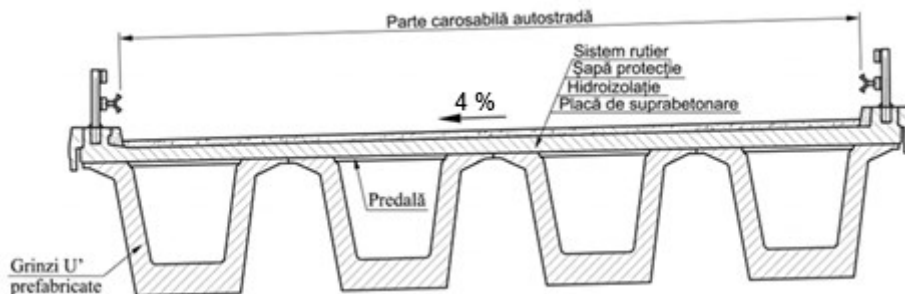


**Figura 31.19 - Secțiune transversală printr-un tablier din beton armat cu grinzi prefabricate U joantive și placă de suprabetonare**

**31.9.5** Modelarea unor astfel de structuri poate fi realizată în mai multe moduri:

- utilizând elemente unidimensionale (bare) dispuse în sens longitudinal, respectiv transversal podului și care formează o rețea plană de grinzi. Aceste modele relativ simple conduc la rezultate acoperitoare în situația în care toate caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale ale barelor ce compun rețeaua sunt stabilite corect;
- utilizând elemente unidimensionale (bare) pentru modelarea grinzilor și a antretoazelor (dacă acestea există) și elemente finite bidimensionale (de tip placă) pentru modelarea plăcii de suprabetonare;
- utilizând elemente bidimensionale (de tip placă) atât pentru modelarea grinzilor prefabricate și a antretoazelor, cât și pentru modelarea plăcii de suprabetonare;
- utilizând elemente tridimensionale (de volum) pentru modelarea tuturor elementelor componente ale suprastructurii podului.

**31.9.6** Dintre posibilitățile enumerate anterior, metoda rețelei plane de grinzi este utilizată pe scară largă, oferind avantaje din punct de vedere al complexității modelului, dar și al timpului mult mai redus de analiză și de prelucrare a rezultatelor în raport cu celelalte metode.

**31.9.7** Modelarea unor astfel de suprastructuri (Fig. 31.17, 31.18, 31.19) cu ajutorul metodei rețelei plane de grinzi presupune considerarea mai multor grinzi longitudinale și a unui număr de grinzi transversale, ce reprezintă placa. În sens longitudinal, placa contribuie la rigiditatea la încovoiere a grinzilor, fâșii de placă cu lățimea egală cu cea a tălpilor grinzilor fiind înglobate în secțiunea barelor longitudinale ale rețelei.

**31.9.8** În unele abordări, pentru stabilirea rigidității la încovoiere și torsiune a barelor transversale ale rețelei, în cazul grinzilor cu tălpi late ca cele din figurile 31.17 și 31.18, se consideră o secțiune a cărei grosime se compune din grosimea plăcii de suprabetonare la care se adaugă și grosimea tălpii grinzilor longitudinale.

**31.9.9** Problema ce este necesar rezolvată în acest caz este în zona spațiului liber dintre grinzi unde rigiditățile la încovoiere și torsiune ale barelor transversale ale rețelei variază semnificativ, în acele zone singurul element de legătură real în sens transversal fiind placa.

**31.9.10** Se poate admite că valorile momentelor încovoietoare longitudinale și a momentelor de torsiune din placă sunt comparabile ca mărime cu valorile momentelor încovoietoare transversale numai în imediata vecinătate a unor încărcări verticale concentrate.

**31.9.11** În cazul unor suprastructuri alcătuite din grinzi longitudinale legate între ele cu antretoaze și care au dispusă la partea superioară o placă de suprabetonare, rețeaua plană de grinzi constă din bare longitudinale și transversale amplasate la nivelul centrului de greutate ale grinzilor. În acest caz rigiditățile la încovoiere, forfecare și torsiune sunt comparabile pe cele două direcții, comportarea rețelei fiind similară cu cea a unei dale de beton de grosime redusă, flexibilă, sub acțiunea unor forțe concentrate.

**31.9.12** Dacă în sens transversal nu există antretoaze, comportarea plăcii este simulată prin introducerea unor grinzi transversale ale rețelei. Alegerea unei distanțe între grinzile transversale cuprinsă între  $(1/4 \dots 1/8)$  din deschiderea podului oferă un grad bun de aproximare a repartiției transversale a încărcărilor între grinzile longitudinale.

**31.9.13** Dacă există însă și antretoaze izolate, dispuse la capetele tablierului și pe parcurs din loc în loc, atunci grinzile transversale ale rețelei vor avea caracteristicile geometrice corespunzând secțiunilor transversale ale acestor elemente.

**31.9.14** Există situații în care grinzile sunt foarte apropiate în sens transversal, cum se întâmplă în cazul tablierelor cu grinzi "T întors" și placa de suprabetonare (vezi fig.6 din sursa [1]). Pentru a reduce numărul de elemente componente ale rețelei plane de grinzi se poate adopta ca soluție, stabilirea caracteristicilor de rigiditate ale barelor longitudinale ale rețelei pentru secțiunile aferente a două sau mai multor grinzi reale. Acest mod de reprezentare nu poate fi însă utilizat dacă grinzile au rigidități semnificativ diferite, întrucât nu se pot interpreta corect rezultatele, neștiindu-se ce pondere de efort se repartizează fiecărei grinzi.

**31.9.15** Plasarea câte unei bare longitudinale de rețea în axul fiecărei grinzi longitudinale sporește densitatea rețelei și în același timp îmbunătățește și repartiția transversală a încărcărilor.

**31.9.16** Deoarece este cunoscut faptul că, în cazul tablierelor formate din grinzi și placa de suprabetonare, repartiția transversală a încărcărilor este slabă, distanța între barele longitudinale ale rețelei nu este necesar să fie mai mare de  $1/10$  din deschidere.

**31.9.17** În cazul în care tablierul real are în componență grinzi cu lățime mare (grinzi late) care este comparabilă ca valoare cu distanța între axe grinzilor sau grinzi U, atunci grinzile pot fi modelate cu câte două bare longitudinale de rețea.

**31.9.17.1** Pentru aceste tabliere, încovoierea în sens transversal se produce mai ales deasupra porțiunilor de placă de suprabetonare situate între grinzi. Barele transversale este necesar să aibă o rigiditate la încovoiere și la torsiune în sens transversal mult mai mică decât a barelor longitudinale de rețea.

**31.9.17.2** În cazul grinzilor U, dacă pereții grinzilor sunt subțiri, caracteristicile de rigiditate ale barelor longitudinale este necesar stabilite cu atenție, mai ales rigiditatea la torsiune, deoarece datorită distorsiunii secțiunii, rigiditatea la torsiune se poate diminua semnificativ.

## **31.10 Caracteristici geometrice ale barelor care alcătuiesc rețeaua plană**

**31.10.1** Secțiunea transversală asociată fiecărei bare longitudinale a rețelei este considerată secțiunea grinzii împreună cu placa de suprabetonare aferentă a cărei lățime este egală cu distanța interax dintre grinzi.

**31.10.2** Momentul de inerție la încovoiere al fiecărui element longitudinal al rețelei este calculat, utilizând relațiile cunoscute din Rezistența Materialelor, în raport cu axa neutră a secțiunii pe care o reprezintă.

**31.10.3** Dacă distanța între axele grinzilor este mai mare de 1/6 din deschidere sau dacă lungimea consolei este mai mare de 1/12 din deschidere, atunci efectul denumit "shear lag" (deplasare longitudinală în plan orizontal din forfecare) reduce semnificativ lățimea de placă care conlucrează cu grinzile. În aceste cazuri, caracteristicile geometrice ale secțiunii barelor longitudinale ale rețelei este necesar să fie stabilite considerând o lățime activă de placă, calculată conform prescripțiilor în vigoare.

**31.10.4** În cazul utilizării conceptului de lățime activă de placă, este necesar să se țină cont de variația lățimii active pe deschiderea podului în funcție de schema statică (grinda simplu rezemată, grinda continuă, consola) și de alura diagramelor de momente încovoietoare.

**31.10.4.1** Totodată este necesar avut în vedere faptul că dacă secțiunile transversale ale barelor longitudinale și transversale sunt stabilite utilizând o lățime activă de placă, greutatea proprie a elementelor rețelei este necesar să includă și părțile de placă necuprinse în secțiune.

**31.10.4.2** De asemenea în zona de intersecție a elementelor rețelei nu este necesar considerată de doua ori greutatea proprie a plăcii de suprabetonare, lucru rezultat ca urmare a considerării ei și în secțiunea barelor longitudinale și în secțiunea barelor transversale.

**31.10.5** Uneori pentru a îmbunătăți repartitia transversală a încărcărilor, când grinzile structurii reale se află la distanță mare una de cealaltă, se pot introduce suplimentar bare fictive ale căror caracteristici de rigiditate se stabilesc în funcție de poziția, forma și numărul lor în secțiunea transversală considerată.

**31.10.6** Când tablierele cu secțiuni (vezi figura 31.20) sunt supuse unui moment de torsiune, atunci momentele de inerție la torsiune ale barelor longitudinale ale rețelei se obțin sumând momentul de inerție la torsiune ale grinzilor cu momentul de inerție la torsiune al porțiunii de placă aferente. Deci:

$$I_{t, LONG} = \frac{\sum b_i h_i^3}{3} + \frac{b_{pl} \cdot h_{pl}^3}{6}$$

în care,

$b_i$  - este lățimea fiecărei secțiuni geometrice care compune secțiunea grinzii;

$h_i$  - este grosimea (înălțimea) fiecărei secțiuni geometrice care compune secțiunea grinzii;

$b_{pl}$  - este lățimea plăcii de suprabetonare;

$h_{pl}$  - este grosimea plăcii de suprabetonare.

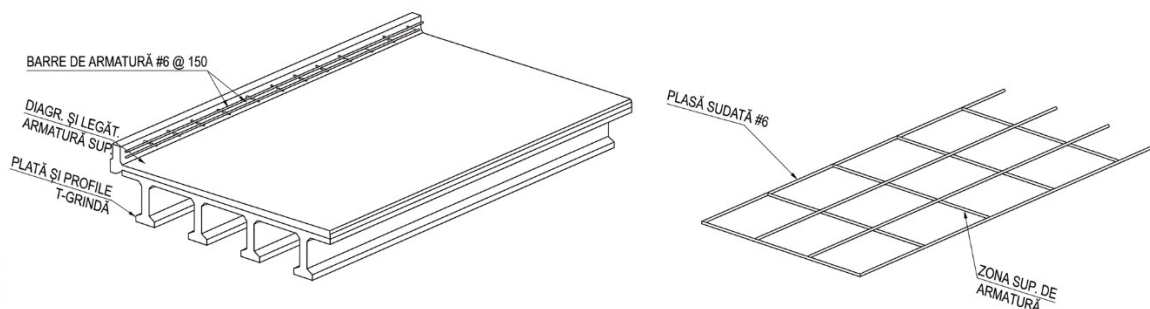


**Figura 31.20 - Modelarea unui tablier alcătuit din grinzi și placă de suprabetonare utilizând metoda rețelei plane de grinzi**

**31.10.7** Există și situații în care grinzile ce intră în alcătuirea suprastructurii au rigiditate la torsiune mică în comparație cu rigiditatea lor la încovoiere, așa cum se întâmplă pentru suprastructurile de poduri cu secțiune compusă oțel-beton, alcătuite cu grinzi metalice și placă de suprabetonare. În acest caz, rigiditatea la torsiune a barelor longitudinale ale rețelei se poate neglija.

**31.10.8** Caracteristicile geometrice ale barelor transversale ale rețelei ce simulează comportarea plăcii de suprabetonare se stabilesc cu ajutorul relațiilor cunoscute:

$$I = \frac{b_{pl, transv} \cdot h_{pl}^3}{12},$$

$$I_t = \frac{b_{pl,transv} \cdot h_{pl}^3}{6};$$

în care,

$b_{pl,transv}$  - reprezintă lățimea fâșiilor de placă considerată a fi reprezentate de barele transversale,  
 $h_{pl}$  - este grosimea plăcii.

**31.10.9** Dacă pe deschiderea tablierului există antretoaze, în secțiunea barelor transversale ce le modelează este necesar inclusă și porțiunea de placă care conlucrează cu antretoaza.

**31.10.10** În cazul unor antretoaze situate la distanțe mici una de alta, se poate considera că lățimea plăcii ce conlucrează cu antretoaza este egală chiar cu distanța dintre axele antretoazelor.

**31.10.11** Dacă distanța dintre antretoaze este mai mare de 1/12 din distanța între punctele de zero ale diagramei de momente încovoietoare transversale, atunci în stabilirea lățimii plăcii care conlucrează cu antretoaza este necesar utilizat conceptul de lățime activă.

**31.10.12** Proprietățile fizico - mecanice ale materialelor utilizate pe cele două direcții, longitudinal și transversal, pot fi diferite și în aceste situații rigiditățile este necesar stabilite cu mare atenție.

**31.10.13** De exemplu, o placă de suprabetonare realizată din beton armat dispusă peste grinzi din beton armat și precomprimat sau peste grinzi metalice, lucrează foarte bine, în zona comprimată, pentru încovoierea în sens longitudinal a tablierului, dar poate lucra fisurată pentru încovoierea în sens transversal, situație apărută ca urmare a unor încărcări locale. Același lucru se întâmplă și în situația în care podurile sunt realizate în soluția cu grinzi continui, pe reazeme placa putând fisura, în situația cea mai defavorabilă, pe întreaga ei grosime. În așa situații, caracteristicile geometrice ale secțiunii ce ar trebui să includă și o lățime de placă corespunzătoare este necesar stabilite considerând numai barele de armătură ce lucrează singure în zona fisurată a plăcii.

### 31.11 Condiții de rezemare. Acțiuni aplicate

**31.11.1** Utilizând orice tip de model numeric prezentat anterior, se pot aplica condiții de rezemare, respectiv seturi de încărcări care să descrie condițiile de solicitare ale structurii sub efectul acțiunilor exterioare.

**31.11.2** Avantajul utilizării metodelor numerice în ceea ce privește condițiile de rezemare, respectiv încărcările constă în faptul că, se pot rezolva structuri complexe de poduri, multiplu static nedeterminate, având orice condiții de rezemare și acțiuni exterioare aplicate.

**31.11.3** Un alt avantaj major în ceea ce privește acțiunile este legat de faptul că, majoritatea programelor de calcul ce operează cu astfel de modele numerice spațiale permit modelarea și aplicarea pe structură a încărcărilor mobile (convoaie de vehicule rutiere sau convoaie de cale ferată), obținându-se automat, distribuția forțelor interne între toate elementele structurale, deci este rezolvată și problema repartii transversale a încărcărilor pentru podurile alcătuite cu un număr mai mare de grinzi în secțiune transversală, prevăzute cu sau fără antretoaze. Starea de eforturi și deformații poate fi stabilită pentru orice poziție a încărcărilor mobile pe structură ceea ce permite selectarea răspunsului maxim al structurii ca urmare a acțiunilor aplicate, este recomandat utilizarea la calcul a programelor specializate "software".

**31.12 4** Metodele numerice de calcul permit rezolvarea problemelor complexe care apar în practica curentă de proiectare și care nu pot fi rezolvate simplificat, prin metodele tradiționale prezentate în ceea ce privește repartii transversale a încărcărilor, ca recomandare, vezi în sursa [1] figurile 5.36-5.40 unde sunt prezentate câteva exemple de modele numerice pentru suprastructuri de poduri cu grinzi prefabricate și placă de suprabetonare, precum și alura diagramelor forțelor interne pe elemente pentru modele alcătuite din bare, analizate prin metoda rețelei plane de grinzi.

## 32 Sisteme de izolare pentru poduri

### 32.1 Generalități

**32.1.1** Sistemele de izolare pentru poduri sunt alcătuite din dispozitive de izolare care au rolul de a îmbunătăți răspunsul structurii la acțiunea seismică.

**32.1.2** De regulă aceste dispozitive sunt amplasate între suprastructura și infrastructura podurilor, pe partea superioară a pilelor/culeelor, în pozițiile în care se dispun în mod uzual și aparatele de reazem obișnuite.

**32.1.3** Îmbunătățirea comportării structurii constă în reducerea forțelor interne de echilibru (momente încovoietoare, forțe tăietoare) pe secțiunea transversală a elementelor de infrastructură, în reducerea deplasărilor la nivelul suprastructurii, respectiv la partea superioară a pilelor sau în reducerea atât a eforturilor cât și a deplasărilor.

**32.1.3.1** Această comportare favorabilă a structurii ca urmare a utilizării sistemelor de izolare se obține prin:

- creșterea perioadei fundamentale a structurii, care are ca urmare scoaterea acesteia din zona de amplificare a mișcării, deci a accelerației cu valori mari și mutarea într-o zonă a spectrului de răspuns (Fig.32.1) căreia îi corespund valori mai mici ale accelerațiilor. Ca urmare, forțele interne de echilibru pe secțiunile pilelor, respectiv culeelor se reduc datorită reducerii valorilor forțelor de inerție induse în structură. Consecința mutării structurii în zona spectrului de răspuns cu perioade mai mari este creșterea deplasărilor (Fig.32.2);
- creșterea amortizării care conduce atât la diminuarea valorilor spectrului de accelerații, cât și a celui de deplasări (Fig.32.1, Fig.33.2). Aceasta se traduce printr-o reducere atât a valorilor interne de echilibru pe pile/culee, cât și prin reducerea deplasărilor structurale.

**32.1.3.2** Cele două procedee se pot combina pentru obținerea efectului dorit atât în ceea ce privește forțele interne de echilibru pe elementele de infrastructură, cât și deplasările structurii.

**32.1.3.3** Fiecare dispozitiv de izolare seismică este necesar să asigure următoarele funcții:

- să poată prelua reacțiunile provenite de la suprastructură urmare a acțiunilor exterioare/interioare ce solicită structura și în același timp să permită deplasările pe direcțiile gradelor de libertate dorite în conformitate cu cerințele de deplasare pentru care au fost proiectate;
- să asigure disiparea unei părți din energia indusă în structură de mișcarea seismică. Aceasta se poate realiza prin utilizarea dispozitivelor de izolare cu comportare histeretică, a celor cu comportare vâscoasă, respectiv a izolatorilor cu frecare;
- să asigure, prin modul de comportare, revenirea structurii aproape de poziția inițială nedeformată, pentru a asigura transmiterea reacțiunilor verticale de la suprastructură la infrastructură ca în situația absenței acțiunii seismice;
- să asigure deplasarea suprastructurii în raport cu infrastructura pentru acțiunile curente din exploatare fără a atinge limita lor de deformabilitate, respectiv fără a induce în pile/culee valori semnificative ale forțelor interne de echilibru;
- să asigure, prin elementele constructive cu care sunt prevăzute, evitarea căderii suprastructurii podului de pe pile/culee în timpul evenimentului seismic.

**32.2** Noțiunile generale referitoare la izolatorii seismici sunt definite în SR EN 1998-2:2006, par.7.2.

**32.3** Pentru toate tipurile de izolatori seismici utilizate la poduri, caracteristice de prototip.

**32.4** Fiabilitatea sistemului de izolare utilizat este măsurată prin capacitatea izolatorilor de a asigura cerințele de deplasare ale suprastructurii în raport cu infrastructura, precum și transmiterea reacțiunilor către pile/culee, pentru toate acțiunile ce apar pe durata de exploatare.

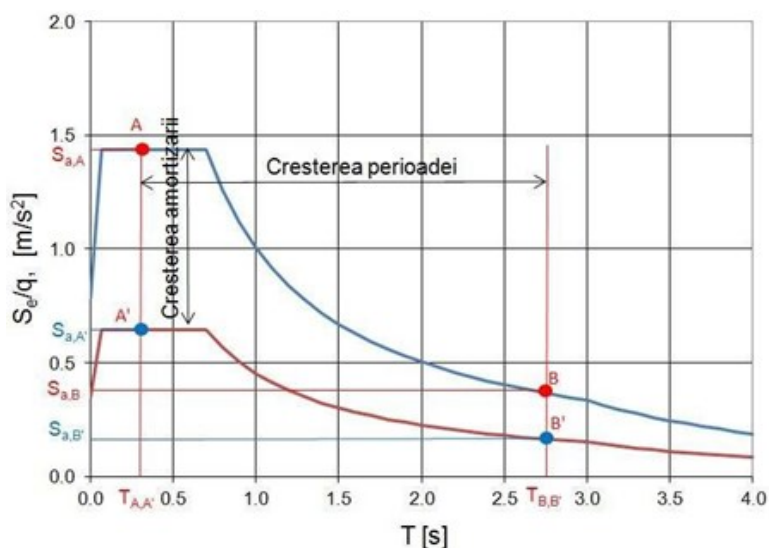


Fig.32.1 - Spectrul de accelerații

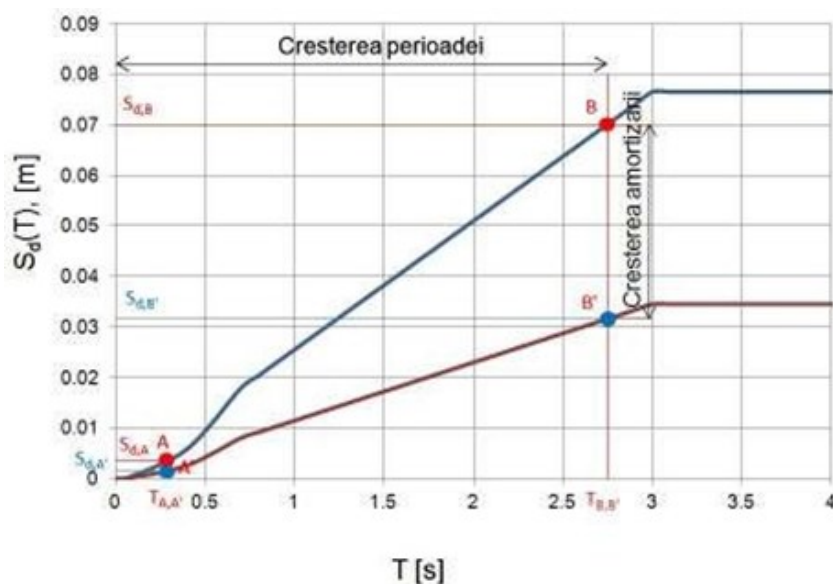


Fig.32.2 - Spectrul de deplasări

## 32.5 Descrierea acțiunii seismice

**32.5.1** Definirea acțiunii seismice precum și a metodelor de analiză și modelare este necesar făcută în conformitate cu paragrafele 7.4 și 7.5 din SR EN 1998:2006.

## 32.6 Stabilirea caracteristicilor de calcul ale sistemului de izolare

Pentru poduri se utilizează mai frecvent următoarele tipuri de dispozitive de izolare:

- Dispozitivele de izolare din elastomeri cu amortizare ridicată (HDRB-High Damping Rubber Bearing), fig.32.3;
- Dispozitive de izolare din elastomeri cu miez de plumb (LRB-Lead Rubber Bearing), fig.32.4;
- Izolatori cu frecare (FPS - Friction Pendulum System), fig.32.5;
- Izolatori cu amortizare vâscoasă (VD - Viscous Dampers), fig.32.6.

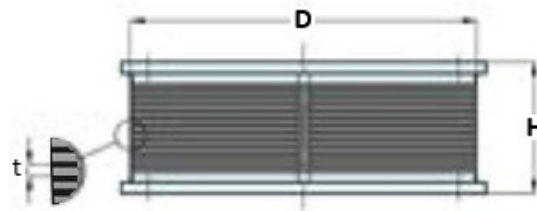


Fig.33.3 - Schema unui izolator HDRB

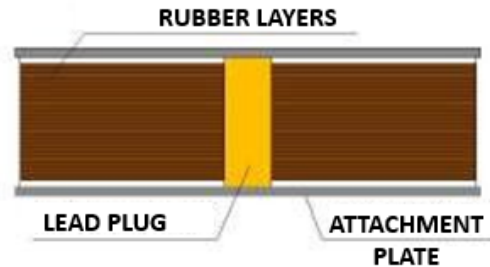


Fig.33.4 - Schema unui izolator LRB

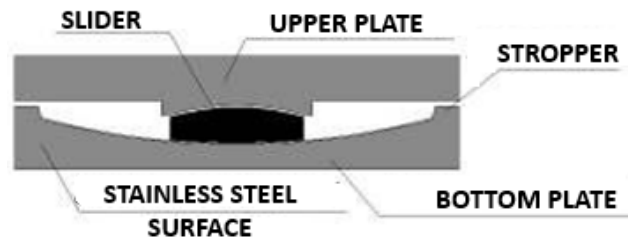


Fig.32.5 - Schema unui izolator cu frecare tip FPS



Fig.32.6 - Schema unui izolator cu amortizare vâscoasă

**32.6.1** Fiecare din aceste tipuri de izolatori pot fi utilizate separat, însă, în funcție de necesități, pot fi combinate astfel încât să se obțină răspunsul structural dorit.

**32.6.2** Pentru calcul și modelare structurală sunt necesare caracteristicile de rigiditate ale dispozitivelor de izolare care vor fi prezentate pe scurt în cele ce urmează.

### 32.7 Constanta de rigiditate pe direcție verticală

**33.7.1** Izolatorii seismici cu elastomeri au o rigiditate mult mai mare pe direcție verticală în raport cu cea orizontală. Rigiditatea verticală depinde de nivelul și de viteza de încărcare, răspunsul izolatorului sub influența încărcărilor verticale fiind puternic neliniar.

**32.7.2** Valorile de calcul ale rigidității verticale atât în regim static, cât și dinamic de solicitare pot fi precizate de către producător.

**32.7.3** În ceea ce privește izolatorii cu frecare, valoarea rigidității verticale a acestora poate și considerată practic infinit, întrucât transmiterea încărcării verticale se face prin contactul nemijlocit a două suprafețe în contact.

**32.7.4** Pentru izolatorii cu amortizare vâscoasă nu se poate vorbi de rigiditate verticală, ci de rigiditate axială, aceștia fiind de regulă utilizați în poziție orizontală, făcând legătura între suprastructura și pilele podului. Acești izolatori pot fi folosiți împreună cu alte dispozitive pentru a atenua oscilațiile pe direcție verticală ale structurilor de poduri sub acțiunile traficului. Rigiditatea acestor izolatori depinde de caracteristicile lichidului din interiorul dispozitivului.

**32.7.5** Pentru izolatorii din elastomeri ce pot avea secțiune circulară sau rectangulară, rigiditatea valoarea rigidității în direcție verticală poate fi stabilită pe baza relației:

$$K_v = \frac{E_c A}{t_e}$$

în care,

$A$  - reprezintă aria secțiunii transversale a izolatorului;

$E_c$  - este modulul de elasticitate instantaneu pentru ansamblul elastomer plăci de oțel pentru un anumit nivel al încărcării verticale considerate;

$t_e$  - este grosimea straturilor de elastomer.

**32.7.5.1** Valoarea  $E_c$  pentru un singur strat de elastomer este influențată de factorul de formă ce reprezintă raportul dintre suprafața încărcată și cea neîncărcată:

$$S = \frac{\text{Aria încărcată}}{\text{Aria neîncărcată}}$$

**32.7.5.2** În cazul unei suprafețe circulare de diametru  $\phi$  și de rază  $R$ , factorul  $S$  se stabilește cu relațiile:

$$S = \frac{\phi}{4_t} \text{ sau } S = \frac{R}{2_t}$$

În care,

$t$  - fiind grosimea unui singur strat de elastomer considerat;

**32.7.5.3** Pentru un singur strat de elastomer cu secțiune pătrată de latură  $a$  și având grosimea  $t$  factorul  $S$  devine:

$$S = \frac{a}{4_t}$$

**32.7.5.4** Valoarea modulului de elasticitate  $E_c$  pentru un singur strat de elastomer având în plan formă circulară, respectiv pătrată se poate determina cu expresiile de mai jos:

$$E_c = 6GS^2 ; E_c = 6.73 GS^2$$

**32.7.6** Există situații în care aparatele de reazem din elastomeri cu secțiune circulară sunt proiectate cu un gol central, de exemplu în cazul aparatelor de reazem cu miez de plumb. În aceste situații modulul de elasticitate se stabilește cu expresia următoare:

$$E_c = 6\lambda GS^2$$

în care,

$\lambda$  - este un factor ce ține seama de dimensiunile suprafeței circulare cu gol.

$$\lambda = \frac{b^2 + a^2 - \frac{(b^2 - a^2)}{\ln \frac{b}{a}}}{(b - a)^2}$$

unde,

$A$  și  $b$  - fiind razele interioară, respectiv exterioară ale suprafeței circulare.

**32.7.7** În fig. 32.7 se demonstrează cum prezența golului în stratul de elastomer influențează valoarea modului de elasticitate  $E_c$ .

**32.7.7.1** Se poate constata că pentru valori ale raportului  $a/b > 0.1$ ,  $\lambda$  tinde către  $2/3$ . Din acest motiv pentru aparatele de reazem având elastomerul cu gol central valoarea modului de elasticitate  $E_c$  ar trebui considerată  $4GS^2$  în loc de  $6GS^2$ .

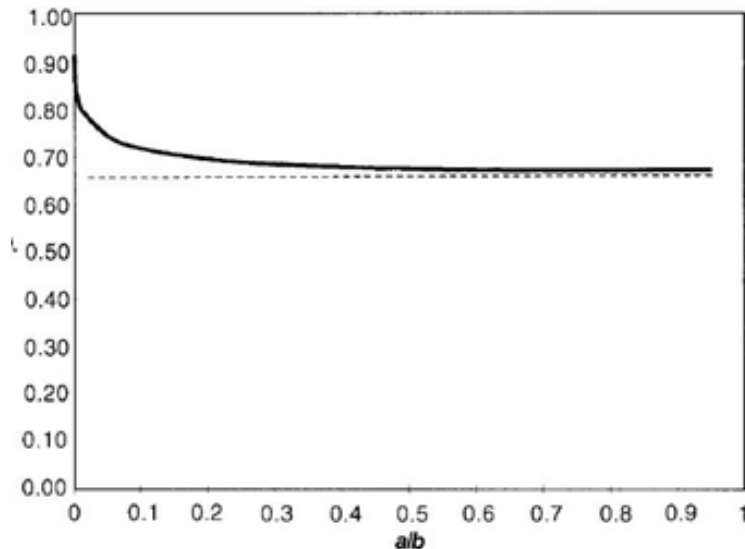


**Fig.32.7 - Variația modului de elasticitate  $E_c$  pentru un strat de elastomer de formă circulară cu gol central**

**32.7.8** Pentru evaluarea rigidității pe direcție verticală a izolatoarelor din elastomeri cu miez de plumb, pe lângă valoarea lui  $E_c$  pentru straturile de elastomer este necesar să se cunoască modulul de elasticitate al miezului de plumb. Cunoșcându-se dimensiunile miezului de plumb se poate stabili rigiditatea pe direcție verticală a acestuia.

**32.7.9** Rigiditatea verticală globală a izolatorului se obține prin sumarea directă a valorilor rigidităților straturilor de elastomer și plumbului.

## **32.8 Constanta de rigiditate pe direcție orizontală**

**32.8.1** Comportarea izolatoarelor din elastomeri.

**32.8.1.1** Pentru evaluarea rigidității pe direcție orizontală este necesar considerat faptul că relația forță-deplasare a izolatoarelor este neliniară și de aceea răspunsul acestora sub acțiunea unor forțe exterioare este necesar verificat prin încercări.

**32.8.1.2** În practică, pentru evaluarea răspunsului izolatoarelor din elastomeri, relația neliniară forță-deplasare poate fi aproximată printr-o relație biliniară de forma celei prezentate în figura 32.8.

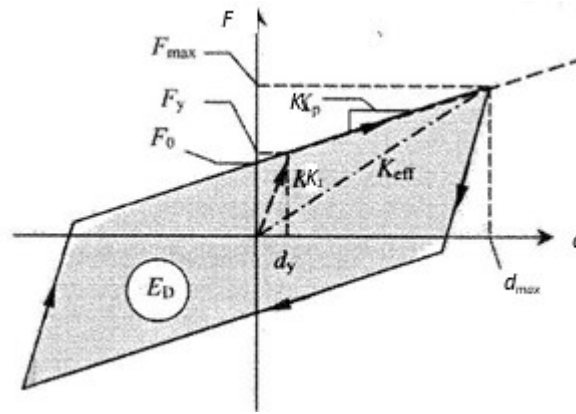


**Fig.32.8 - Relație biliniară forță-deplasare pentru aproximarea curbei de răspuns a unui izolator cu elastomeri**

**32.8.1.3** Parametrii prin care se reprezintă curba de răspuns biliniară sunt:

$F_y, d_y$  - sunt forța, respectiv deplasarea în momentul depășirii limitei de elasticitate a materialului (la curgere);  
 $F_{max}, d_{max}$  - sunt forța, respectiv deplasarea maximă a izolatorului;  
 $F_0$  - este forța ce corespunde unei deplasări nule pe curba de răspuns ciclică. Această forță este cunoscută și sub denumirea de rezistență caracteristică. Ea se poate stabili pe baza relației:

$$F_0 = F_y - K_2 d_y ;$$

În care,

$K_1$  - este rigiditatea elastică pentru o încărcare monotonă și egală cu rigiditatea la descărcare în curba din figura 33.8:

$$K_1 = \frac{F_y}{d_y}$$

$K_2$  - este rigiditatea postelastă și se stabilește cu relația:

$$K_2 = \frac{(F_{max} - F_y)}{(d_{max} - d_y)}$$

$K_{eff}$  - este rigiditatea efectivă a izolatorului;

$$K_{eff} = \frac{F_{max}}{d_{max}}$$

$E_D$  - reprezintă energia disipată în decursul unui ciclu de răspuns și este dată aria suprafeței incluse în bucla de histerezis.

**32.8.1.4** Valoarea energiei disipate se poate stabili cu relația:

$$E_D = 4F_0(d_{max} - d_y);$$

**32.8.1.5** Un alt parametru de interes este amortizarea efectivă  $\xi_{eff}$  ce este asociată cu rigiditatea efectivă care se determină cu relația:

$$\xi_{eff} = \frac{E_D}{2\pi K_{eff} d_{max}^2}$$

**32.8.2** Din acest punct de vedere al capacității de amortizare izolatorii din elastomeri sunt de două tipuri: cu amortizare joasă, cu comportare asemănătoare aparatelor de reazem obișnuite din neopren, respectiv cu amortizare ridicată.

**32.8.2.1** Izolatorii cu amortizare joasă sunt considerați cei pentru care fracțiunea din amortizarea vâscoasă echivalentă este mai mică de 6% ( $\xi < 0.06$ ). Acești izolatori prezintă curbe de răspuns (histerezis) foarte strânse, energia disipată fiind mică, comportarea lor putând fi asimilată cu cea liniar elastică. Pentru acești izolatori rigiditatea pe direcție orizontală (la forfecare) se stabilește ca și pentru aparatele de reazem obișnuite din neopren ținând seama de valorile modulului de elasticitate transversal  $G$  pentru încărcări lente și rapide și de dimensiunile izolatorului (aria suprafeței și grosimea straturilor de elastomer).

**32.8.2.2** În cazul izoloatorilor cu amortizare ridicată, curba de răspuns este formată din bucle largi, fracțiunea din amortizarea vâscoasă echivalentă variind pentru izoloatorii de acest tip între 10 și 20%. Izolatorii cu miez de plumb sunt realizați din straturi de elastomer cu amortizare joasă dispuse între straturi de oțel care au suplimentar în zona centrală unul sau mai multe nuclee de plumb. Acest material permite acestor aparate de reazem să parcurgă un număr mare de curbe de histerezis până în momentul cedării. Curba de răspuns pentru acest tip de izolatori poate fi aproximată printr-o relație biliniară de tipul celei prezentate în figura 33.8 însă cu alți parametri de rigiditate și anume:

$$K_1 = K_e + K_L;$$

În care,

$K_e$  și  $K_L$  - sunt rigiditățile elastomerului, respectiv ale miezului de plumb;

$$K_2 = K_e;$$

în care,

$F_y$  - este forța de curgere a izolatorului și se determină pe baza relației:

$$F_y = F_{yd} \left( 1 + \frac{K_e}{K_L} \right);$$

în care,

$F_{yL}$  - reprezintă forța de curgere a miezului de plumb.

**32.8.2.3** În general valoarea rigidității orizontale a elastomerului ( $K_e$ ) este mult inferioară celei a miezului de plumb ( $K_L$ ) și din acest motiv, în practică, pentru rigiditatea  $K_1$  se utilizează valoarea  $K_L$ , iar pentru forța de curgere a izolatorului  $F_y$  se utilizează valoarea  $F_{yL}$ .

**32.8.3** Utilizarea izoloatorilor cu miez de plumb prezintă avantajul că miezul de plumb conferă aparatului capacitatea de revenire la poziția inițială nedeformată, caracteristică ce nu se întâlnește la aparatele de reazem din elastomeri fără miez de plumb.

**32.8.4** Izolatorii din elastomeri și cei din elastomeri cu miez de plumb este necesar să îndeplinească cerințele de conformitate din SM EN 1337-3, respectiv SM EN 15129.

## 32.9 Comportarea izoloatorilor cu frecare

**32.9.1** Izolatorii cu frecare sunt alcătuiți din două piese metalice care alunecă una în raport cu cealaltă prin intermediul unei alte piese a cărei formă este realizată, astfel încât să permită potrivirea atât cu suprafața cu care este în contact la partea superioară, cât și cu cea de la partea inferioară.

**32.9.2** Transmiterea forței seismice orizontale se realizează prin frecarea suprafețelor în contact și este controlată de valoarea razei de curbura a suprafeței concave a izolatorului (a se vedea figura 32.5).

**32.9.3** Atunci când valoarea forței orizontale este inferioară celei de frecare ce poate fi transmisă de izolator, acesta se comportă ca un aparat de reazem obișnuit, structura lucrând în regim neizolat. În momentul în care forța orizontală depășește valoarea forței de frecare, structura va lucra în regim izolat, răspunsul în regim dinamic fiind determinat de caracteristicile de rigiditate și amortizare ale sistemului de izolare.

**32.9.4** Relația biliniară forță-deplasare pe baza căreia se poate modela răspunsul izoloatorilor cu a suprafață de frecare este prezentată în figura 32.9.

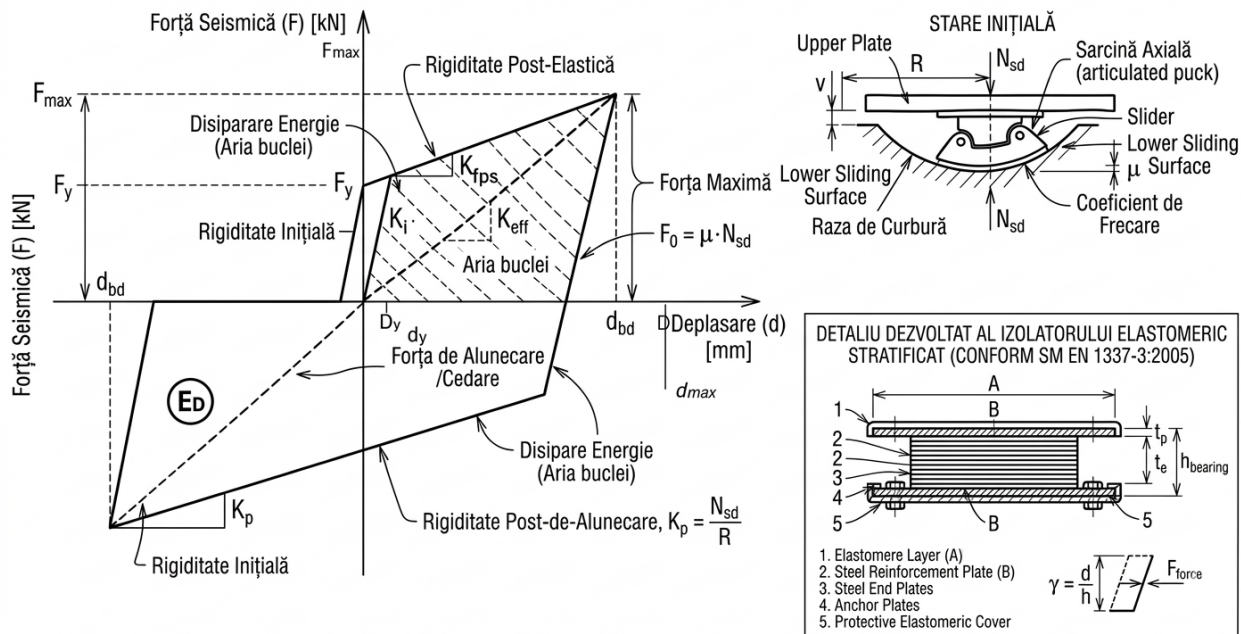


**Figura 32.9 - Relație biliniară forță-deplasare pentru aproximarea curbei de răspuns a unui izolator cu o suprafață de frecare**

**32.9.5** Pentru determinarea caracteristicilor de calcul ale izolatorilor cu o suprafață de frecare se aleg în faza inițială o deplasare ( $d_{max}$ ) și o perioadă ( $T$ ) "țintă" care să descrie răspunsul dinamic al structurii la acțiunea seismică. Calculele se efectuează apoi iterativ modificând caracteristicile izolatorului până la obținerea răspunsului structural dorit.

**32.9.6** Perioada fundamentală de vibrație a unei structuri ce utilizează izolatori cu o suprafață de frecare se stabilește cu relația:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}};$$

În care,

$R$  - este raza de curbura a suprafeței concave de alunecare a izolatorului;

$G$  - este constanta accelerației gravitaționale

**32.9.7** Forța maximă transmisă de un izolator cu frecare cu suprafață sferică de alunecare se poate stabili pe baza relației:

$$F_{max} = \mu_d V \text{sign}(d_{max}) + \frac{V}{R} d_{max}$$

În care,

$F_{max}$  - reprezintă forța maximă transmisă de izolator;

$\mu_d$  - este coeficientul de frecare dinamic;

$V$  - este forța verticală maximă verticală;

$d_{max}$  - reprezintă deplasarea maximă relativă între cele două suprafețe care alunecă;

$\text{sign}(d_{max})$  - este semnul vectorului viteză ( $d_{max}$ ).

În cazul în care suprafața de alunecare este perfect plană ( $R \rightarrow \infty$ ), expresia (din p.32.9.10) devine:

$$F_{max} = \mu_d V \text{sign}(d_{max})$$

**32.9.8** Relația (din p.32.9.10) se poate utiliza cu o aproximație suficientă atunci când raportul  $d_{max}/R$  are valori mai mici sau cel mult egale cu 0.25.

**32.9.9** Conform figurii 32.9, celelalte caracteristici care definesc comportarea izolatorului cu suprafață de frecare sunt:

$K_{eff}$  - rigiditatea efectivă a izolatorului:  $K_{eff} = \frac{F_{max}}{d_{max}}$  ;

$\xi_{eff}$  - amortizarea efectivă a izolatorului:  $\xi_{eff} = \frac{2}{\pi} \left[ \frac{\mu_d}{\mu_d + \frac{d_{max}}{R}} \right]$  ;

$T_{eff}$  - perioada efectivă a izolatorului:  $T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{V}{K_{eff} g}}$  ;

$K_f$  - rigiditatea inițială a izolatorului:  $K_f = \frac{\mu_d V}{d_y}$  ;

$K_{fps}$  - rigiditatea post-elastică a izolatorului cu o suprafață de frecare:  $K_{fps} = \frac{V}{R}$  ;

$E_D$  - reprezintă disipată în decursul unui ciclu de răspuns și este dată aria suprafeței incluse în bucla de histerezis:  $E_D = 4 \cdot \mu_d \cdot V \cdot d_{max}$ ;

**32.9.9.1** Celelalte mărimi care intervin în relațiile de mai sus au fost definite la izolatorii cu elastomeri.

**32.9.10** Pentru izolatorii cu frecare ce se utilizează mai frecvent următoarele valori pentru raza de curbura a suprafeței concave: 1; 1.55; 2.24; 3.05; 3.97; 6.20.

**32.9.11** Coeficientul de frecare dinamic ud are valori în domeniul (3-12)%. Valorile depind de:

- compoziția suprafețelor de alunecare;
- utilizarea/neutilizarea lubrifianților pe aceste suprafețe;
- presiunea exercitată pe suprafața de alunecare în situația de proiectare seismică;
- viteza de alunecare.

**32.9.12** Valorile  $\mu_d$  este necesar determinate prin încercări de laborator așa cum se precizează în SM EN 1998-2.

**32.9.13** Într-o primă aproximație se poate considera că deplasarea la curgere  $d_y$  este de 2.5x10 m.

**32.9.13.1** Faptul că perioada izolatorilor cu frecare este independentă de masa structurii oferă importante avantaje în privința controlului răspunsului structural, perioada fiind aceeași atât în cazul structurilor ușoare, cât și al celor cu greutate mai mare. Perioada „țintă” dorită poate fi obținută prin alegerea razei de curbura a suprafeței concave  $R$  a izolatorului.

**32.9.13.2** Amortizarea sistemului de izolare este controlată prin valoarea coeficientului de frecare dinamic care ține seama de incertitudinile sau modificările masei structurale. Aceste dispozitive de izolare au capacitatea de a se adapta la modificări survenite în valoarea masei structurii și astfel pot fi limitate deplasările excesive care ar putea fi determinate de modificări ale masei.

## 32.10 Comportarea izolatorilor cu amortizare vâscoasă

**32.10.1** Izolatorii cu amortizare vâscoasă, numiți pe scurt amortizori vâscoși, sunt de mai multe tipuri.

**32.10.1.1** Cei utilizați mai frecvent pentru structurile de poduri sunt cei ce disipează energia indusă de acțiunea seismică prin intermediul comprimării unui fluid de vâscozitate mare. Din punct de vedere al alcătuirii, acești izolatori sunt formați dintr-un cilindru împărțit de regulă în două compartimente conținând un lichid cu vâscozitate mare. În interiorul cilindrului există un piston care se poate mișca în ambele sensuri. Un circuit hidraulic proiectat corespunzător permite trecerea lichidului dintr-un compartiment în celălalt, disipând energia indusă de deplasarea relativă a celor două extremități ale amortizorului.

**32.10.2** Relația constitutivă forță-deplasare ce descrie comportarea unui astfel de dispozitiv este:

$$F = C|v|^\alpha \text{sing}(v) ;$$

În care,

$C$  – reprezintă o constantă a amortizorului în funcție de diametrul său și de aria orificiilor ce asigură trecerea fluidului dintr-un compartiment în celălalt;

$v$  – este viteza relativă între cele două extremități ale dispozitivului;

$\alpha$  – constantă a disipatorului în funcție de forma capului pistonului și de proprietățile lichidului din interior;

**32.10.3** Pentru acțiuni cu viteză mică de manifestare, cum sunt de exemplu acțiunile termice, forța transmisă de un astfel de dispozitiv podului este mică, comportarea izolatorului fiind asemănătoare cu a unui aparat de reazem obișnuit. În cazul acțiunii seismice, cu viteze mari de manifestare, forța înmagazinată de amortizor prin comprimarea fluidului din interior crește semnificativ în așa fel încât forța transmisă componentelor infrastructurii podului este de asemenea mică.

**32.10.4** Relația forță-deplasare pentru un amortizor vâscos este reprezentată în figura 33.10.

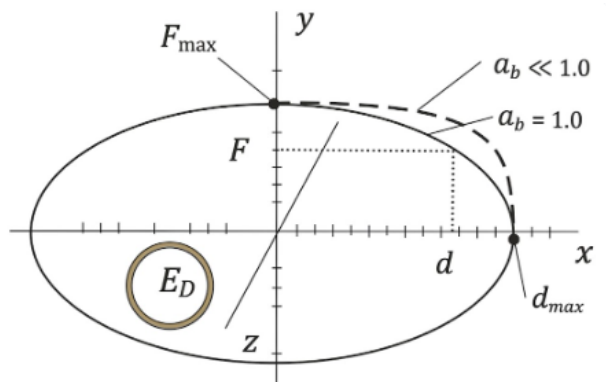


**Figura 33.10 - Relația forță-deplasare pentru aproximarea curbei de răspuns a unui amortizor vâscos**

**32.10.5** Deplasarea amortizorului vâscos  $d$  se poate scrie în funcție de deplasarea de calcul maximă  $d_{max}$  prin intermediul relației de mai jos:

$$d = d_{max} \cdot \sin(\omega t) ;$$

în care,

$\omega = \frac{2\pi}{T_{eff}}$  – este frecvența circulară (pulsția) amortizorului;

$T_{eff}$  – perioada efectivă a amortizorului.

**32.10.6** În același mod forța preluată de amortizorul vâscos  $F$  se poate scrie în funcție de forța maximă  $F_{max}$  astfel:

$$F = C \cdot v^\alpha = F_{max}(\cos(\omega t))^\alpha ;$$

**32.10.7** Forța maximă ce poate fi transmisă de izolator se stabilește cu relația:

$$F_{max} = C \cdot (d_{max}\omega)^\alpha ;$$

**32.10.8** Energia disipată prin amortizor în cadrul unui ciclu de răspuns  $E_D$  este reprezentată aria suprafeței interioare a curbei histeretice și se determină cu relația:

$$E_D = \lambda(\alpha) F_{max} d_{max} , \text{ în care } \lambda(\alpha) = 2^{2+\alpha} \cdot \frac{\Gamma^2(1+0,5\alpha)}{\Gamma(2+\alpha)} ;$$

în care,

$\Gamma$  – este funcția gamma definită după cum urmează:  $\Gamma(n) = (n-1)!$ , pentru orice  $n$  număr întreg pozitiv.

**32.10.9** În figura 32.11 este reprezentată alura curbelor forță-viteză (sus), respectiv forță-deplasare (jos) pentru amortizori vâscoși, considerând diferite valori ale parametrului  $\alpha$ . Se poate observa ușor că odată cu creșterea valorii lui  $\alpha$ , scade valoarea amortizării introdusă de amortizorul vâscos.

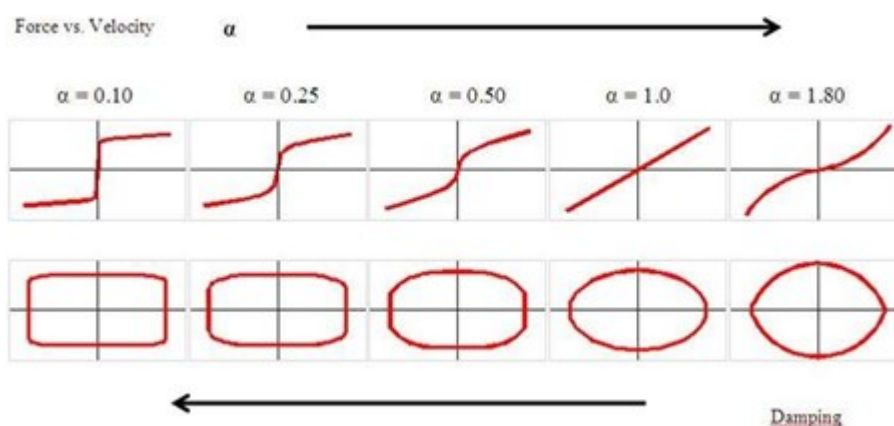


**Figura 32.11 - Relația forță-viteză și forță-deplasare pentru diferite valori a lui  $\alpha$  în cazul unui amortizor vâscos**

**32.11** Variabilitatea caracteristicilor izolatoarelor se vor executa conform paragrafului 7.5.2.4 din SM EN 1998-2 și SM EN 15129.

**32.12** Metode de analiză utilizate în cazul structurilor cu izolatoare, se va atribui metodele paragrafelor 7.5.4-7.5.7 din EN 1998-2:2025.

**32.13** Verificări efectuate pentru sistemul de izolare, se vor efectua în conformitate cu paragraful 7.6 din SM EN 1998-2:2025, aceste verificări sunt prezentate și în EN 1337-3:2005 "Aparate de reazem din elastomeri".

**32.14** Cerințele speciale pentru sistemele de izolare antiseismică, se vor conforma paragrafului 7.7 din SM EN 1998-2:2025.

**32.15** Completări legate de influența flexibilității reazemelor asupra forțelor laterale induse de acțiunea seismică și de dimensionarea dispozitivelor antiseismice, se vor efectua conform sursei [1] (paragraf II.5.5.2.3.8 din Indicativ PD165-2012), sau normele și codurile naționale.

## 33 Structuri din oțel

### 33.1 Dispoziții generale

**33.1.1** Podurile rutiere și feroviare cu structurilor de oțel se vor proiecta în conformitate cu SM EN 1991-2; SM EN 1993; SM EN 1993-2, dar și a anexelor naționale a acestora respectiv a normativelor și codurilor de practică naționale.

**33.1.2** Criteriile definite de SM EN 1993-2, furnizează o bază generală pentru proiectarea structurilor de oțel precum și a componentelor din oțel ale structurilor compozite, acesta definește prevederi care suplimentează, modifică sau înlocuiesc prevederi echivalente indicate în diverse părți ale SM EN 1993-1.

**33.1.3** Pentru proiectarea la cutremur nu se precizează cerințe speciale. Se fac referințe la precizările cuprinse în SM EN 1998, care completează și modifică regulile din SM EN 1993-2 în mod special, în acest scop.

**33.1.4** La proiectarea structurilor metalice ale podurilor este necesar:

a) de selectat scheme, sisteme și proiecte de tabliere/ suprastructuri, secțiuni transversale ale elementelor, profiluri laminate economice și clase de oțel eficiente, optime din punct de vedere tehnic și economic, în conformitate cu SM EN 10025 și cu catalogul producătorului/furnizorului de oțel;

b) de folosit la maxim structuri standardizate și elemente, detalii standard (dispozitive de deformare, instalații operaționale, etc.);

c) de asigurat o tehnologizare complexă a structurilor, luând în considerare costurile forței de muncă în uzine și pe șantierele de construcție, asamblare, posibilitatea producției în flux, a asamblării pe bandă rulantă sau pe blocuri mari;

d) indiferent de destinația podului, de prevăzut utilizarea de elemente sudate fabricate în uzină și îmbinate, de regulă, cu șuruburi de înaltă rezistență. În caz de justificare adecvată, ținând cont de tehnologia generală de instalare și de alte condiții, iar la podurile feroviare și combinate - ținând cont de cerințele specificațiilor tehnice ale Căii Ferate din Moldova (CFM);

e) să se utilizeze îmbinări de asamblare sudate și combinate șuruburi-sudare;

f) să se asigure posibilitatea de inspecție, curățare, vopsire și reparare a structurilor, să excludă zonele în care este posibilă acumularea apei și în care ventilarea este dificilă, să se prevadă etanșarea profilelor, elementelor și blocurilor închise;

g) să se specifice clasele de oțel și materialele de îmbinare (în conformitate cu SM EN 10025 și cu catalogul producătorului/furnizorului de oțel) în piesele desenate de execuție ale structurilor metalice, precum și cerințele suplimentare necesare pentru acestea, stipulate de reglementările în vigoare;

h) să asigure se protecția la coroziune a structurilor.

**33.1.5** Elementele structurilor podurilor din oțel este necesar să aibă dimensiuni minime ale secțiunii transversale, care să îndeplinească cerințele prezentelor normative în construcții, luând în considerare gama actuală de laminate din oțel. La calcularea secțiunilor compuse ale elementelor de grindă cu zăbrele pentru rezistență și stabilitate, subîncărcarea nu este necesar să depășească 5 %.

**33.1.6** Structurile de poduri este necesar proiectate la oboseală pentru durata lor de viață proiectată.

**33.1.7** Durata de viață proiectată se consideră ca perioada în care un pod este necesar a fi utilizat conform destinației sale, luând în considerație întreținerea prevăzută dar fără lucrări de reparații majore.

a) Anexa națională poate preciza durata de viață proiectată (SM EN 1993-2, paragraf 2.1.3.1), pentru un pod definitiv se recomandă ca durata de viață să fie de 100 ani;

b) Pentru poduri provizorii, durata de viață proiectată poate fi precizată în caietele de sarcini.

**33.1.8** În documentația de proiect elaborată va indicată durata de viață proiectată a elementelor structurale care sunt sub o 100 de ani, prin confirmări asigurate de SM EN 1993-2 paragraful 2.1.3.3.

## **33.2 Materiale și produse semifabricate**

**33.2.1** În structurile de poduri și tubulatur/podețe din oțel, este necesar utilizate materiale și produse semifabricate în conformitate cu SM EN 1993-1-10:2011/NA:

a) pentru elemente din metale laminate în conformitate cu SM EN 10025, precum și cu SM EN 10164;

b) pentru suprastructuri suspendate, cu cabluri și precomprimate:

- cabluri spiralate din oțel cu miez metalic supuse preîntinderii cu un efort, egal cu jumătate din efortul stabilit de rupere a cablului în ansamblu, astfel cum este specificată în reglementările relevante (în absența unor valori corespunzătoare în reglementări - jumătate din rezistența agregată a cablului spiralat): cabluri spiralate de construcție închisă, cu un diametru de la 30 până la 70 mm;
- cabluri spiralate simple în conformitate cu SM SR EN 12385-10+A1 realizate din sârmă galvanizată rotundă cu un diametru de 2,6 mm sau mai mare;
- fascicule și cabluri din sârme galvanizate așezate paralel;

c) pentru țevi metalice ondulate este necesar luate, în mod util, profile de tablă ondulată în conformitate cu SM EN 1090-2+A1;

d) pentru piesele turnate — piese turnate în conformitate cu SM EN 10293;

e) pentru articulații, role, șuruburi de articulație și plăci de garnitură pentru role — piese forjate din oțel conform SM ISO 4995 și SM EN 10025-4+A1;

f) șuruburi de înaltă rezistență, piulițe de înaltă rezistență, șaibe pentru șuruburi de înaltă rezistență fabricate în conformitate cu cerințele pentru poduri;

g) pentru sudarea structurilor - consumabile de sudură specificate în SM EN 1993-2 Eurocod 3;

h) pentru îmbinările elementelor tablierelor/suprastructurii podurilor, balustradelor și dispozitivelor de inspecție — șuruburi conform SM EN ISO 4014, clasa de rezistență 4.6 conform SM EN ISO 898-1 și piulițe, clasele de rezistență 4 și 5 conform SM EN ISO 898-2 (șuruburi și piulițe numai din oțel calmat), precum și șuruburi și piulițe conform specificațiilor tehnice speciale;

i) pentru fixarea aparatelor de reazem la tabliere/suprastructuri și la pile din oțel — șuruburi conform SM EN ISO 4014 și piulițe confecționate din oțel 0X conform condițiilor tehnice speciale;

j) pentru fixarea aparatelor de reazem pe pile și fundații din beton - buloane de fundație din oțel conform SM EN 10025-4+A1, fabricate în condiții tehnice speciale; piulițe pentru diametre ale șuruburilor până la 48 mm inclusiv și conform SM EN ISO 4032 pentru diametre ale șuruburilor peste 48 mm; clase de rezistență 4 și 48 mm; clase de rezistență 4 și 0X pentru diametre ale șuruburilor peste 48 mm. 48 mm; din clasele de rezistență 4 și 5 conform SM EN ISO 898-2 (numai din oțel calmat) și din oțel conform SM EN ISO 898-2 (numai din oțel calmat) pentru șuruburi din oțel conform SM EN ISO 898-2 din clasele de rezistență 10 și 12;

k) pentru turnarea capetelor cablurilor de oțel în ancore un aliaj adecvat;

l) pentru piesele de ancorare ale cablurilor de oțel — oțel în stare normalizată conform SM EN 10025-4+A1;

m) pentru garnituri între cabluri de oțel, precum și între cabluri și piesele de ancorare, pentru defletoare, cleme, cleme de suspendare și alte elemente - table conform SM EN 485-1 sau benzi din aluminiu conform SM EN 485-1 cu grosimea de cel puțin 1 mm conform SM SR EN 573-1;

n) pentru elementele sudate portante ale trotuarelor și ale dispozitivelor de inspecție (console și grinzi pentru trotuare, stâlpi de balustradă și balustrade, grinzi de scară, platforme de tranziție, cărucioare de inspecție și leagăne de ridicare), precum și a elementelor platelajului de pod, este permisă utilizarea, iar pentru elementele menționate fără îmbinări sudate — a oțelului conform SM ISO 4995. Pentru produsele laminate cu grosimi de până la 10 mm, se poate utiliza oțel semicalmat din aceleași categorii;

p) la balustrade și dispozitive de inspecție, utilizarea cornierelor cu o aripă de 70 mm sau mai mică (SM EN 10056-1; SM EN 10056-2) este permisă doar din oțel corespunzător.

**33.2.2** Oțelul SM ISO 4995 clasa A33 pot fi utilizate pentru carcasele (capacele) aparatelor de reazem, sau similitudinile acestora.

**33.2.3** Este permisă utilizarea oțelului SM ISO 4995 pentru garniturile nesolicitate și elementele de umplere a balustradelor, precum și a oțelului SM ISO 4995 pentru podinile pasajelor și dispozitivelor de inspecție.

### 33.3 Caracteristicile de calcul ale materialelor și îmbinărilor

**33.3.1** Valorile nominale ale limitei de curgere  $f_y$  și ale rezistenței ultime de rupere  $f_u$  pentru elementele structurale din oțel laminat la cald, conform SM EN 1993-1-1:2011, respectiv SM EN 1993-1-1:2003 și SM EN 1993-1-1:2006, sunt date în tabelele 33.1-33.5.

**Tabelul 33.1 - Mărci uzuale de oțel structural pentru construcții**

| Standard și<br>marcă de oțel | Grosimi nominale ale elementului t (mm) |                            |                            |                            |
|------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                               |                            | 40mm < t ≤ 80 mm           |                            |
|                              | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )              | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
| <b>SM EN 10025-2</b>         |                                         |                            |                            |                            |
| S235                         | 235                                     | 360                        | 215                        | 360                        |
| S275                         | 275                                     | 430                        | 255                        | 410                        |
| S355                         | 355                                     | 510                        | 335                        | 470                        |
| S450                         | 450                                     | 550                        | 410                        | 550                        |
| <b>SM EN 10025-3</b>         |                                         |                            |                            |                            |
| S275 N/NL                    | 275                                     | 390                        | 255                        | 370                        |
| S355 N/NL                    | 355                                     | 490                        | 335                        | 470                        |
| S420 N/NL                    | 420                                     | 520                        | 390                        | 520                        |
| S460 N/NL                    | 460                                     | 540                        | 430                        | 540                        |
| <b>SM EN 10025-4</b>         |                                         |                            |                            |                            |
| S275 M/ML                    | 275                                     | 370                        | 255                        | 360                        |

| Standard și<br>marcă de oțel | Grosimi nominale ale elementului t (mm) |                                     |                                     |                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                               |                                     | 40mm < t ≤ 80 mm                    |                                     |
|                              | f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
| S355 M/ML                    | 355                                     | 470                                 | 355                                 | 450                                 |
| S420 M/ML                    | 420                                     | 520                                 | 390                                 | 500                                 |
| S460 M/ML                    | 460                                     | 540                                 | 430                                 | 530                                 |
| <b>SM EN 10025-5</b>         |                                         |                                     |                                     |                                     |
| S235 W                       | 235                                     | 360                                 | 215                                 | 340                                 |
| S355W                        | 355                                     | 510                                 | 335                                 | 490                                 |
| <b>SM EN 10025-6</b>         |                                         |                                     |                                     |                                     |
| S460 Q/QL/QL1                | 460                                     | 570                                 | 440                                 | 550                                 |
| <b>SM EN 10210-1</b>         |                                         |                                     |                                     |                                     |
| S235 H                       | 235                                     | 360                                 | 215                                 | 340                                 |
| S275 H                       | 275                                     | 430                                 | 255                                 | 410                                 |
| S355 H                       | 355                                     | 510                                 | 335                                 | 490                                 |
| S275 NH/NLH                  | 275                                     | 390                                 | 255                                 | 370                                 |
| S355 NH/NLH                  | 355                                     | 490                                 | 335                                 | 470                                 |
| S420 NH/NLH                  | 420                                     | 540                                 | 390                                 | 520                                 |
| S460 NH/NLH                  | 460                                     | 560                                 | 430                                 | 550                                 |

**33.3.2** Rezistențele normative și de calcul/proiectare ale produselor laminate din oțel este necesar luate în conformitate cu SM EN 10025, respectiv și coeficientul de fiabilitate pentru materialul oțelului laminat.

**33.3.3** Rezistența de calcul a oțelului laminat în conformitate cu SM ISO 4995 este necesar luată egală cu limita de curgere specificată în SM EN 10025 raportată la coeficientul de siguranță a materialului  $\gamma_M$  în conformitate cu același standard.

**Tabelul 33.2 - Oțeluri structurale nealiniate SM EN10025-2:2004**

| Marca  | f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | REZILIENȚA |             |
|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|
|        | pentru t = 16 mm                    |                                     | Temp.(°C)  | Energia (J) |
| S185   | 185                                 | 290/510                             | -          | -           |
| S235JR | 235                                 | 360/510                             | 20         | 27          |
| S235JO |                                     |                                     | 0          |             |
| S235J2 |                                     |                                     | -20        |             |
| S275JR | 275                                 | 410/560                             | 20         |             |
| S275JO |                                     |                                     | 0          |             |
| S275J2 |                                     |                                     | -20        |             |
| S355JR | 355                                 | 470/630                             | 20         | 27          |
| S355JO |                                     |                                     | 0          |             |
| S355J2 |                                     |                                     | -20        |             |
| S355K2 |                                     |                                     | -20        | 40          |

**Tabelul 33.3 - Oțeluri cu granulație fină/oțeluri laminare sudabile SM EN10025-3:2004**

| Marca  | f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | REZILIENȚA |             |
|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|
|        | pentru t = 16 mm                    |                                     | Temp.(°C)  | Energia (J) |
| S275N  | 275                                 | 270/510                             | -20        | 40          |
| S275NL |                                     |                                     | -50        | 27          |
| S355N  | 355                                 | 470/630                             | -20        | 40          |
| S355NL |                                     |                                     | -50        | 27          |
| S420N  | 420                                 | 520/680                             | -20        | 40          |
| S420NL |                                     |                                     | -50        | 27          |
| S460N  | 460                                 | 540/720                             | -20        | 40          |
| S460NL |                                     |                                     | -50        | 27          |

**Tabelul 33.4 - Oțeluri cu granulație fină laminate termomecanic SM EN10025-4:2004**

| Marca  | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | REZILIENȚĂ |             |
|--------|----------------------------|----------------------------|------------|-------------|
|        | pentru $t = 16$ mm         |                            | Temp.(°C)  | Energia (J) |
| S275M  | 275                        | 370/530                    | -20        | 40          |
| S275ML |                            |                            | -50        | 27          |
| S355M  | 355                        | 470/630                    | -20        | 40          |
| S355ML |                            |                            | -50        | 27          |
| S420M  | 420                        | 520/680                    | -20        | 40          |
| S420ML |                            |                            | -50        | 27          |
| S460M  | 460                        | 540/720                    | -20        | 40          |
| S460ML |                            |                            | -50        | 27          |

**Tabelul 33.5 - Oțeluri rezistente la coroziune atmosferică SM EN10025-5:2004**

| Marca    | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | REZILIENȚĂ |             |
|----------|----------------------------|----------------------------|------------|-------------|
|          | pentru $t = 16$ mm         |                            | Temp.(°C)  | Energia (J) |
| S235JOW  | 235                        | 360/510                    | 0          | 27          |
| S235J2W  |                            |                            | -20        |             |
| S355JOWP | 355                        | 470/630                    | 0          |             |
| S355J2WP |                            |                            | -20        |             |
| S355JOW  |                            |                            | 0          |             |
| S355J2W  |                            |                            | -20        |             |
| S355K2W  |                            |                            | -20        | 40          |

**33.3.4** Conform normativului SM EN 1993-1-10:2025, sunt date valorime maxime admise ale grosimii pieselor, în funcție de trei nivele de solicitare:

- a)  $\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$  [N/mm<sup>2</sup>];
- b)  $\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$  [N/mm<sup>2</sup>];
- c)  $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$  [N/mm<sup>2</sup>];

în care,

$\sigma_{Ed}$  – tensiunea de proiectare dată,  $\sigma_{Ed} = \sigma_p + \sigma_s$ ;

$\sigma_p$  – tensiunea de întindere primară, datorată acțiunilor permanente  $G_k$  și a acțiunilor  $\psi_1 \cdot Q_k$ ;

$\sigma_s$  – valoarea tensiunilor de întindere secundare autoechilibrate (tensiuni reziduale, etc.), în cazul podurilor este considerată egală cu 100N/mm<sup>2</sup> pentru toate mărcile de oțeluri.

$f_y(t)$  – limita de curgere, dependentă de grosimea ( $t$ ),  $f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0}$  [N/mm<sup>2</sup>];

$t$  – grosimea elementului, în mm;

$t_0$  – este egal cu 1 mm.

**33.3.5** În majoritatea cazurilor,  $\sigma_{Ed}$  este cuprins între  $\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$  și  $\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$ .

**33.3.6** În tabelul 33.6, verificarea grosimii elementelor se face interpolând între coloanele  $\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$ ,  $\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$  și  $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ , funcție de temperatura minimă de referință,  $T_{Ed}$  [°C].

**33.3.7 Toleranțe.** Dacă nu sunt precizate alte toleranțe mai severe, toleranțele dimensiunilor și ale maselor laminatelor, ale secțiunilor casetate și ale tolelor sunt în conformitate cu standardele de produs, agrementelor tehnice europene, ETA sau ghidului de agremente tehnice europene, ETAG corespunzătoare.

**33.3.7.1** Pentru componentele sudate se aplică toleranțele precizate în SM EN 1090.

**33.3.7.2** Pentru analiza structurală și în calcule este necesar utilizate valorile nominale a dimensiunilor SM EN 1991-1-1.

Tabelul 33.6 - Valorile maxime admise ale grosimii elementelor, mm

| Marcă oțel |        | Energia de rupere Charpy |           | Temperatura de referință $T_{Ed}$ [°C] |     |     |     |     |                                   |     |     |     |     |                                   |     |     |     |     |
|------------|--------|--------------------------|-----------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|            |        |                          |           | 0                                      | -10 | -20 | -30 | -40 | 0                                 | -10 | -20 | -30 | -40 | 0                                 | -10 | -20 | -30 | -40 |
|            |        | $T$ [°C]                 | $J_{min}$ | $\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$      |     |     |     |     | $\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$ |     |     |     |     | $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ |     |     |     |     |
| S 235      | JR     | 20                       | 27        | 50                                     | 40  | 35  | 30  | 25  | 75                                | 65  | 55  | 45  | 40  | 115                               | 100 | 85  | 75  | 65  |
|            | J0     | 0                        | 27        | 75                                     | 60  | 50  | 40  | 35  | 105                               | 90  | 75  | 65  | 55  | 155                               | 135 | 115 | 100 | 85  |
|            | J2     | -20                      | 27        | 105                                    | 90  | 75  | 60  | 50  | 145                               | 125 | 105 | 90  | 75  | 200                               | 175 | 155 | 135 | 115 |
| S 275      | JR     | 20                       | 27        | 45                                     | 35  | 30  | 25  | 20  | 70                                | 55  | 50  | 40  | 35  | 110                               | 95  | 80  | 70  | 60  |
|            | J0     | 0                        | 27        | 65                                     | 55  | 45  | 35  | 30  | 95                                | 80  | 70  | 55  | 50  | 145                               | 125 | 110 | 95  | 80  |
|            | J2     | -20                      | 27        | 95                                     | 75  | 65  | 55  | 45  | 130                               | 115 | 95  | 80  | 70  | 190                               | 165 | 145 | 125 | 110 |
|            | M,N    | -20                      | 40        | 110                                    | 95  | 75  | 65  | 55  | 155                               | 130 | 115 | 95  | 80  | 200                               | 190 | 165 | 145 | 125 |
|            | ML, NL | -50                      | 27        | 160                                    | 135 | 110 | 95  | 75  | 200                               | 180 | 155 | 130 | 115 | 200                               | 200 | 200 | 190 | 165 |
| S 355      | JR     | 20                       | 27        | 35                                     | 25  | 20  | 15  | 15  | 55                                | 45  | 40  | 30  | 25  | 95                                | 80  | 70  | 60  | 55  |
|            | J0     | 0                        | 27        | 50                                     | 40  | 35  | 25  | 20  | 80                                | 65  | 55  | 45  | 40  | 130                               | 110 | 95  | 80  | 70  |
|            | J2     | -20                      | 27        | 75                                     | 60  | 50  | 40  | 35  | 110                               | 95  | 80  | 65  | 55  | 175                               | 150 | 130 | 110 | 95  |
|            | M,N    | -20                      | 40        | 90                                     | 75  | 60  | 50  | 40  | 135                               | 110 | 95  | 80  | 65  | 200                               | 175 | 150 | 130 | 110 |
|            | ML, NL | -50                      | 27        | 130                                    | 110 | 90  | 75  | 60  | 180                               | 155 | 135 | 110 | 95  | 200                               | 200 | 200 | 175 | 150 |
| S420       | M,N    | -20                      | 40        | 80                                     | 65  | 55  | 45  | 35  | 120                               | 100 | 85  | 70  | 60  | 185                               | 160 | 140 | 120 | 100 |
|            | ML, NL | -50                      | 27        | 115                                    | 95  | 80  | 65  | 55  | 165                               | 140 | 120 | 100 | 85  | 200                               | 200 | 185 | 160 | 140 |
| S 460      | Q      | -20                      | 30        | 60                                     | 50  | 40  | 30  | 25  | 95                                | 75  | 65  | 55  | 45  | 155                               | 130 | 115 | 95  | 80  |
|            | M,N    | -20                      | 40        | 70                                     | 60  | 50  | 40  | 30  | 110                               | 95  | 75  | 65  | 55  | 175                               | 155 | 130 | 115 | 95  |
|            | QL     | -40                      | 30        | 90                                     | 70  | 60  | 50  | 40  | 130                               | 110 | 95  | 75  | 65  | 200                               | 175 | 155 | 130 | 115 |
|            | ML, NL | -50                      | 27        | 105                                    | 90  | 70  | 60  | 50  | 155                               | 130 | 110 | 95  | 75  | 200                               | 200 | 175 | 155 | 130 |
|            | QL1    | -60                      | 30        | 125                                    | 105 | 90  | 70  | 60  | 180                               | 155 | 130 | 110 | 95  | 200                               | 200 | 200 | 175 | 155 |
| 690        | Q      | 0                        | 40        | 30                                     | 25  | 20  | 15  | 10  | 55                                | 45  | 35  | 30  | 20  | 100                               | 85  | 75  | 60  | 50  |
|            | Q      | -20                      | 30        | 40                                     | 30  | 25  | 20  | 15  | 65                                | 55  | 45  | 35  | 30  | 120                               | 100 | 85  | 75  | 60  |
|            | QL     | -20                      | 40        | 50                                     | 40  | 30  | 25  | 20  | 80                                | 65  | 55  | 45  | 35  | 140                               | 120 | 100 | 85  | 75  |
|            | QL     | -40                      | 30        | 60                                     | 50  | 40  | 30  | 25  | 95                                | 80  | 65  | 55  | 45  | 165                               | 140 | 120 | 100 | 85  |
|            | QL1    | -40                      | 40        | 75                                     | 60  | 50  | 40  | 30  | 115                               | 95  | 80  | 65  | 55  | 190                               | 165 | 140 | 120 | 100 |
|            | QL1    | -60                      | 30        | 90                                     | 75  | 60  | 50  | 40  | 135                               | 115 | 95  | 80  | 65  | 200                               | 190 | 165 | 140 | 120 |

### 33.3.8 Ductilitate la destrămare lamelară.

**33.3.8.1** În funcție de caracteristicile materialului și de factori ce depind de procedeele de sudură (ce pot fi controlați), SM EN 1993-1-10 stabilește valoarea minimă agățurii necesare pentru cariscul LT (lamelar tearing) sa fie înlăturat.

**33.3.8.2** Relația de verificare (conform EN 10164 și SM EN 1993-1-10 și a sursei [3]), fenomenul de destrămare lamelară, este de forma:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd} ;$$

În care,

$Z_{Ed}$  – valoarea  $Z$  necesară care rezultă din cea mai mare deformație provocată de construcția metalului bridat sub cordonul de sudură  $Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e$ , pentru care valorile  $Z_a$ ,  $Z_b$ ,  $Z_c$ ,  $Z_d$ ,  $Z_e$  se stabilesc conform tabelului 33.7.

**33.3.8.2.1** Dacă este necesar, se poate utiliza un oțel care prezintă proprietăți îmbunătățite pe direcția grosimii în conformitate cu SM EN 10164, a se vedea SM EN 1993-1-10. Dacă valorile  $Z_{Ed}$  se determină în conformitate cu SM EN 1993-1-10, alegerile clasei de calitate în conformitate cu SM EN 10164 poate fi stabilită prin anexa națională. Alegerea indicată în tabelul 33.8 este recomandată.

Tabelul 33.7 - Determinarea valorilor Z

|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              |              |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|
| a) | Grosimea efectivă a cordonului de colț                                                                      | $a_{eff} \leq 7 \text{ mm}$                                      | $a = 5 \text{ mm}$                                           | $Z_i$        |
|    |                                                                                                             | $7 < a_{eff} \leq 10 \text{ mm}$                                 | $a = 7 \text{ mm}$                                           | $Z_a = 0$    |
|    |                                                                                                             | $10 < a_{eff} \leq 20 \text{ mm}$                                | $a = 14 \text{ mm}$                                          | $Z_a = 3$    |
|    |                                                                                                             | $20 < a_{eff} \leq 30 \text{ mm}$                                | $a = 21 \text{ mm}$                                          | $Z_a = 6$    |
|    |                                                                                                             | $30 < a_{eff} \leq 40 \text{ mm}$                                | $a = 28 \text{ mm}$                                          | $Z_a = 9$    |
|    |                                                                                                             | $40 < a_{eff} \leq 50 \text{ mm}$                                | $a = 35 \text{ mm}$                                          | $Z_a = 12$   |
|    |                                                                                                             | $50 < a_{eff}$                                                   | $a > 35 \text{ mm}$                                          | $Z_a = 15$   |
| b) | Forma și poziția cordonului de sudură                                                                       |                                                                  |                                                              | $Z_b = -25$  |
|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              | $Z_b = -10$  |
|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              | $Z_b = -5$   |
|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              | $Z_b = 0$    |
|    |                                                                                                             | cu straturi apropiate în vederea reducerii efectului contragerii |                                                              | $Z_b = 3$    |
|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              | $Z_b = 5$    |
|    |                                                                                                             |                                                                  |                                                              | $Z_b = 8$    |
| c) | Bridaj local al contracției datorită grosimii tablei                                                        | $s \leq 10 \text{ mm}$                                           |                                                              | $Z_c = 2^*$  |
|    |                                                                                                             | $10 < s \leq 20 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 4^*$  |
|    |                                                                                                             | $20 < s \leq 30 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 6^*$  |
|    |                                                                                                             | $30 < s \leq 40 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 8^*$  |
|    |                                                                                                             | $40 < s \leq 50 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 10^*$ |
|    |                                                                                                             | $50 < s \leq 60 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 12^*$ |
|    |                                                                                                             | $60 < s \leq 70 \text{ mm}$                                      |                                                              | $Z_c = 15^*$ |
| d) | Bridaj local al contracției datorită efectului conlucrării între elementele structurii îmbinate prin sudură | Bridaj redus                                                     | Contracție liberă posibilă (îmbinări în T)                   | $Z_d = 0$    |
|    |                                                                                                             | Bridaj mediu                                                     | Contracție liberă împiedicată (diafragme la grinzi casetate) | $Z_d = 3$    |
|    |                                                                                                             | Bridaj mare                                                      | Contracție împiedicată (nervurile la platelajele ortotrope)  | $Z_d = 5$    |
| e) | Cordonul de sudură                                                                                          | Fără preîncălzire                                                |                                                              | $Z_e = 0$    |
|    |                                                                                                             | Preîncălzire $\geq 100^\circ\text{C}$                            |                                                              | $Z_e = -8$   |

NOTĂ - Valoarea lui Z poate fi redusă cu 50%, în cazul încărcărilor statice sau numai de compresiune, în direcție perpendiculară pe grosimea materialului solicitat.

**33.3.8.3** Dacă  $Z_{Ed} \leq 10$  nu este necesar un oțel cu caracteristici îmbunătățite pentru evitarea destrămării lamelare.

Tabelul 33.8 Clasa de calitate SM EN 10164

| Valoarea $Z_{Ed}$     | Clasa de calitate Cf. EN 10164 | Dacă $Z_{Ed} > 10$ , se alege un oțel conform SM EN 10164, care să prezinte această caracteristică din tabelul 34.8. |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Z_{Ed} \leq 10$      | -                              |                                                                                                                      |
| $10 < Z_{Ed} \leq 20$ | Z15                            |                                                                                                                      |
| $20 < Z_{Ed} \leq 30$ | Z25                            |                                                                                                                      |
| $Z_{Ed} > 30$         | Z35                            |                                                                                                                      |

### 33.4 Mijloace de îmbinare a podurilor metalice

#### 33.4.1 Organe de asamblare. Șuruburi, piulițe și șaibe.

**33.4.1.1** Șuruburile, piulițele și șaibele sunt în conformitate cu cerințele normative indicate în SM EN 1993-1-8 (Proiectarea îmbinărilor) și condițiilor specificate la 1.2.4; grupa 4.

**33.4.1.2** Regulele din această parte se aplică șuruburilor din clasele indicate în tabelul 33.4.1.

**Tabelul 33.4.1 - Valorile nominale a limitei de curgere  $f_{yb}$  și ale rezistenței ultime la întindere  $f_{ub}$  pentru șuruburi**

| Clasa șurubului               | 4.6 | 5.6 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| $f_{yb}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 240 | 300 | 480 | 640 | 900  |
| $f_{ub}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

**33.4.1.3 Șuruburi pretensionate.** Șuruburile de înaltă rezistență pretensionate de clasele 8.8 și 10.9 care sunt în conformitate cu referințele normative indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: grupa 4 pot fi utilizate ca șuruburi pretensionate atunci când strângerea controlată se realizează în conformitate cu referințele normative indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: grupa 7.

**33.4.2 Nituri.** Proprietățile materialelor, dimensiunile și toleranțele niturilor din oțel sunt în conformitate cu referințele normative indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: grupa 6.

**33.4.2.1** Niturile sunt recomandate la îmbinarea elementelor de poduri, doar în cazurile podurilor în exploatare, unde nu este aplicabil șuruburile de înaltă rezistență sau îmbinările prin sudură.

**33.4.3 Buloane de ancoraj.** Pentru buloanele de ancoraj se utilizează următoarele clase de oțeluri:

- clase de oțel în conformitate cu referințele indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: gruparea 1;
- clase de oțel în conformitate cu referințele indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: gruparea 4;
- bare de armături în conformitate cu SM EN 10080;

**33.4.3.1** Valoarea nominală a limitei de curgere a buloanelor de ancoraj nu depășește 640 N/mm<sup>2</sup>.

**33.4.4 Consumabile pentru sudură.** Toate consumabilele pentru sudură sunt în conformitate cu referințele normative indicate în SM EN 1993-1-8, 2.8: grupa 5.

**33.4.4.1** Performanțele materialului de adaus nu sunt inferioare valorilor corespunzătoare precizate pentru clasa oțelului care se sudează. Acestea țin seama de:

- limita de curgere precizată;
- rezistența ultimă la întindere;
- alungirea la rupere;
- energia minimă Charpy V a metalului de adaus.

**33.4.5 Cabluri și alte elemente întinse,** se vor proiecta în conformitate cu SM EN 1993-1-11. Anexa națională poate preciza tipurile de cabluri corespunzătoare diferitor tipuri de poduri.

**33.3.6 Alte componente de poduri.** Rosturile de dilatație, contrașinele, parapetele și alte accesorii pentru podurile din oțel, se vor proiecta în conformitate cu referințele normative relevante.

**33.3.6.1 Sistemul de protecție al suprafețelor podurilor,** produsele utilizate precum și metodele de punere în operă sunt în conformitate cu prevederile tehnice relevante.

## 34 Proiectarea și calculul structurilor din oțel

**34.1** La proiectarea structurilor din oțel pentru stările limită ultime, coeficienții parțiali  $\gamma_M$  definiți în paragraful 2.4.3 din SM EN 1993-1-1 este necesar să se aplice diferitelor valori caracteristice ale rezistențelor considerate în această secțiune, reflectate în tabelul 34.1.

**Tabelul 34.1 - Coeficienți parțiali  $\gamma_{Mi}$** 

| a) Rezistența elementelor și a secțiunilor transversale:                                                                                               |                                    | Valori recomandate |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| - Rezistența secțiunilor transversale la curgere excesivă inclusiv flambaj local                                                                       | $\gamma_{M0}$                      | 1,00               |
| - Rezistența elementelor la instabilitate evaluată prin verificarea elementelor                                                                        | $\gamma_{M1}$                      | 1,10               |
| - Rezistența la rupere a secțiunilor transversale solicitate la întindere                                                                              | $\gamma_{M2}$                      | 1,25               |
| b) Rezistența îmbinărilor                                                                                                                              |                                    |                    |
| - Rezistența șuruburilor<br>- Rezistența niturilor<br>- Rezistența bolțurilor<br>- Rezistența sudurilor<br>- Rezistența plăcilor la presiunea pe gaură | $\gamma_{M2}$                      | 1,25               |
| - Rezistența la alunecare<br>- La starea limită ultimă (categoria C)<br>- La starea limită de exploatare normală                                       | $\gamma_{M3}$<br>$\gamma_{M3,ser}$ | 1,25<br>1,10       |
| - Rezistența la presiune pe gaură a unui șurub injectat                                                                                                | $\gamma_{M4}$                      | 1,10               |
| - Rezistența îmbinărilor secțiunilor cu goluri ale grinzilor cu zăbrele                                                                                | $\gamma_{M5}$                      | 1,10               |
| - Rezistența bolțurilor la starea limită de exploatare normală                                                                                         | $\gamma_{M6,ser}$                  | 1,00               |
| - Șuruburi de înaltă rezistență pretensionate                                                                                                          | $\gamma_{M7}$                      | 1,10               |

**34.1.1** Pentru coeficientul parțial  $\gamma_c$  pentru rezistența betonului a se vedea SM EN 1992.

## 34.2 Rezistența secțiunilor transversale

**34.2.1** În fiecare secțiune transversală, valoarea de calcul a unei solicitări nu este necesar să depășească rezistența de calcul corespunzătoare și dacă maimulte solicitări acționează simultan, efectele lor combinate nu este necesar să depășească rezistența pentru această combinație.

**34.2.2** Ca regulă generală, efectul, "shear lag" (forfecare întârziată sau decalajul deformațiilor de forfecare) și efectul voalării sunt introduse cu ajutorul lățimilor eficace, conform SMEN 1993-1-5. De asemenea este necesar luate în considerare efectele voalării din forfecare conform SM EN 1993-1-5.

**34.2.3** În general, valorile de calcul ale rezistențelor depind de clasa secțiunilor transversale.

**34.2.4** Toate clasele de secțiuni pot fi verificate în raport cu rezistența lor clasică, cu condiția utilizării pentru Clasa 4 a caracteristicilor secțiunii transversale eficace.

**34.2.5** Pentru o verificare în domeniul elastic, poate fi utilizată în punctul critic al secțiunii transversale, următorul criteriu limită, în afara de cazul în care se aplică alte formule de interacțiune, a se vedea în paragraful 6.2.8 până la 6.2.10 din SM EN 1993-1-1.

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$$

În care,

$\sigma_{x,Ed}$  – este valoarea de calcul a tensiunii longitudinale în punctul considerat;

$\sigma_{z,Ed}$  – este valoarea de calcul a tensiunii transversale în punctul considerat;

$\tau_{Ed}$  – este valoarea de calcul a tensiunii de forfecare în punctul considerat;

**34.2.5.1** Verificarea conform (p.35.2.5) poate fi acoperitoare deoarece ea exclude orice distribuție plastică parțială a tensiunilor, ceea ce este admis în calculul elastic. În consecință, este necesar să se utilizeze relația din p.32.2.5 numai când interacțiunea pe baza rezistențelor  $N_{Rd}$ ,  $M_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$  nu poate fi efectuată.

**34.2.6** Este necesar să se verifice rezistența plastică a secțiunilor transversale prin găsirea unei distribuții de tensiuni, care să nu depășească limita de curgere. Această distribuție de tensiuni este necesar să fie în echilibru cu solicitările și compatibilă cu deformațiile plastice asociate.

**34.2.7** Ca o aproximare acoperitoare pentru toate clasele de secțiuni transversale, se poate utiliza o însumare liniară de rapoarte solicitare/efort capabil. Astfel pentru secțiunile Clasa 1, 2 sau 3 supuse la o combinație  $N_{Rd}$ ,  $M_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$  se poate utiliza următoriu criteriu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

în care,

$N_{Rd}$ ,  $M_{y,Rd}$ ,  $M_{z,Rd}$  – sunt eforturile capabile care depind de clasa secțiunii transversale și cuprind orice eventuală reducere care poate rezulta din efectele forfecării, a se vedea în paragraful 6.2.8 din SM EN 1993-1-1.

**34.2.7** Calculul pentru secțiunile transversale de Clasa 4, a se vedea în paragraful 6.2.9(2) din SM EN 1993-1-1.

**34.2.8** Proprietățile eficace ale secțiunilor transversale care au inimi din Clasa 3 și tălpi din clasa 1 sau clasa 2, se vor determina în conformitate cu paragraful 6.2.2.4(1) din SM EN 1993-1-1.

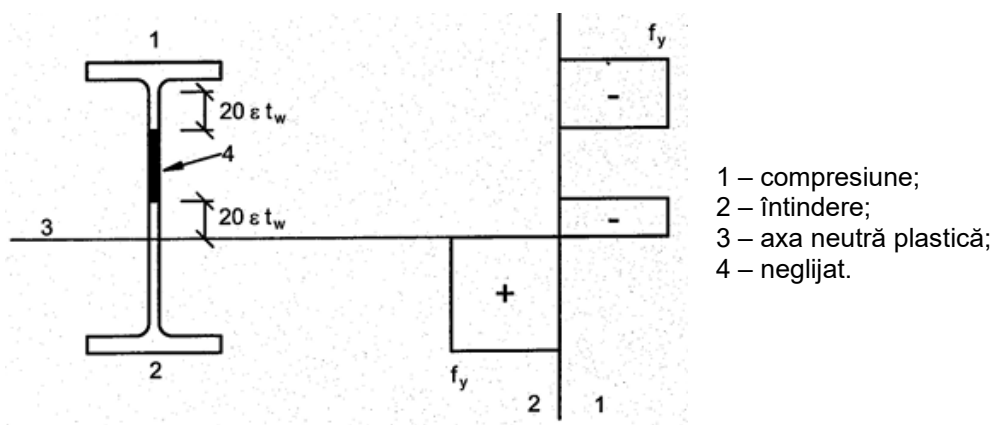


**Figura 34.1 - Inima eficace Clasa 2**

**34.2.9** Efectele flambajului local pentru secțiuni transversale Clasa 4, se vor determina în conformitate cu cele două metode prezentate în SM EN 1993-1-5 și anume:

- Proprietățile eficace ale secțiunii transversale ale secțiunilor din Clasa 4 în conformitate cu SM EN-1-5, secțiunea 4;
- Limitarea eforturilor care permite obținerea proprietăților secțiunilor transversale în conformitate cu SM EN 1993-1-5, secțiunea 10.

**34.2.10** Proprietățile eficace ale secțiunii transversale Clasa 4, se vor determina conform paragraful 6.2.2.5(1), (2), (3), (4) și (5) din SM EN 1993-1-1.

**34.2.10.1** Pentru întindere, a se vedea paragraful 6.2.3(1), (2), (3), (4) și (5) din SM EN 1993-1-1.

**34.2.10.2** Pentru compresie, a se vedea paragraful 6.2.4 (1) din SM EN 1993-1-1, respectiv paragraful 6.2.4 (2 a, b), (3) din SM EN 1993-2.

**34.2.10.3** Pentru momentul încovoietor, a se vedea paragraful 6.2.5(1) din SM EN 1993-1-1, respectiv paragraful 6.2.5 (2 a, b), (3) din SM EN 1993-2.

**34.2.10.4** Pentru forța tăietoare, a se vedea paragraful 6.2.6(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) și (8) din SM EN 1993-1-1 și secțiunea 5 din SM EN 1993-1-5.

**34.2.11** Pentru elementele supuse la torsiune se iau în considerare efectele de torsiune și de deplanare. Toate efectele vor fi determinate conform paragrafului 6.2.7 din SM EN 1993-2.

**34.2.12** Interacțiunea între moment încovoietor, efort axial, forța tăietoare și încărcări transversale se poate determina cu una dintre cele două metode descrise în paragraful 6.2.8 din SM EN 1993-2.

**34.2.13** Momentul încovoietor cu forța tăietoare se va determina în conformitate cu paragraful 6.2.8 (1), (2), (3), (4), (5) și (6) din SM EN 1993-1-1.

**34.2.14** Momentul încovoietor cu forța forța axială se va determina în conformitate cu paragraful 6.2.10 din SM EN 1993-2.

**34.2.15** Momentul încovoietor cu forța forța axială și forța tăietoare, se va determina în conformitate cu paragraful 6.2.10(1), (2) și (3) din SM EN 1993-1-1.

### **34.3 Rezistența elementelor la flambaj**

**34.3.1** Rezistența elementelor structurilor metalice pentru poduri, se vor determina în conformitate cu capitolul 6.3 din SM EN 1993-2.

### **34.4 Stări limită ale exploatării normale**

**34.4.1** Pentru determinarea generală a stărilor limită ale exploatării normale se va vedea paragraful 7.1(1), (2) și (3) din SM EN 1993-1-1.

**34.4.2** Următoarele criterii ale exploatării normale este necesar respectate:

a) Limitarea comportării în domeniul elastic cu scopul de a limita:

- curgerea excesivă, a se vedea 7.3(1) din SM EN 1993-2;
- abateri de la geometria prevăzută datorită de formațiilor reziduale, a se vedea 7.3(1) din SM EN 1993-2;
- deformații excesive, a se vedea 7.3(4) din SM EN 1993-2.

b) Limitarea deformațiilor și a cuburilor cu scopul de a evita:

- impacuri nedorite din trafic (combinarea limitărilor deformațiilor și a frecvenței naturale), a se vedea 7.7 și 7.8 din SM EN 2003-2;
- nerespectarea gabaritelor de liberă trecere, a se vedea 7.5 și 7.6 din SM EN 1993-2;
- fisurarea straturilor de protecție, a se vedea 7.12 din SM EN 1993-2;
- deteriorarea sistemelor de evacuarea apelor, a se vedea 7.12 din SM EN 1993-2.

c) Limitarea frecvențelor naturale, a se vedea 7.8 și 7.9 cu scopul de a:

- Excluce vibrațiile datorită traficului sau a vântului care sunt inacceptabile pentru pietoni sau călătorii din vehiculele care circulă pe pod;
- Limitarea vătămarilor de oboseală datorită rezonanței;
- Limitarea emisiilor sonice excesive.

d) Limitarea zvelteții plăcilor, a se vedea 7.4 din SM EN 1993-2, cu scopul de a limita:

- deformația excesivă a plăcilor;
- respirația plăcilor;
- reducerea rigidității datorită voalării plăcii care determină o creștere a deformațiilor, a se vedea SM EN 1993-1-5.

e) Durabilitatea îmbunătățită prin detalii constructive cu scopul de a reduce coroziunea și uzura excesivă, a se vedea 7.11 din SM EN 1993-2;

f) Întreținere și reparație ușoară, a se vedea 7.11 din SM EN 1993-2, cu scopul de a asigura:

- accesibilitatea părților de structură pentru întreținere și inspecție, refacerea protecției anticorozive și a carosabilului;
- înlocuirea aparatelor de reazem, ancorelor, cablurilor, rosturilor de dilatație cu întreruperea minimă a utilizării structurii.

**34.4.3** În general, aspectele legate de stările limită ale exploatării normale se rezolvă prin concepția de ansamblu a podului sau prin dispoziții constructive corespunzătoare. Totuși, în funcție de situație, stările limită ale exploatării normale pot fi verificate printr-o evaluare numerică, de exemplu prin calculul deformațiilor sau precvențelor proprii ale structurii.

**34.4.4** Toate modelele de calcul expuse în 35.4.2, a se vedea paragrafele 7.2; 7.3; 7.4; 7.5; 7.6; 7.7; 7.8; 7.9; 7.10 și 7.11.

**34.4.5** Evacuarea Apelor la podurile cu structuri metalice.

**34.4.5.1** Toate tablurile se hidroizolează iar părțile carosabile precum și trotuarele se etanșează pentru a preveni pătrunderea apei.

**34.4.5.2** La alcătuirea sistemului de evacuare al apei se ține seama de panta platelajului tablierului precum și de amplasarea, diametrul și panta șevilor pentru evacuarea apelor.

**34.4.5.3** Evacuarea apei este permisă într-o zonă sub structură astfel încât să se evite infiltrarea apei în structură.

**34.4.5.4** Țevile pentru evacuarea apei se proiectează încât acestea poată fi curățate cu ușurință, distanța dintre centrele gurilor de evacuare se indică în planuri.

**34.4.5.5** În cazul în care țevile pentru evacuarea apei se dispun în interiorul grinzilor casetate se iau măsuri de prevenire a acumulării apei în cazul scurgerilor sau inundării țăvilor;

**34.4.5.6** La podurile de șosea/rutiere se dispun dispozitivele de colectare a apei pe ambele părți ale rostului de dilatație, dacă este cazul.

**34.4.5.7** La podurile de cale ferată cu calea pe balast, cu lungimi de până la 40m, se consideră că tablierul este drenat cu ajutorul sistemelor de colectare și evacuare a apelor prevăzute la culei și nu sunt necesare alte dispozitive de evacuare a apelor dispuse pe tablier.

**34.4.5.8** Toate secțiunile transversale închise se prevăd cu sistem de evacuare a apelor, mai puțin acelea care sunt complet etanșate cu ajutorul sudurii.

**34.4.6** Mijloacele de ansamblare, suduri, conexiuni și îmbinări, se vor proiecta, calcula și executa în conformitate cu SM EN 1993-1-8 respectiv cu capitolul 8.1- 8.2.14 din SM EN 1993-2.

**34.4.7** Verificarea la oboseală se efectuează în toate zonele critice a în conformitate cu S; EN 1993-1-9 respectiv conform paragrafului 9.1 – 9.7 din SM EN 1993-2.

**34.4.8** Proiectarea asistată de încercări este în conformitate cu SM EN 1990, la care se adaugă prevederile suplimentare din 10.2 și 10.3 din SR EN 1993-2.

**34.4.9** Specificațiile tehnice pentru aparatele de reazem, se vor executa în conformitate cu ANEXA A (Informativă) din SM EN 1993-2.

**34.4.10** Specificațiile tehnice pentru rosturi de dilatație ale podurilor de șosea, se vor executa în conformitate cu ANEXA B (Informativă) din SM EN 1993-2.

**34.4.11** Recomandări pentru detaliile constructive ale tablierelor podurilor metalice, se vor executa în conformitate cu ANEXA C (informativă) din SM EN 1993-2.

**34.4.12** Lungimea de flambaj ale elementelor podurilor și ipoteza asupra imperfecțiunilor geometrice, se vor determina în conformitate cu ANEXA D (informativă) din SM EN 1993-2.

**34.4.13** Combinarea efectelor încărcărilor locale de la roți și pneuri și a efectelor globale din încărcări din trafic la podurile de șosea, se vor executa în conformitate cu ANEXA E (informativă) din SM EN 1993-2.

## **35 Cerințe constructive față de structurile din oțel**

### **35.1 Dispoziții generale**

**35.1.1** La proiectarea structurilor metalice este necesar:

a) să se țină seama de capacitățile tehnologice ale uzinelor producătoare (utilaje de debitare, sudare, ridicare), precum și de mijloacele de ridicare, transport și montaj ale organizațiilor de construcții;

b) să se realizeze uzinarea structurilor pe elemente de expediție, optimizând volumul de lucru în fabrică și ținând cont de capacitatea de încărcare și de gabaritul vehiculelor de transport;

c) să se proiecteze sisteme de contravântuiri și legături care să asigure stabilitatea și invariabilitatea geometrică a structurii în ansamblu, precum și a componentelor sale, pe parcursul transportului, montajului și exploatării;

d) să se unifice (standardizeze) subansamblurile și elementele de montaj, inclusiv dispunerea orificiilor

pentru șuruburile de înaltă rezistență;

e) să se asigure mentenabilitatea și ușurința montajului, prin prevederea dispozitivelor de fixare temporară, a platformelor de lucru și a accesului facil pentru realizarea îmbinărilor;

f) să se raționalizeze sortimentul de laminate (profile și lungimi), urmărind utilizarea eficientă a materialului și minimizarea pierderilor prin debitare (resturi);

g) să se ia în considerare toleranțele de fabricație în uzină și toleranțele de montaj pe șantier (conform claselor de execuție EXC);

h) să se prioritizeze utilizarea sudării automate (de exemplu, sub strat de flux/arc submers) în uzină și a îmbinărilor pretensionate cu șuruburi de înaltă rezistență pe șantier.

**35.1.1.1** Rețeaua de grinzi dispuse ortogonal - lonjeronii în lungul tablierului și antretoazele transversal, pe care descarcă calea, poartă denumirea de grinzile căii.

**35.1.1.2** Rolul principal al grinzilor căii (lonjeroni și antretoaze) este de a prelua acțiunile transmise de convoi prin intermediul șinelor, precum și celelalte încărcări utile (personal de întreținere, instalații etc.), și de a le transmite către grinzile principale. Deoarece acțiunile predominante care solicită grinzile căii sunt gravitaționale, aceste elemente sunt dezvoltate cu secțiunea principală în plan vertical (axa de inerție maximă fiind normală pe direcția încărcărilor).

Pe lângă sarcinile gravitaționale, aceste grinzi sunt supuse și unor acțiuni orizontale (transversale și longitudinale): forțe de șerpuire, frânare, demaraj (accelerare), forța centrifugă, acțiunea seismică și acțiuni climatice (vânt). Aceste forțe sunt preluate și distribuite către grinzile principale printr-un sistem de rigidizare denumit contravântuirea lonjeronilor, care asigură totodată stabilitatea la răsucire și stabilitatea generală a grinzilor căii.

**35.1.1.3** Ansamblul de grinzi – lonjeroni, antretoaze și contravântuirea generală de la nivelul căii, formează o structură plană orizontală – rigidă, care asigură preluarea încărcărilor și comportarea generală corespunzătoare a tablierului.

**35.1.1.4** Structurile de poduri în soluție “clasică”, la care grinzile căii includ lonjeronii și antretoazele, cu calea deschisă, sunt întâlnite în mod curent pe toate căile ferate. Grinzile căii lipsesc complet la structurile de poduri unde traversele descarcă direct pe grinzile principale, precum și la tablierele la care calea reazemă în cuvă de balast și la structurile cu platelaj ortotrop; în acest caz funcțiunile rețelei de grinzi sunt preluate de subansamblele respective.

**35.1.1.5** În cazul în care antretoazele sunt așezate la o distanță relativ mică ( $\leq 600$  mm), lonjeronii nu mai sunt necesari, șinele având capacitatea portantă pentru preluarea acțiunilor transmise de convoi – aceste structuri fiind denumite “tabliere cu antretoaze dese” sau “tabliere fără lonjeroni”. Distanța între grinzile căii:

- lonjeroni: - 1800 mm

- antretoaze: - 2000 - 4000 mm – pentru grinzile principale cu inimă plină;

- 3500 - 10000 mm – pentru grinzile principale cu zăbrele.

NOTĂ - 10.000mm este o valoare foarte mare, întâlnită doar la poduri istorice sau foarte mari. În proiectarea modernă, se preferă 4.000 – 6.000 mm, deoarece distanța între antretoaze este necesar să coincidă cu lungimea panoului grinzii cu zăbrele (distanța între noduri).

**35.1.2** La proiectarea structurilor de oțel este necesar să se excludă dispunerea într-un nod a pieselor sudate, modificările bruște ale secțiunii transversale a elementelor, formarea de “tăieturi” structurale sub formă de rupturi ale guseelor fasonate și rigidizărilor sau de decupaje în acestea, adiacente în unghi față de suprafața părților solicitate ale secțiunii transversale (tălpi, pereți de grinzi, table/tole ale elementelor compozite, etc.).

**35.1.3** Pentru a crește fiabilitatea și rezistența la îngheț a structurilor și a reduce efectul negativ al deformațiilor și tensiunilor reziduale de la sudare, este necesar să se prevadă măsuri cu caracter constructiv și tehnologic (succesiunea optimă de asamblare și sudare a elementelor; dizolvarea sudurilor; îndoire preliminară și încălzire locală, încălzirea zonelor individuale după sudare, pătrunderea completă și rotunjirea prin șlefuire a capetelor părților tăiate, apropiindu-se tangențial de suprafața părții rămase a secțiunii; tratamentul mecanic al zonelor de concentrare a tensiunilor etc.).

**35.1.4** La podurile de cale ferată, tablierele cu grinzi simplu rezemate și grinzi continui ale căii de rulare este necesar să asigure legături longitudinale pe tălpile superioare și inferioare. Fixarea legăturilor longitudinale de pereți grinzilor nu este permisă în podurile de cale ferată.

**35.1.5** Tablierele/Suprastructurile deschise fără contravântuiri longitudinale în zona comprimată (a se vedea exemple din sursa [3]) și partea căii de rulare deschisă a podurilor de cale ferată sunt permise numai în prezența unui studiu de fezabilitate și cu condiția, ca tălpile libere să fie fixate de cadre rigide în secțiunile transversale ale grinzilor, iar partea carosabilă asigurată cu contravântuiri transversale. În cazul în care există elemente de legătură rigidă între tălpile de grinzi sau ferme (de exemplu, placă din beton armat sau din oțel), este permis să nu se realizeze legături longitudinale în planul corespunzător, dacă acestea nu sunt impuse de condițiile de rigiditate.

**35.1.6** În cazul tablierelor în arc, legăturile longitudinale este necesar realizate în planul uneia dintre tălpile arcului și în planul căii de rulare, dacă aceasta nu are o placă, în cazul arcurilor cu zăbrele, este necesar prevăzute legături transversale între acestea și legături longitudinale pe ambele tălpi.

**35.1.7** Tiranții longitudinali este necesar să fie centrați în plan cu tălpile principale ale fermei, totodată cu excentricități minime la nodurile de fixare față de planul tiranților.

**35.1.8** La podurile de cale ferată cu tablier cu antretoaze, distanța dintre axele grinzilor longitudinale este necesar să fie de 1,90 m (pentru ecartament de 1520), iar între axele grinzilor principale (ferme), dacă nu există o rețea de grinzi, de 2 m. Dacă distanța dintre axele grinzilor principale din ferme cu zăbrele este mai mare, este necesar prevăzută o placă din beton armat sau oțel.

**35.1.9** Pentru a reduce tensiunile din grinzile transversale ale căii de rulare din cauza deformațiilor tălpilor grinzilor principale, calea de rulare este necesar să fie pusă în funcționare în același timp cu grinzile principale.

**35.1.10** Grinzile căii de pod nu este necesar să fie fixate folosind plăci de capăt sudate la peretele grinzii și la tălpile grinzilor.

**35.1.11** În tablierele/suprastructurile podurilor de cale ferată, montarea elevațiilor grinzilor cu antretoaze și contravântuiri se realizează, în general, folosind corniere verticale și îmbinări prin frecare.

**35.1.12** Lonjeronii așezați peste talpa superioară a antretoazelor, neîntrerupți în dreptul acestora, precum și lonjeronii întrerupți în dreptul antretoazelor dar prevăzuți cu plăci de continuitate cel puțin la talpa superioară, se consideră în calcul ca grinzi continue pe rezeme elastice, ținând seama de deformația în plan vertical a antretoazelor și a grinzilor principale.

**35.1.12.1** Lonjeronii sunt solicitați în principal la încovoiere în plan vertical din acțiunile permanente și încărcările verticale din convoi, iar talpa superioară este solicitată suplimentar la încovoiere în plan orizontal, deoarece aceasta este în același timp și talpă a contravântuirii orizontale a lonjeronilor, dezvoltată la nivelul căii.

**35.1.13** Calculul "exact" al lonjeronului presupune rezolvarea unei structuri statice multiplu static nedeterminate, posibil de efectuat printr-un calcul automatizat.

**36.1.14** Pentru a crește stabilitatea aerodinamică a suprastructurilor podurilor suspendate și pe cabluri, rigiditatea la torsiuni a acestora este necesar să fie mărită prin contravântuiri longitudinale pe grinzile principale sau prin utilizarea unei grinzi de rigidizare cu secțiune tip "cheson închis" și conferirea unei forme aerodinamice.

## 35.2 Secțiuni ale elementelor structurale

**35.2.1** Cea mai mică grosime a detaliilor tablierelor și a pilelor este necesar luată în baza calculelor de rezistență, stabilitate, la oboseală, rigiditate și vibrații, dar nu mai mică decât cea specificată în SM EN 1993-2 și SM EN 1993-1-1, totuși pentru a menține un nivel de siguranță și mentenanță adecvat, se utilizează adesea prescripții din ghiduri tehnice care completează Eurocodul, descrise în tabelul 35.1.

**Tabelul 35.1 - Grosimi și dimensiuni minime**

| Detalii de structură / Elemente structurale | Poduri CF (mm) | Poduri Rutiere (mm) | Observații Eurocod                                |
|---------------------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| 1. Profile din tablă ondulată (podețe)      | 2.5            | 2.0                 | Verificare la coroziune și abraziune (EN 1993-2). |
| 2. Piese din tablă (elemente secundare)     | 10             | 8                   | Min. 8 mm pentru elemente expuse (mentenanță).    |
| 3. Inimile grinzilor principale și          | 12             | 12                  | Eurocod recomandă min. 10-12                      |

| Detalii de structură / Elemente structurale | Poduri CF (mm) | Poduri Rutiere (mm) | Observații Eurocod                                                     |
|---------------------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------|
| gusee nodale principale                     |                |                     | mm pentru rigiditate la sudură.                                        |
| 4. Guseele legăturilor (contravântuiri)     | 10             | 10                  | Uniformizare pentru durabilitate.                                      |
| 5. Eclise la îmbinări și platbande          | 10             | 10                  | Minimul pentru a permite strângerea șuruburilor înalt rezistente (HR). |
| 6. Garnituri / Piese intermediare           | 4              | 4                   | Doar pentru umplutură, nu structural.                                  |
| 7. Plăci de reazem (cuzineți metalici)      | 25             | 25                  | Este necesar să asigure distribuția uniformă a presiunii.              |
| 8. Placă ortotropă (platelaj):              |                |                     |                                                                        |
| - Tablă de acoperire (platelaj)             | 14             | 12                  | EN 1993-2 recomandă min. 12 mm pentru poduri rutiere.                  |
| - Nervuri longitudinale (rigidizări)        | 6-8            | 6-8                 | Depinde de verificarea la oboseală (EN 1993-1-9).                      |
| 9. Corniere elemente principale             | 110x110x10     | 110x110x10          | Standardizare conform profilelor europene (L).                         |
| 10. Corniere pentru îmbinări prin flanșe    | 120x120x12     | 120x120x12          | Necesită rigiditate mare pentru evitarea efectului de pârgăhie.        |

**35.2.2** Pentru a reduce numărul sudurilor de legătură, secțiunile transversale ale elementelor compuse ale grinzilor cu zăbrele este necesar proiectate pe baza numărului minim de piese.

**35.2.3** La grinzile principale cu zăbrele, materialul elementelor cu secțiunea chesonată și  $H$  este necesar să fie concentrat în plăci/table situate în planul fermei. Tălpile, elementele comprimate ale fermei și pilelor este necesar să fie proiectate cu secțiunea chesonată.

**35.2.4** În conformitate cu normele europene preluate în standardele naționale precum SM EN 1993-2 pentru poduri metalice și SM EN 1994-2 pentru structuri compozite, limitarea raportului lățime/grosime ( $b/t$ ) este esențială pentru a preveni voalarea locală a elementelor înainte ca secțiunea să își atingă capacitatea maximă de rezistență.

**35.2.4.1** Valorile limită ale raportului  $b/t$  depind în mod direct de clasa secțiunii transversale, care determină dacă elementul poate dezvolta o articulație plastică sau dacă este limitat de pierderea stabilității locale în domeniul elastic.

**35.2.4.2** Limite pentru raportul  $b/t$  conform claselor de secțiune, pentru elementele comprimate ale fermelor cu zăbrele, se aplică în general următoarele limite (unde  $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$ ), a se vedea tabelul 36.2.

**Tabelul 35.2 - Limite pentru raportul  $b/t$  conform claselor de secțiune**

| Tipul elementului (pereți interiori)       | Clasa 1                              | Clasa 2                              | Clasa 3                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Plăci interne (rezemate pe ambele margini) | $\frac{b}{t} = 33 \cdot \varepsilon$ | $\frac{b}{t} = 38 \cdot \varepsilon$ | $\frac{b}{t} = 42 \cdot \varepsilon$ |
| Plăci consolă (marginii libere)            | $\frac{b}{t} = 9 \cdot \varepsilon$  | $\frac{b}{t} = 10 \cdot \varepsilon$ | $\frac{b}{t} = 14 \cdot \varepsilon$ |

**35.2.4.3** Elemente compozite, la grinzile cu zăbrele compozite, unde talpa superioară este solidară cu placa de beton, rigidizarea oferită de gusee și conectori poate influența lățimea de calcul  $b$ . Totuși, pentru elementele de zăbrele (diagonale, montanți), se respectă limitele de zveltețe locală din SM EN 1993-1-1.

**35.2.4.4** Influența oțelului pentru valoarea parametrului  $\varepsilon$  scade pe măsură ce limita de curgere  $f_y$  crește, de exemplu:

- pentru oțel S355,  $\varepsilon = 0,81$ ;
- pentru oțel S460,  $\varepsilon = 0,71$ .

De aici și calculul lățimii  $b$ :

- pentru secțiuni de tip I sau H,  $b$  este distanța dintre rândurile conectori sau lățimea liberă a tălpilor;
- pentru secțiuni casetate,  $b$  este distanța dintre axele inimilor.

**35.2.4.5** Riscuri în cazul depășirii limitelor: dacă raportul  $x = \frac{b}{t}$  depășește aceste valori, secțiunea este încadrată în Clasa 4, în acest caz, calculul nu se mai poate baza pe aria brută a secțiunii, fiind necesară utilizarea caracteristicilor efective (aria redusă din cauza voalării locale), conform EN 1993-1-5.

**35.2.4.6** La podurile cu solicitări la oboseală, se recomandă evitarea secțiunilor de Clasa 4 pentru elementele principale ale fermelor, preferându-se secțiuni mai robuste (Clasa 1 sau 2) pentru a asigura o redistribuție optimă a eforturilor.

**35.2.5** Conform SM EN 1993-1-1 și SM EN1993-1-8, la proiectarea nodurilor de fermă, stabilitatea locală a zonelor comprimate ale guseelor nodale este necesar asigurată prin consolidarea (dacă este necesar) marginilor libere cu corniere sau nervuri de bordură. Este necesar deoarece, marginile libere ale guseelor care nu sunt susținute pot „fugi” din plan sub acțiunea eforturilor de compresiune transmise de diagonale sau montanți. Eurocodul impune verificarea acestora, iar consolidarea menționată de tine intervine în următoarele situații:

- prevenirea voalării locale: când lungimea marginii libere a guseului este mare în raport cu grosimea sa ( $L/t$  ridicat), aceasta devine susceptibilă la voalare înainte ca materialul să atingă limita de curgere;
- creșterea rigidității: cornierele sau nervurile de bordură transformă o margine „liberă” într-o margine „rigidizată”, schimbând modul de cedare și permițând o distribuție mai uniformă a eforturilor (modelul de calcul prin metoda „Whitemore” sau prin analiza cu element finit);
- protecție la coroziune și transport: nervurile de bordură oferă și o protecție suplimentară împotriva deformărilor accidentale în timpul montajului sau transportului.

**35.2.6** Ca excepție, dacă guseul are o grosime suficient de mare încât să rezulte o zveltețe foarte mică, sau dacă geometria nodului permite ca diagonalele să fie foarte apropiate (reducând lungimea marginii libere), consolidarea poate fi omisă, cu condiția demonstrării stabilității prin calcul.

**35.2.7** Este important ca în cazul podurilor feroviare sau rutiere, unde solicitările dinamice sunt mari, rigidizarea marginilor guseelor este o regulă de bună practică aproape universală pentru a crește durata de viață la oboseală a nodului.

**35.2.8** Grinzile sudate în dublu T (tratate de eurocod ca grinzi tip I - o inimă plus două tălpi) este necesar proiectate dintr-o placă verticală (inimă) și două orizontale (tălpi), grinzi box/cheson (secțiuni casetate) - din două plăci verticale (inimă) înclinate sau paralele și două orizontale (tălpi) legate direct cu acestea prin suduri de talpă.

**35.2.8.1** Dacă grosimea necesară a tălpii grinzii sudate este mai mare de 60 mm, pentru tălpile grinzilor este necesar utilizate pachete din două plăci.

**35.2.8.2** Modificarea secțiunii transversale a grinzii este necesar efectuată în zona în care se află îmbinările acesteia, prevăzând o teșitură în lățime sau în grosime sau, dacă este necesar, ambele în același timp, cu o pantă de 1:8 pentru talpa întinsă și de 1:4 pentru talpa comprimată.

**35.2.8.3** În cazul grinzilor formate din două plăci, este necesar utilizate plăci cu lățimea cărora diferă cu cel puțin 100 mm. Pentru podurile rutiere și urbane, în tălpile grinzilor este permisă utilizarea de pachete de plăci de aceeași lățime, unite prin rosturi sudate aplicate de-a lungul marginilor de contact, cu teșirea marginilor la adâncimea necesară conform calculelor.

**35.2.8.4** Placa exterioară a pachetului tălpii, care se întrerupe în deschiderea grinzii, este necesar continuată dincolo de locul rupturii sale teoretice pe o lungime, care să asigure fixarea a 50% din aria secțiunii transversale a plăcii. Grosimea acestei plăci la capăt este necesar să fie de 10 mm, teșitură simetrică pe lățime (cu reducere la zero) - cu o pantă de 1:4, teșitura pe grosime cu o pantă de 1:8 - pentru talpă întinsă și 1:4 - pentru talpă comprimată.

**35.2.8.4.1** Pentru îmbinările oblice de la capătul foi, este necesar prevăzut raportul catetelor 1:2 (cateta mai mică - pe verticală) și tratament mecanic pentru obținerea unor tranziții netede (cu rază de cel puțin 5 mm) către metalul de bază al foi neîntrerupte a tălpii.

### 35.3 Nervuri de rigidizare ale grinzilor continue supuse la încovoiere

**35.3.1** În conformitate cu SM EN 1993-1-5 (Plăci plane solicitate în planul lor) și SM EN 1993-2 (Poduri metalice), nervurile de rigidizare au rolul critic de a stabili înima grinzii împotriva voalării și de a asigura introducerea sarcinilor concentrate.

**35.3.1.1** La grinzile continue, aceste elemente sunt solicitate intens, în special în zonele de reazem unde momentele încovoietoare și forțele tăietoare ating valori maxime.

**35.3.1.2** Eurocodul distinge două tipuri principale de rigidizări pentru grinzile de pod:

a) Nervuri transversale (verticale):

- nervuri de reazem, situate deasupra aparatelor de reazem, proiectate ca stâlpi scurți pentru a prelua reacțiunea totală a podului;
- nervuri intermediare, au rolul principal de a compartimenta înima grinzii, crescând rezistența la forfecare ( $V_{Rd}$ ) prin forțarea formării câmpului de întindere în panourile de inimă.

b) Nervuri longitudinale (orizontale):

- sunt utilizate în zonele cu încovoiere puternică (zona centrală a deschiderii pentru talpa superioară sau zona de reazem pentru talpa inferioară la grinzi continue).
- se plasează de obicei în zona comprimată a inimii pentru a reduce lungimea de voalare a panoului.

**35.3.2** Rigidizările transversale realizate din benzi, corniere sau grinzi în T este necesar prevăzute în secțiuni de sprijin, în locurile de transfer ale forțelor concentrate (cu excepția antretoazelor de pod), în locurile de conexiuni transversale în grinzi cu înima plină supuse la încovoiere.

**35.3.2.1** Este necesar prevăzute rigidizări transversale intermediare, precum și rigidizări longitudinale, în conformitate cu calculul stabilității locale a pereților pentru etapele de fabricație, transport, montaj și exploatare.

**35.3.2.2** În absența presiunii locale, rigidizările longitudinale este necesar amplasate la o distanță de talpa comprimată:

- a) în cazul utilizării unei singure nervuri: la o distanță cuprinsă între 0,20  $h_w$  până la 0,25  $h_w$ ;
- b) în cazul utilizării a două sau trei nervuri:
- prima nervură (cea mai apropiată de talpa comprimată): între 0,15  $h_w$  până la 0,20  $h_w$ ;
  - a doua nervură: între 0,40  $h_w$  până la 0,50  $h_w$ ;
  - a treia nervură: poate fi situată în zona întinsă a inimii grinzii, pentru a asigura stabilitatea de ansamblu sau pentru a servi ca limitator de deformații.

**35.3.3** În cazul grinzilor cu inimă plină întărite numai cu rigidizări (nervuri) transversale, lățimea părții proeminente a acestora,  $b_h$ , este necesar să respecte următoarele condiții minime pentru a asigura stabilitatea locală și globală:

- Pentru rigidizări simetrice (perechi): lățimea fiecărei nervuri,  $b_h$ , este necesar să fie:  $b_h \geq \frac{h_w}{30} + 40, mm$ ;
- Pentru o rigidizare unilaterală (pe o singură față): lățimea nervurii,  $b_h$ , este necesar să fie:  $b_h \geq \frac{h_w}{20} + 50, mm$ ;
- Grosimea nervurii ( $t_s$ ): este necesar să fie cel puțin:  $t_s \geq \frac{b_h}{15}$ .

în care,

$h_w$  - reprezintă înălțimea liberă a inimii grinzii.

**35.3.3.1** Atunci când înima grinzii este întărită cu rigidizări transversale și longitudinale, momentele de inerție ale secțiunilor lor transversale este necesar să corespundă valorilor din SM EN 1993-1-5, Capitolul 9 (Gestiunea voalării inimii), unde verificarea se face integrat pentru efortul de forfecare și interacțiunea cu momentul încovoietor.

**35.3.3.2** Condiția de rigiditate minimă (criteiul geometric).

- dacă distanța dintre rigidizări este mică ( $a/h_w < \sqrt{2}$ ), atunci,  $I_{st} \geq 1,5 \cdot \frac{h_w^3 \cdot t_w^3}{a^2}$ ;
- dacă distanța dintre rigidizări este mare ( $a/h_w \geq \sqrt{2}$ ), atunci, condiția  $I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3$ .

**35.3.3.2** Dacă utilizați un soft de calcul sau un modul de verificare Eurocod, acesta va calcula automat  $I_{st,min}$  necesar. Dacă faceți calculul manual, folosiți condiția  $I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3$ , doar ca limită minimă absolută pentru panouri foarte lungi.

**35.3.4** În tablierele/suprastructurile podurilor de toate destinațiile, este permisă amplasarea de nervuri pe o parte a peretelui, precum și amplasarea de nervuri unilaterale transversale și longitudinale pe părți diferite ale peretelui.

**35.3.5** Dimensiunile minime ale părții proeminente ale nervurilor de rigidizare longitudinale este necesar să fie luate în conformitate cu cerințele SM EN 1993-1-1 și SM EN 993-1-8 pentru nervurile de rigidizare transversale.

**35.3.5.1** În cazul în care este necesar să se instaleze nervuri cu un moment de inerție mai mare, în locul rigidizărilor în bandă este necesar utilizate rigidizări transversale sub formă de corniere sau grinzii în I.

**35.3.5.2** Nervurile longitudinale de secțiune T este necesar utilizate pentru a consolida peretele atunci, când sunt situate în interiorul secțiunii de cheson a tablierului. În cazul nervurilor longitudinale realizate din corniere, aripa verticală este necesar să fie întoarsă în jos.

**35.3.6** În rigidizările sudate pe peretele grinzii, în punctele în care acestea se alătură cu tălpile grinzilor, este necesar prevăzute decupaje rotunjite de 120 mm înălțime și 50 mm lățime, în rigidizările din cealaltă direcție, iar la podurile rutiere de asemenea în gusee de legătură sudate pe peretele grinzii, în cazul rigidizărilor de reazem, este permisă reducerea lățimii decupajului la 30 mm și a înălțimii la 50 mm.

**35.3.7** În locurile în care sunt transmise forțe concentrate, este necesar prevăzută ajustarea capetelor rigidizărilor pe placa tălpii grinzii.

**35.3.7.1** Capetele rigidizărilor transversale intermediare ale grinzilor sudate este necesar să fie montate strâns pe plăcile tălpii grinzilor. Pentru a asigura această cerință, sunt necesare următoarele:

- pentru podurile de toate destinațiile, montarea unor piese speciale de tranziție la capetele nervurilor;
- pentru podurile de cale ferată, fixarea rigidizatorilor unghiulari la perete prin intermediul unor îmbinări prin frecare;
- pentru podurile rutiere, urbane și pietonale - sudarea nervurilor de tălpi.

**35.3.7.2** În acest caz, capetele rigidizatorilor transversali, la care este necesar fixate nervurile transversale ale plăcii ortotrope a părții carosabile rutiere, este necesar sudate la talpa grinzii. Rigidizările transversale intermediare pot fi întrerupte pe perete în apropierea grinzilor, zona de rupere a rigidizării fiind proiectată în conformitate cu cerințele SM EN 1993-1-8.

**35.3.8** Rigidizările longitudinale ale grinzilor sudate este necesar aplicate numai atunci, când nu este fezabilă asigurarea stabilității locale numai cu ajutorul rigidizărilor transversale și al modificărilor în grosimea pereților.

**35.3.8.1** Elementele de rigidizare sudate pe peretele sau pe talpa grinzii de rigidizare, care sunt paralele cu sudurile cap la cap din fabrică sau de instalare ale peretelui sau ale tălpii, este necesar să corespundă SM EN 1993-1-8 capitolul 4 îmbinări sudate.

**35.3.8.2** O sudură cap la cap cu pătrundere totală este definită ca o sudură care asigură pătrunderea și topirea completă a materialelor de bază și de adaus, pe toată grosimea îmbinării. Aripa sau muchia cornierului utilizată ca rigidizator și fixată cu șuruburi pe perete, este necesar să fie îndepărtată la cel puțin  $5t_w$  distanță de sudarea cap la cap a peretelui conform SM EN 1993-1-8.

**35.3.9** Nervurile de rigidizare este necesar fixate cu suduri continue pe două fețe. Acolo unde se intersectează sudurile cap la cap a peretelui, rigidizările și îmbinările care le fixează de perete, nu este necesar să fie întrerupte. Pentru excentritatea sudurilor cap la cap pe o parte, cu pătrundere parțială, a se vedea paragraful 4.12 din SM EN 1993-1-8.

**35.3.10** În tablierele de orice tip, nervurile longitudinale și îmbinările lor este necesar să fie realizate continuu la intersecția nervurilor de rigidizare, iar nervurile transversale (cu excepția nervurilor de rezemare) este necesar să fie întrerupte și fixate la acestea prin suduri de colț conform paragraf 4.3.2 din SM EN 1993-1-8, aceste rosturi din zona de întindere a peretelui este necesar să aibă un raport 1 : 2 al catetelor (cateta cea mai mare este pe nervura longitudinală) și o tranziție lină către metalul de bază.

**35.3.11** Atunci când rigidizările longitudinale sunt întrerupte la îmbinarea transversală cu șuruburi a peretelui, proiectarea zonei nervurii întrerupte este necesar să respecte cerințele SM EN 1993-1-8.

### 35.4 Tabliere precomprimate. Suprastructuri cu tabliere precomprimate

**35.4.1** În cazul grinzilor continue cu înălțime constantă, tiranții este necesar să fie amplasați în zonele de momente pozitive și negative maxime.

**35.4.1.1** Secțiunea transversală a grinzilor precomprimate cu inima plină trebui să fie proiectată asimetric, cu talpa comprimată mai dezvoltată.

**35.4.2** La proiectarea grinzilor precomprimate, este necesar să se prevadă conectarea tirantului la talpă în cel puțin patru puncte de-a lungul grinzii astfel, încât sub sarcină acestea să se deplaseze împreună lateral și independent în sens longitudinal.

**35.4.3** Fixarea nervurilor de rigidizare sau a consolelor care susțin tiranții, este necesar să fie proiectată cu considerarea forțelor de frecare rezultate din întinderea tiranților.

**35.4.4** Capetele tiranților este necesar să fie fixate pe elemente rigide exterioare speciale – opritori (reazeme). Elementele de grindă în locurile în care sunt fixate opritorii este necesar să fie întărite pentru acțiunea sarcinilor concentrate.

**35.4.5** Pentru a asigura stabilitatea elementelor de ferme comprimate, tiranții sunt conectați la bare prin intermediul unor diafragme. Distanța dintre punctele de fixare este necesar să fie luată din condiția de stabilitate a barei de lungime liberă, corespunzătoare lungimii acestor sectoare.

### 35.5 Îmbinări sudate și cu șuruburi, îmbinări cu șuruburi de înaltă rezistență

**35.5.1** Toate îmbinările sudate și cu șuruburi, vor fi proiectate și executate conform SM EN 1993-1-8 și anexele naționale a acestora.

**35.5.1.1** În cazul în care fixarea prin excentricitate este inevitabilă, în structura complet sudată cu secțiuni transversale ale elementelor cu perete simplu, fixarea elementelor este necesar să se realizeze de-a lungul întregului contur al îmbinării.

**35.5.2** Compartimentul grafic "construcții metalice" ale structurilor sudate este necesar să indice:

- a) tipurile, dimensiunile tuturor sudurilor și denumirile sudurilor de asamblare și de fabrică;
- b) metoda de execuție a tuturor sudurilor (sudare automată, semiautomată cu arc submers, manuală etc.) și tipul de garnitură pentru sudurile cap la cap și, dacă este necesar, și succesiunea de aplicare a sudurilor;
- c) zonele de sudură cu penetrare completă a grosimii piesei;
- d) toate zonele structurii care urmează să fie tratate în conformitate cu documentele normative, care reglementează cerințele pentru structurile podurilor metalice.

**35.5.2.1** Pentru ansamblurile și structurile utilizate pentru prima dată, piesele grafice de construcție a podurilor este necesar să indice formele lor cu dimensiuni referitoare la prelucrarea sudurilor și a zonelor de concentrare a tensiunilor, precum și recomandări privind metodele de execuție a acestora.

**35.5.3** Atunci când se utilizează profiluri laminate complexe (profiluri în U, în T și grinzi în I, inclusiv cele cu fețe paralele ale tălpilor) nu este permisă aranjarea prin sudare a îmbinărilor transversale și a atașamentelor la ansambluri (SM EN 10365).

**35.5.3.1** În structurile podurilor rutiere, urbane și pietonale este necesar să se utilizeze sudarea cu rosturi longitudinale continue a grinzilor T și a grinzilor I dintr-o singură bucată (fără îmbinări pe lungime) (inclusiv de numere diferite) între ele și cu placa fixată pe toată lungimea sa cap la cap, sau în T cu peretele profilului, sau cu două îmbinări de colț la marginile tălpii profilului.

**35.5.3.2** În structurile podurilor menționate, este necesar utilizată sudarea guseurilor nodale și guseelor tiranților la peretele profilelor, cu măsuri de reducere a concentrării tensiunilor la capetele guseelor, în conformitate cu SM EN 1993-1-8, și sudarea rigidizatorilor numai la peretele grinzilor I și al grinzilor T.

**35.5.4** Utilizarea niturilor electrice în podurile feroviare nu este permisă, iar în podurile rutiere, urbane și pietonale este permisă numai pentru îmbinările nesolicitate.

**35.5.5** Sudurile de colț sunt, de regulă, utilizate cu contur concav al suprafeței lor și tranziție lină către metalul de bază, respectând cerințele paragrafului 4.5 din SM EN 1993-1-8.

**35.5.5.1** Lungimea efectivă a unei suduri de colț  $l_{eff}$  se consideră egală cu lungimea pe care sudura are o grosime constantă. În acest sens ea poate fi luată egală cu lungimea reală a sudurii, din care se scade de două ori grosimea sudurii  $a$ . Dacă se asigură o grosime constantă pe toată lungimea sudurii, inclusiv începutul și sfârșitul acesteia, nu este necesară reducerea lungimii reale a structurii.

**35.5.5.2** O sudură de colț cu o lungime efectivă mai mică de 30mm sau mai mică de 6 ori grosimea acesteia, nu poate fi considerată sudură de rezistență. Dimensiunile sudurilor de colț este necesar să fie cât mai mici posibil din punct de vedere al rezistenței și al oboselii, luând totodată în considerare cerințele tehnologice specificate.

**35.5.5.3** Sudurile longitudinale de colț de legătură ale elementelor în formă de cheson, profil în T și în H pentru oțelurile și valorile grosimii laminatului, este necesar să aibă o înălțime a secțiunii de calcul de nu mai puțin de 4 mm, iar sudurile, care fixează rigidizatorii la peretele grinzii, precum și nervurile longitudinale ale plăcii ortotrope la tabla de acoperire nu mai puțin de 3 mm.

**35.5.5.4** Lungimea sudurii unghiulare frontale sau de flanc este necesar să fie de cel puțin 60 mm și de cel puțin șase ori mai mare decât dimensiunea catetei sudurii.

**35.5.6** Construcția cordoanelor de sudură cap la cap este necesar să asigure posibilitatea de a obține o penetrare completă a grosimii proiectate a pieselor care urmează să fie îmbinate și tranziții line către metalul de bază.

**35.5.7** Atunci când îmbinarea este situată transversal față de efortul din elementul structural, grosimea îmbinării cap la cap nu este necesar să fie mai mică decât grosimea plăcilor care urmează să fie sudate.

**35.5.8** În cazul grinzilor sudate și al elementelor compuse ale structurilor, ale căror secțiuni transversale sunt formate prin sudări de legătură, nu este necesară penetrarea completă a sudărilor în T și a sudărilor de colț, dacă părțile sudate sunt întrerupte într-o singură secțiune transversală. În cazul în care există o ruptură în mai mult de o secțiune transversală la o lungime de 100 mm de la ruptură, este necesar asigurată penetrarea completă a îmbinării în T sau a îmbinării de colț a părților care urmează să fie sudate.

**35.5.8.1** În cazul îmbinărilor solicitate la rupere/desprindere, penetrarea completă este obligatorie. Nu este permisă utilizarea ansamblurilor solicitate la ruperea părților pachetului, formate cu suduri în unghi suprapus.

**35.5.8.2** La îmbinările de colț ale elementelor ermetice închise compuse, formate prin îmbinări de colț unilaterale, adâncimea de pătrundere a stratului de sudură nu este necesar să fie mai mică de 4 mm pentru grosimea plăcii mai subțiri de până la 16 mm și nu mai mică de 5 mm pentru grosimea plăcii mai subțiri de peste 16 mm.

**35.5.8.3** Utilizarea sudurilor întrerupte nu este permisă pentru îmbinarea pieselor individuale și fixarea elementelor structurale.

**35.5.9** În structurile cu îmbinări prin frecare este necesar să fie asigurată instalarea liberă a șuruburilor de înaltă rezistență, strângerea compactă a pachetului cu șuruburi și strângerea piulițelor folosind chei dinamometrice și șurubelnițe mecanice.

**35.5.10** La îmbinările profilurilor laminate cu suprafețele tălpilor neparalele este necesar utilizate șaibele cu pene.

**35.5.11** Diametrul nominal al orificiilor pentru șuruburile de înaltă rezistență din îmbinările prin frecare este necesar să fie luat în conformitate cu tabelul 35.5.

**Tabelul 35.5 - Diametrul nominal al orificiilor pentru șuruburi**

| Grup de îmbinări                                                                                                                                                                           | Diametrul nominal al orificiilor din<br>îmbinările prin frecare la diametrul nominal<br>al șuruburilor, mm |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|                                                                                                                                                                                            | 18                                                                                                         | 22 | 24 | 27 |
| Îmbinări și fixări ale principalelor elemente portante și legături, care definesc poziția de proiectare a structurilor                                                                     | 21                                                                                                         | 25 | 28 | 30 |
| Fixări: legături care nu determină poziția de proiectare a structurilor; eclise de îmbinare ale grinzilor longitudinale; legături de frânare și diafragme orizontale ale părții carosabile | 23                                                                                                         | 28 | 30 | 33 |

**35.5.12** Îmbinările este necesar proiectate cu un aranjament cât mai compact posibil cu șuruburi de înaltă rezistență și obișnuite, în conformitate cu valorile normative din tabelul 35.6, în corespundere cu paragrafele 3.3 și la 3.13.2 din SM EN 1993-1-8.

**Tabelul 35.6 Distanțe minime și maxime între găuri și distanțe de la centrul găurii până la marginea piesei pe direcția efortului și perpendicular pe direcția efortului**

| Distanțe conform figurii 36.1                                                                   | Minime                 | Maxime <sup>1)2)3)</sup>                                                         |                                                                                  |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                                                                 |                        | Structuri executate din oțeluri conform EN 10025, cu excepția oțeluri EN 10025-5 |                                                                                  | Structuri executate din oțeluri conform EN 10025-5 |
|                                                                                                 |                        | Oțeluri care sunt supuse condițiilor atmosferice sau a altor factori corosivi    | Oțeluri care nu sunt supuse condițiilor atmosferice sau a altor factori corosivi | Oțel neprotejat                                    |
| Distanța de la centrul găurii până la marginea piesei pe direcția efortului $e_1$               | $1,2d_0$               | $4t+40$ mm                                                                       |                                                                                  | Cea mai mare valoare dintre $8t$ sau 125 mm        |
| Distanța de la centrul găurii până la marginea piesei perpendicular pe direcția efortului $e_2$ | $1,2d_0$               | $4t+40$ mm                                                                       |                                                                                  | Cea mai mare valoare dintre $8t$ sau 125 mm        |
| Distanța $e_3$ în găuri ovalizate                                                               | $1,5d_0$ <sup>4)</sup> |                                                                                  |                                                                                  |                                                    |
| Distanța $e_4$ în găuri ovalizate                                                               | $1,5d_0$ <sup>4)</sup> |                                                                                  |                                                                                  |                                                    |
| Distanța între găuri $p_1$                                                                      | $2,2d_0$               | Cea mai mică valoare dintre $14t$ sau 200 mm                                     | Cea mai mică valoare dintre $14t$ sau 200 mm                                     | Cea mai mică valoare dintre $14t_{min}$ sau 175 mm |
| Distanța între găuri $p_{1,0}$                                                                  |                        | Cea mai mică valoare dintre $14t$ sau 200 mm                                     |                                                                                  |                                                    |
| Distanța între găuri $p_{1,i}$                                                                  |                        | Cea mai mică valoare dintre $18t$ sau 400 mm                                     |                                                                                  |                                                    |
| Distanța între găuri $p_2$ <sup>5)</sup>                                                        | $2,4d_0$               | Cea mai mică valoare dintre $14t$ sau 200 mm                                     | Cea mai mică valoare dintre $14t$ sau 200 mm                                     | Cea mai mică valoare dintre $14t_{min}$ sau 175 mm |

<sup>1)</sup> Valorile maxime ale distanțelor dintre dispozitivele de fixare, precum și ale distanțelor de la dispozitivele de fixare la marginea pieselor pe direcția sau perpendicular pe direcția de transmitere a eforturilor nu se limitează, cu excepția următoarelor cazuri:  
- la elementele comprimate, pentru a evita valoarea și a preveni coroziunea elementelor expuse;  
- la elementele întinse pentru a preveni coroziunea.

<sup>2)</sup> Rezistența la valoare a plăcilor comprimate între dispozitivele de prindere se calculează conform SM EN 19931-1-1 folosind o lungime de valoare de  $0,6 p_1$ . Nu este necesară verificarea voalării între dispozitivele de fixare dacă  $p_1/t$  este mai mică de 9. Distanța până la marginea piesei nu este necesar să depășească condițiile de prevenire a voalării impuse elementelor comprimate în consolă, a se vedea SM EN 1993-1-1. Distanța până la marginea piesei nu este influențată de această condiție.

<sup>3)</sup>  $t$  este grosimea cea mai mică a elementelor exterioare îmbinate.

<sup>4)</sup> Limitele dimensiunilor găurilor ovalizate sunt prezentate la 1.2.7 standarde de referință: Grupa7.

<sup>5)</sup> Pentru rânduri de dispozitive de fixare decalate se poate folosi distanța minimă între rânduri de  $p_2=1,2d_0$ , cu condiția că lungimea  $L$  minimă între două dispozitive de fixare să fie egală sau mai mare de  $2,4d_0$ , se vedea fig.36.1 b).

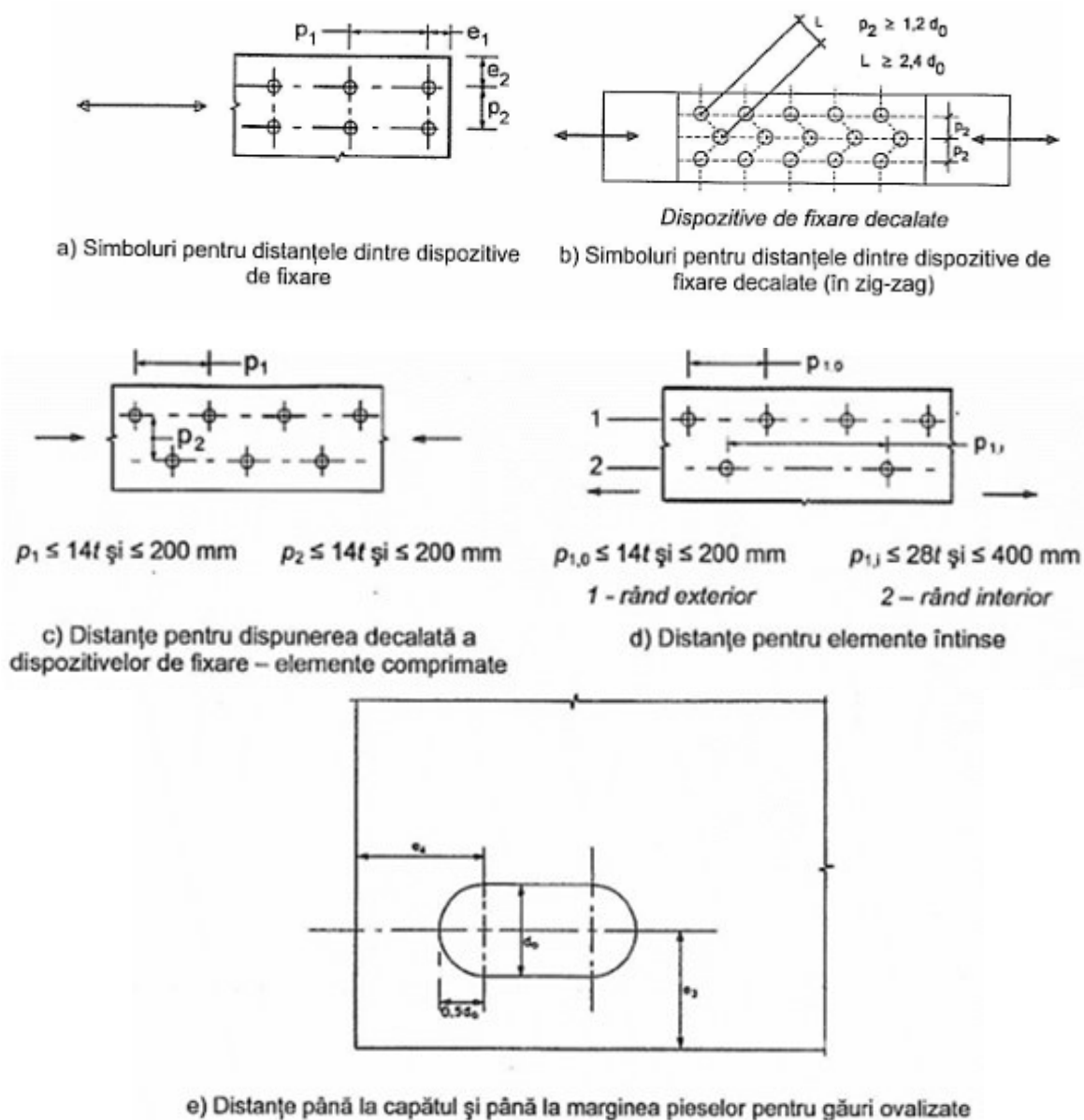


**Figura 35.1 - Simboluri pentru distanțe la capătul și marginea pieselor, și distanțe între dispozitive de fixare**

**35.5.13** Numărul de șuruburi de înaltă rezistență nu este necesar să fie mai mic de două:

- a) în elementele de fixare a fermelor principale și a părții carosabile;
- b) în fiecare rând longitudinal de contravântuiri sau eclise de îmbinare (numărând de la axa îmbinării).

**35.5.13.1** Numărul de șuruburi în rândul longitudinal al fixării barei pe șuruburi simple nu este necesar să fie mai mic de: la un rând - trei; la două rânduri și mai mult - două; în talpa proeminentă al scurtăturii de cornier - cinci.

**35.5.13.2** La îmbinările și fixările elementelor întinse și comprimate-întinse numărul de șuruburi din primele două rânduri transversale (numărând din secțiunea transversală a elementului sau a eclisei cu efortul plin) este necesar să fie luat același. Numărul de șuruburi din rândurile următoare este necesar să crească treptat. La îmbinările și fixările cornierelor cu o dispunere a șuruburilor pe două rânduri, primul șurub ar trebui să fie amplasat la muchie.

**35.5.13.3** Numărul rândurilor de șuruburi în direcția efortului este necesar redus la minimum. În îmbinările longitudinale și transversale ale pereților grinzilor, șuruburile este necesar să fie amplasate într-un singur rând pe fiecare parte a îmbinării.

**35.5.14** Diametrul șuruburilor plasate în cornierele elementelor principale este necesar să constituie nu mai mult de 1/4 din lățimea aripii cornierului.

**35.5.14.1** În elementele de legătură, rigidizări, diafragme etc., se vor instala șuruburi cu diametrul de minim 22 mm în aripa cornierului cu lățimea de 80 mm și cu diametrul de minim 24 mm în aripa cornierului cu lățimea de 90 mm.

**35.5.14.2** În îmbinările de frecare cu un număr mare de șuruburi de înaltă rezistență, diametrul acestora este necesar să fie cât mai mare posibil.

**35.5.14.3** În cazul șuruburilor de grupele 8.8 sau 8.9, este necesar utilizate șaibe călite pentru îmbinările cu un singur plan de forfecare și un singur șurub sau un singur rând de șuruburi.

**35.5.15** Lungimea totală a șuruburilor de înaltă rezistență se determină din condiția în care partea superioară a piuliței după strângere se află sub marginea șanfrenului șurubului.

**35.5.16** Îmbinările peretelui vertical al grinzii la îmbinările cu șuruburi, este necesar să fie suprapuse cu eclise pe întreaga înălțime. Eclisele de îmbinare ale cornierelor de tălpi vor fi utilizate sub formă de table plate.

**35.5.17** Suprafața direct atașată a elementelor principale ale fermei trecătoare în noduri și îmbinări nu este necesar să fie mai mică de 50 % din suprafața totală de lucru a elementului. În cazul suprapunerii indirecte a suprafeței secțiunii transversale, excentricitatea în fixările ecliselor este necesar redusă iar lungimea lor este necesar mărită.

## 35.6 Detalii suplimentare pentru structuri metalice

**35.6.1** Grupuri de dispozitive fixate. Forța capabilă a grupurilor de dispozitive de fixare (șuruburi, nituri, etc.) poate fi determinată și ca suma forțelor capabile la presiune fără gaură  $F_{b,Rb}$  a dispozitivelor de fixare individuale, dacă forța forța capabilă la forfecare  $F_{v,Rv}$  a unui dispozitiv de fixare individual este mai mare sau egală cu forța capabilă la presiune pe gaură  $F_{v,Rv}$ . În caz contrar, capabilă a unui grup de dispozitive de fixare este necesar luată egală cu numărul de dispozitive de fixare înmulțită cu cea mai mică forță capabilă a dispozitivelor de fixare în grup.

**35.6.2** Cornierele de legătură pentru rigidizarea structurilor și dispozitivele de prindere a acestora este necesar proiectate și executate conform paragraful 3.10.4 din SM EN 1993-1-8, se vor calcula pentru a prelua o forță de 1,2 ori mai mare decât forța din aripa elementului care nu este prinsă direct de guseu.

**35.6.3** Îmbinările de capăt T, se vor proiecta și executa conform paragrafului 4.7.3 din SM EN 1993-1-8, care vor consta dintr-o pereche de suduri cap la cap bilaterale, cu pătrundere parțială, completate de suduri de colț suprapuse, poate fi determinată ca o sudură cap la cap cu pătrundere completă (a se vedea p.4.7.1 SM EN 1993-1-8), dacă grosimea nominală totală a ariei de sudură, exclusiv porțiunea nesudată, nu este mai mică decât grosimea  $t$  a inimei ansamblului de îmbinări în T, cu condiția ca porțiunea nesudată să nu fie mai mare decât  $t/5$  sau 3mm, a se vedea pfig.4.6 din SM EN 1993-1-8.

**35.6.4** Structura nu este necesar să aibă în contact părți neconectate (cu excepția îmbinării rigidizărilor cu tălpile grinzii), precum și fisuri, goluri, cavități și jgheaburi. În locurile în care se poate acumula umezeală, este necesar amenajate orificii de drenaj cu un diametru de cel puțin 50 mm.

**35.6.4.1** Cablurile de oțel, toroanele și mănunchiurile de sârmă de înaltă rezistență, ancorele, îmbinările și joncțiunile acestora este necesar protejate în mod fiabil împotriva coroziunii.

**35.6.5** În elementele întinse cu secțiune transversală simetrică, echipate cu găuri pentru conectarea lor cu șuruburi-articulații nodale, aria netă a tăieturii care trece prin orificiul șurubului este necesar să fie de cel puțin 140%, aria netă a tăieturii de la capătul elementului până la orificiul șurubului este necesar să fie cel puțin 100% din secțiunea de calcul a elementului.

**35.6.6** Ramurile elementelor compuse solicitate la compresiune, realizate cu îmbinări cu șuruburi, precum și elementele sudate solicitate la încovoiere cu forță axială (comprimat-îndoite), este necesar prevăzute cu rigidizări (diafragme) transversale în punctele de aplicare a forțelor concentrate. Diafragmele transversale transferă forța direct de la o talpă la cealaltă, protejând inima subțire. În cazul elementelor sudate "comprimat-îndoite", riscul de instabilitate este mai mare din cauza prezenței simultane a momentului încovoietor și a forței axiale.

**35.6.6.1** Conform SM EN 1993-1-5, verificarea la forțe concentrate în absența rigidizărilor se face pe baza rezistenței locale a inimii. Dacă această rezistență este depășită, rigidizarea transversală este necesar dimensionată să preia întreaga componentă a forței care nu poate fi suportată de inimă.

**35.6.7** În elementele de ferme sudate în formă de cheson și în formă de **H**, se recomandă ca diafragmele să fie sudate sau înșurubate numai pe plăci verticale cu un spațiu între diafragme și plăcile orizontale de cel puțin 50 mm.

**35.6.8** Nu este permisă sudarea directă a pieselor auxiliare (console, elemente de balustrade și trotuare, semne de circulație și semne de navigație etc.) pe elementele grinzilor principale și grinzilor părții carosabile, precum și la elementele grinzilor principale cu zăbrele. Aceste piese pot fi sudate numai la rigidizări transversale.

**35.6.8.1** Distanțierile și diagonalele contravântuirilor longitudinale și distanțierile legăturilor transversale nu pot fi sudate direct pe tălpile grinzilor de tabliere ale podurilor de orice destinație. În tablierele de cale ferată, de asemenea, nu este permisă sudarea elementelor de contravântuire longitudinale și transversale la rigidizări și gușeuri de contravântuire, iar a garniturilor - la elementele principale.

**35.6.9** Pentru a asigura tranziții line (cu o rază de cel puțin 15 mm) de la metalul depus prin sudare la metalul de bază în cazul îmbinărilor transversale ale elementelor de tablier solicitate la întindere în etapa de exploatare, este necesară prelucrarea mecanică a acestora. Această cerință se aplică porțiunilor marginale ale sudurilor cap la cap transversale ale inimii grinzii, pe o lungime de 40% din înălțimea zonei întinse, dar nu mai puțin de 200 mm, măsurați de la fața tălpii întinse către axa neutră.

**35.6.10** Pentru tablierele podurilor rutiere, urbane și pietonale, atunci când se atașează gusee orizontale ale contravântuirilor longitudinale nemijlocit cap la cap la tălpile grinzilor cu inima plină, este necesar să se asigure pătrunderea completă a întregii grosimi a guseului și posibilitatea de a testa rostul prin metoda nedistructivă.

**35.6.10.1** Pentru a obține tranziții netede către talpă (cu o rază de cel puțin 60 mm), este, de asemenea, necesar să se prevadă srafe (vezi p.3.23) la capetele guseului și prelucrarea lor împreună cu capetele rosturilor.

**35.6.11** Pentru tablierele podurilor rutiere, urbane și pietonale cu sisteme transversale și semicontravântuite de contravântuiri longitudinale, amplasate la o decalare de nivel față de tălpi, pentru gușeurile sudate pe peretele îmbinărilor în T, este necesar să se ia măsuri pentru a reduce concentrația de tensiuni specificată la p.4.7.3 din SM EN 1993-1-8. Totodată, pentru a asigura stabilitatea și a elimina vibrațiile tălpii în raport cu peretele, este necesar prevăzute rigidizări transversale pe peretele grinzii în planul fiecărui nod de legătură.

**35.6.11.1** În cazul în care gusele menționate mai sus se intersectează cu rigidizările transversale, guseele și rosturile lor este necesar să fie continue, sudarea elementelor de rigidizare transversală la guseu este necesar să se realizeze prin suduri în unghi cu raportul catetelor 1:2 (cateta cea mai mare - pe guseu) și tranziție lină la metalul principal al guseului.

**35.6.12** În cazul tablierelor de poduri rutiere, urbane și pietonale complet sudate, elementele de legătură, racordate prin suprapunere la gusee, este necesar fixate cu două suduri de flanc și două suduri frontale în conformitate cu cap.4 SM EN 1993-1-8, elementele de legătură formate din corniere pereche, amplasate simetric față de gușeu, pot fi fixate cu două suduri de flanc și una frontală (de capăt).

**35.6.12.1** Distanța dintre rosturile elementelor de legătură și rosturile elementelor de fixare a guseului la peretele grinzii, precum și la rigidizările transversale nu este necesar să fie mai mică de 60 mm.

**35.6.13** În cazul în care diafragmele verticale, rigidizările și gușeurile sunt sudate la talpa întinsă în travee îmbinările transversale, care fixează elementele menționate este necesar să fie proiectate cu raportul catetelor 1:2 (cateta mai mare - pe talpă) și tranziție lină la metalul de bază.

**35.6.14** Cornierele contra alunecării este necesar să fie sudate la talpa superioară a grinzilor sudate prin suduri longitudinale și transversale de colț. Totodată, pentru sudurile transversale este necesar să se prevadă măsuri de reducere a concentrării tensiunilor, astfel cum se specifică la cap.4 SM EN 1993-1-8, precum și prelucrare mecanică pentru a obține tranziții line (rază nu mai mică de 5 mm) la metalul de bază.

**35.6.15** În proiectarea elementelor care modifică direcția cablurilor din oțel (deflectoare, șei de pilon etc.) sau a toroanelor (dispozitive de ancorare), precum și a pieselor de strângere (cleme de strângere, cleme de suspensie), se vor utiliza jgheaburi cu secțiune curbă, rotunjite la capete în zonele de ieșire a cablului. De asemenea, se vor folosi plăci de presiune cu lungime redusă față de bază și garnituri din aluminiu sau din alt material moale. Pentru a evita coroziunea galvanică (electrochimică), cablurile și componentele din oțel aflate în contact cu aluminiul este necesar protejate prin zincare sau cadmiere (unde este permis), cu un strat de cel puțin 20  $\mu\text{m}$  grosime.

### 35.7 Proiectarea platbandelor și plăcilor/tablelor perforate

**35.7.1** Proiectarea platbandelor și a tablelor perforate în contextul podurilor metalice este reglementată în principal de SM EN 1993-1-1 (Reguli generale) și SM EN 1993-2 (Poduri de oțel), cu completări din SM EN 1993-1-8 pentru zonele de îmbinare. În cazul podurilor, aceste elemente sunt adesea supuse unor cicluri severe de oboseală și unor stări de tensiune complexe.

**35.7.1.1** Pentru platbandele solicitate la tracțiune, principala provocare o reprezintă prezența găurilor pentru șuruburi (perforații), care reduc aria utilă și introduc concentratori de tensiune.

**35.7.2** În elementele principale sudate în formă de cheson și **H** ale podurilor de cale ferată este necesar utilizate numai plăcile orizontale pline sau perforate. Plăcile de conectare sunt permise numai în elementele de legătură ale podurilor de cale ferată și în acele elemente ale podurilor rutiere, urbane și pietonale, pentru care, în calculele la oboseală, conectarea plăcilor la părțile principale ale secțiunii transversale este posibilă fără a lua măsuri speciale de reducere a concentrațiilor de tensiune.

**35.7.3** Lungimea plăcuțelor de legătură intermediare,  $l_s$ , nu este necesar să fie mai mică de  $0,75 \cdot \alpha$  (unde:  $\alpha$  -este distanța dintre axele rândurilor de șuruburi sau sudurile de fixare). Plăcuțele de capăt în cazul elementelor solicitate la compresiune sau compresiune-întindere este necesar să aibă o lungime de cel puțin 1,7 ori mai mare decât cea a plăcuțelor intermediare, iar în cazul elementelor solicitate exclusiv la întindere de 1,3 ori mai mare. Plăcuțele de capăt este necesar instalate cât mai aproape de nodul de ansamblu. În cazul elementelor sudate de tip cheson sau cu secțiune în **H**, perforațiile pot fi prelungite până la extremitatea elementului.

**35.7.4** Numărul de șuruburi pentru fixarea unei părți a plăcii nu este necesar să fie mai mic de:

- a) patru, pentru elementele care funcționează numai sub sarcină temporară;
- b) trei, la fel pentru elementele care funcționează sub sarcină permanentă;
- c) două pentru elementele care nu sunt solicitate.

### 35.8 Specificul structurilor de tabliere cu șuruburi și sudate

**35.8.1** În cazul tablierelor sudate și cu șuruburi, este necesar utilizate compensatoare cap la cap și suprapuse de reducere a secțiunii transversale a elementului prin găuri de șuruburi conform SM EN 1993-1-8.

**35.8.2** La capetele ecliselor (plăcilor de îmbinare) cap la cap, utilizate pentru reducerea secțiunii, este necesar asigurată țesirea și prelucrarea mecanică a marginilor în conformitate cu SR EN 1993-1-8. În cazul ecliselor de acoperire suprapuse, este necesar prevăzută o țesire pe toată lățimea cu o pantă de maximum 1:1 (pentru grosime). Pentru sudurile oblice (la îmbinări în „V” sau în „Z”), raportul laturilor (catetelor) la capătul plăcii este necesar să fie de cel puțin 1:2 (în plan orizontal).

**35.8.3** Pentru a asigura o tranziție lină (cu o rază de racordare de cel puțin 5 mm) de la cordonul de sudură la metalul de bază, este necesară prelucrarea prin polizare a sudurilor frontale (transversale) de la capetele plăcii de consolidare (eclisei). Sudurile frontale și cele longitudinale, până în dreptul primului rând de orificii, este necesar să fie executate cu pătrundere completă pe toată suprafața de contact a plăcii. Lățimea plăcii de consolidare din oțel nu este necesar să depășească de 44, 38 sau, respectiv, 36 de ori grosimea acesteia, în funcție de clasa de rezistență a oțelului utilizat.

**35.8.3.1** Dacă lățimea necesară este mai mare, este necesar utilizate două rosturi compensatoare separate, iar distanța dintre rosturile acestora este necesar să fie de cel puțin 60 mm. Distanța de la centrul șurubului la marginea compensatorului este necesar să fie de cel puțin două ori mai mare decât diametrul orificiului șurubului.

**35.8.4** Pentru grinzile cu zăbrele sudate și cu șuruburi ale tablierelor de poduri rutiere, urbane și pietonale cu realizare convențională, este necesar utilizate inserții de gușeuri nodale și extensii de gușeu conectate la tălpi prin sudare.

**35.8.4.1** Inserțiile nodale de guseuri și extensiile de guseuri este necesar să aibă tranziții line (cu o rază de cel puțin 250 mm) către talpă. Distanța de la îmbinarea dintre talpă și inserția de gușeu până la începutul scafei din aceasta este necesar să fie de cel puțin 70 mm.

**35.8.4.2** Pentru îmbinările cap la cap ale gușeurilor de inserție ale tălpii întinse și celei comprimate-întinse este necesar prevăzută prelucrarea mecanică în conformitate cu cerințele de la SM EN 1993-1-8.

**35.8.4.3** Pentru gușeurile de fixare este necesar să se prevadă penetrarea completă a întregii grosimi și posibilitatea de testare nedistructivă a sudurii, precum și prelucrarea mecanică a capetelor gușeurilor.

**35.8.5** Lungimea plăcilor a tălpilor de grinzi longitudinale și transversale este necesar să fie mai mică decât lungimea peretelui, cu condiția ca la colțurile peretelui să fie realizate decupaje dreptunghiulare rotunjite (cu raza de 15 mm), a căror margine verticală să coincidă cu capătul grinzilor care urmează să fie întrerupte.

**35.8.6** Astfel de decupări este necesar să aibă de asemenea gușeurile, sudate la talpa superioară a grinzii transversale pentru a i se mări înălțimea peretelui în zona de fixare la grinzile principale. Proiectarea interfeței dintre capătul fasciei și coarda grinzii este necesar să îndeplinească cerințele SM EN 1993-1-8.

**35.8.6.1** În cazul în care este necesară întreruperea tălpii unei grinzi cu secțiune în I, fără a practica decupajul menționat anterior în inimă, este necesar prevăzute următoarele măsuri: talpa este necesar teșită progresiv până la o grosime de 6 mm (cu o pantă de maximum 1:8) și în lățime până la 32 mm (cu o pantă de 1:4). Sudura de fixare pe inima grinzii, pe toată lungimea porțiunii teșite, este necesar să fie cu pătrundere completă. De asemenea, capătul tălpii este necesar prelucrat prin polizare pentru a asigura o tranziție lină către inimă, cu o rază de racordare de cel puțin 60 mm în ambele planuri.

## 35.9 Structura plăcii ortotrope a părții carosabile

**35.9.1** Proiectarea unei plăci ortotrope reprezintă una dintre cele mai complexe sarcini în ingineria podurilor (a se vedea tab.36.9), fiind reglementată principal de SM EN 1993-2 (Poduri de oțel), cu referințe critice la SM EN 1993-1-5 (Plăci solicitate în planul lor). O placă ortotropă este un sistem constructiv format dintr-o tablă de platelaj ranforsată pe o direcție cu rigidizări longitudinale (nervuri) și pe cealaltă direcție cu antretoaze (grinzi transversale).

**35.9.2** Placa ortotropă îndeplinește un rol dublu:

- Rol local, suportă direct sarcinile din trafic (roțile vehiculelor) și le transmite către nervuri și antretoaze.
- Rol global, acționează ca talpă superioară pentru grinzile principale ale podului, participând la încovoierea generală a structurii.

**35.9.3** Grosimea tablei de platelaj ( $t$ ) este critică pentru prevenirea oboselii și limitarea deformațiilor locale.

- a) Cerință minimă, conform SR EN 1993-2, grosimea tablei de platelaj nu este necesar să fie mai mică de 12 mm (de cele mai multe ori se folosesc 14-16 mm pentru a reduce eforturile în stratul de uzură);
- b) Verificarea la încovoiere locală, se analizează placa între nervuri ca o placă continuă supusă presiunii amprentei roții.

**Tabelul 35.9 - Parametrii de proiectare a plăcii ortotrope**

| Element           | Verificare principală                 | Standard de referință          |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Tablă de platelaj | Grosime minimă, încovoiere locală     | SM EN 1993-2                   |
| Nervuri           | Stabilitate (valoare), oboseală       | SM EN 1993-1-5, SM EN 1993-1-9 |
| Antretoaze        | Rezistența la forfecare și încovoiere | SM EN 1993-1-1                 |
| Ansamblu          | Conlucrare cu grinda principală       | SM EN 1993-2                   |

**35.9.4** Pentru podurile rutiere, urbane și pietonale, structura plăcii ortotrope este necesar să fie proiectată ca o structură cu un singur nivel, constând dintr-o placă de planșeu, consolidată cu nervuri longitudinale și transversale, ai căror pereți verticali sunt sudați la placa de planșeu prin îmbinări de colț cu două fețe. Blocurile de montare ale plăcii ortotrope este necesar să fie orientate cu partea lungă de-a lungul axei podului.

**35.9.5** Grosimea plăcii de planșeu la podurile rutiere și urbane  $t_{min}$  este necesar de adoptat nu mai mică de 14 mm, iar distanța dintre nervurile longitudinale nu este necesar să fie mai mică de 300 mm.

**35.9.6** În cazul podurilor rutiere, urbane și pietonale, îmbinările de montare ale plăcii superioare a planșeului ortotrop este necesar proiectate sudate.

**35.9.6.1** La plăcile ortotrope inferioare este permisă utilizarea îmbinărilor sudate longitudinale de montaj ale plăcii orizontale cu umplerea incompletă a rostului, dacă acest lucru este justificat prin calcul. Nu este permisă conectarea plăcilor planșeului ale dalelor ortotrope ale părții carosabile la tălpile grinzilor principale sau ale fermei prin suduri de suprapunere.

**35.9.7** La plăcile ortotrope este necesar utilizate nervuri longitudinale cu secțiuni deschise din platbenzi, grinzi T laminate, corniere cu laturi inegale și grinzi T sudate, iar pentru podurile de cale ferată, de regulă, grinzi T sudate.

**35.9.8** Îmbinările de montaj ale nervurilor longitudinale ale plăcilor ortotrope superioare este necesar să fie situate la 1/3 din deschidere, între nervurile transversale, și este necesar prevăzute, de regulă, ca îmbinări prin frecare cu orificii realizate în fabrică.

**35.9.8.1** Îmbinările nervurilor longitudinale ale plăcilor ortotrope inferioare în cazul podurilor rutiere, urbane și pietonale se recomandă a se prevedea sudate.

**35.9.8.2** Nu este permisă utilizarea îmbinărilor de asamblare a plăcilor ortotrope cu inserții de nervuri longitudinale nesudate la tablă planșeului și întreruperea nervurilor în zona îmbinărilor de asamblare a blocurilor tablierului.

**35.9.9** Îmbinările de montare ale peretelui și a tălpii nervurilor transversale cu secțiune în T este necesar prevăzute cu îmbinări de frecare pe șuruburi de înaltă rezistență, cu orificii de diametru complet realizate în fabrică.

**35.9.10** Nervurile longitudinale este necesar să fie continue la intersecția cu inimile grinzilor transversale (antretoaze). La podurile rutiere, urbane și pietonale, nervurile longitudinale este necesar să treacă prin decupaje practicate în inimile grinzilor transversale și să fie sudate în fabrică cu suduri de colț pe conturul decupajului sau pe placa de reazem. Nu este permisă întreruperea nervurilor longitudinale și sudarea capetelor acestora de fețele inimilor grinzilor transversale.

**35.9.11** Fixarea nervurilor transversale ale plăcii ortotrope superioare la nervurile de rigidizare sau gusee speciale ale grinzilor principale este necesar să fie, în general realizată prin frecare cu șuruburi de înaltă rezistență.

**36.9.12** În proiect este necesar să se specifice tipul de acoperire anticorozivă a plăcii de planșeu și tipul de îmbrăcăminte a platformei rutiere pe placă ortotropă din oțel.

**35.9.13** Plăcile ortotrope cu două etaje (nivele) pot fi utilizate la tablierele de cale ferată, având nervurile longitudinale fixate pe talpa superioară a antretoazelor cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate (îmbinări de tip *s/p* sau *gv* vezi SM EN 1993-1-8). În cazul în care tabla platelajului este conectată direct de inimile grinzilor, este permisă fixarea nervurilor longitudinale de tălpile antretoazelor prin intermediul unor dispozitive de prindere mecanice (cleme), cu condiția asigurării stabilității la vibrații și oboseală.

## **35.10 Proiectarea aparatelor de reazem pentru structuri metalice**

**35.10.1** Proiectarea aparatelor de reazem pentru structurile metalice (în special pentru poduri) este reglementată de seria de standarde SM EN 1337, care definește cerințele pentru materiale, proiectare și fabricare, în timp ce regulile de calcul structural se regăsesc în SM EN 1993-2.

**35.10.2** Aparatele de reazem sunt componente critice care este necesar să asigure transmiterea forțelor (verticale și orizontale) de la suprastructură la infrastructură, permițând în același timp rotațiile și deplasările prevăzute în proiect.

**35.10.3** Tipurile de aparat de reazem principale (fixe și mobile), proiectate și determinate de proiectant în proiectele de poduri vor fi reglementate de următoarele norme:

- aparate de reazem din elastomer SM EN 1337-3;
- aparate de reazem tip oală SM EN 1337-5;
- aparate de reazem sferice și cilindrice SM EN 1337-7

**35.10.4** Suprastructurile din grinzi cu o deschidere mai mare de 25 m este necesar să aibă aparate de reazem mobile de tip rulouri articulate sau sectoare.

**35.10.4.1** Este permisă utilizarea aparatelor de reazem în care se utilizează materiale polimerice.

**35.10.5** Atunci când distanța dintre centrele aparatelor de reazem, situate pe aceeași pilă (culee), este mai mare de 15 m, mobilitatea transversală a unuia dintre aparatele de reazem este necesar să fie asigurată prin intermediul unor reazeme dublu mobile sau prin alte mijloace.

**35.10.5.1** La podurile de cale ferată, balansierele inferioare ale aparatelor de reazem fixe și plăcile aparatelor de reazem mobile este necesar fixate de piloni cu șuruburi de ancorare. Capetele tablierelor este necesar să fie ancorate la pile/culee cu șuruburi de ancorare conform calculului.

**35.10.6** Structura aparatelor de reazem este necesar să asigure distribuirea sarcinii pe întreaga suprafață de rezemare a nodului tablierului și rezemarea pe pilă/culee.

**35.10.7** Aparatele de reazem de tip pendul (balansier), cu rulouri sau sectoare, se recomandă a fi realizate din piese turnate, prevăzute cu articulații cu contact liber. Este permisă utilizarea aparatelor de reazem mobile cu un singur rulou, fabricate din oțel de înaltă rezistență, precum și utilizarea rulourilor și a plăcilor de reazem cu suprafețe durificate (prin placare sau tratamente termice) pentru a rezista la presiunile de contact ridicate.

**35.10.8** Aparatele de reazem mobile nu este necesar să aibă mai mult de patru rulouri. Acestea este necesar conectate prin eclise (legături) laterale care să asigure deplasarea lor simultană, fără a împiedica rularea sau procesul de curățare. Rulourile este necesar prevăzute cu dispozitive de ghidare împotriva deplasării transversale și a derapajului (fugii) longitudinale, fiind totodată protejate de carcase (capace de protecție). În cazul utilizării rulourilor cu fețe plane (sectoare de rulou), este necesar exclusă prin proiectare posibilitatea răsturnării sau blocării acestora la atingerea limitelor de cursă.

## **36 Structuri mixte oțel - beton armat**

### **36.1 Dispoziții generale**

**36.1.1** Proiectarea și execuția podurilor cu suprastructuri mixte oțel-beton se va face în conformitate cu cerințele SM EN 1994-2 care conține reguli generale din SM EN 1994-1-1 și reguli specifice pentru proiectarea podurilor compozite din oțel și beton, anexele naționale, unde se descriu principiile și cerințele pentru siguranța, exploatarea și durabilitatea structurilor compozite din oțel-beton. Se bazează pe conceptul de stare limită folosit împreună cu metoda coeficientului parțial.

**36.1.1.1** La proiectare și calcul structurilor compozite din oțel și beton conform SM EN 1994-2 urmează să fie folosit împreună cu SM EN 1990, părți relevante din SM EN 1991, SM EN 1993 pentru proiectarea structurilor metalice și SM EN 1992 pentru proiectarea structurilor din beton.

**36.1.2** Proprietățile materialului și a produselor pentru construcțiile compozite sunt precizate de regulă în SM EN 1992 și SM EN 1993, la dornurile de legătură se referă în mod special SM EN 13918.

**36.1.3** Proiectarea podurilor cu structuri compozite este necesar să fie în conformitate cu regulile generale prezentate în SM EN 1990.

**36.1.4** Pentru structurile compozite este necesar să se aplice, de asemenea, prevederile suplimentare precizate în SM EN 1990-2.

**36.1.5** Cerințele de bază din secțiunea 2 a SM EN 1990 se consideră realizate dacă sunt îndeplinite condițiile următoare:

- se efectuează un calcul la stări limită, cu metodologia coeficienților parțiali, în conformitate cu SM EN 1990;
- acțiunile sunt în conformitate cu SM EN 1991, respectiv și SM EN 1991-2;
- grupările de acțiuni sunt în conformitate cu SM EN 1990;
- rezistența, durabilitatea și exploatarea sunt în conformitate cu SM EN 1994-2.

## 36.2 Proprietățile materialelor și produselor

**36.2.1** Betonul. Dacă nu se menționează astfel în SM EN 1994, acțiunile cauzate de comportarea dependentă de timp a betonului se iau în conformitate cu SM EN 1992-1-1, p.3.1 pentru betonul normal și din SM EN 1992-1-1 p.11.3 pentru betonul ușor.

**36.2.2** Proprietățile betonului se obțin din standardul SM EN 1992-1-1. Această normă pentru structuri compozite se limitează doar la beton cu rezistența C20/25 (LC20/22) până la C60/75 (LC60/66), în afara acestui cadru, valorile și procedurile la acest moment se verifică. Rezistențele betonului sunt indicate în tabelul 36.1, iar modulul de elasticitate în tabelul 36.2.

**Tabelul 36.1 - Clasele de rezistență a betonului, rezistențele caracteristice la compresiune (cilindrice) și rezistențele caracteristice la tracțiune  $f_{ct}$  [ $N/mm^2$ ]**

| Clasa betonului  | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/45 | C45/55 | C50/60 | C55/67 | C60/75 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $f_{ck}$         | 20     | 25     | 30     | 35     | 40     | 45     | 50     | 55     | 60     |
| $f_{ctm}$        | 2,2    | 2,6    | 2,9    | 3,2    | 3,5    | 3,8    | 4,1    | 4,2    | 4,4    |
| $f_{ctk}^{0,05}$ | 1,5    | 1,8    | 2,0    | 2,2    | 2,5    | 2,7    | 2,9    | 3,0    | 3,1    |
| $f_{ctk}^{0,95}$ | 2,9    | 3,3    | 3,8    | 4,2    | 4,6    | 4,9    | 5,3    | 5,5    | 5,7    |

**Tabelul 36.2 - Valorile modulului secant de rezistență  $E_{cm}$  [ $kN/mm^2$ ]**

| Clasa betonului | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/45 | C45/55 | C50/60 | C55/67 | C60/75 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $E_{cm}$        | 29     | 30,5   | 32     | 33,5   | 35     | 36     | 37     | 38     | 39     |

**36.2.3** La stabilirea influenței contracției betonului la construcțiile civile se poate proceda similar, în timp ce valorile de contracție se calculează după valorile din norma recomandă, ca valorile nominale ale contracției finale totale cu calcularea efectelor de contracție, să fie considerate în:

- în mediu uscat (oriunde în exteriorul și interiorul construcțiilor, cu excepția elementelor umplute cu beton):  $325 \cdot 10^{-6}$  pentru beton normal; și  $500 \cdot 10^{-6}$  pentru beton ușor;
- în alt mediu și la elementele umplute cu beton:  $200 \cdot 10^{-6}$  pentru beton normal; și  $300 \cdot 10^{-6}$  pentru beton ușor;

**36.2.3.1** Valorile prezentate în p.36.2.3 se referă la faptul că partea de beton reprezintă (de regulă din punctul de vedere al capacității de încărcare mai puțin importantă) o parte a secțiunii compozite și de aceea, nu este necesar ca efectele contracției betonului să fie calculate atât de precis ca la construcțiile din beton pur.

**36.2.4** Contracția betonului se determină luându-se în considerație umiditatea mediului înconjurător, dimensiunile elementului și compoziția betonului.

## 36.3 Armătura de oțel pentru poduri cu structuri compozite

**36.3.1** Proprietățile se iau în conformitate cu prevederile din SM EN 1992-1-1, p.3.2, exceptându-se p.3.2.4 unde se aplică SM EN 1992-1.

**36.3.2** Pentru structurile compozite, valoarea de calcul a modulului de elasticitate  $E_s$  poate fi considerată egală cu valoarea indicată pentru oțelul pentru construcții SM EN 1993-1-1, p.3.2.6.

**36.3.3** Caracteristicile de ductilitate sunt în conformitate cu SM EN 1992-2, p.3.2.4.

**36.3.4** Proprietățile armăturilor sunt indicate în SM EN 1992-1-1. Pentru unele oțeluri utilizate pentru armare, limitele de alunecare sunt indicate în tabelul 36.3. Valoarea de calcul a modulului de elasticitate a armăturii  $E_s$  se ia la fel ca valoarea pentru oțelul de construcții.

**Tabelul 36.3 - Limitele de alunecare caracteristice pentru armătura din beton [MPa]**

| Tipuri de oțel | Grosime $t$         |       |                                  |       |
|----------------|---------------------|-------|----------------------------------|-------|
|                | $t < 40 \text{ mm}$ |       | $40\text{mm} < t < 100\text{mm}$ |       |
|                | $f_y$               | $f_u$ | $f_y$                            | $f_u$ |
| S 235          | 235                 | 360   | 215                              | 360   |
| S 275          | 275                 | 430   | 255                              | 410   |
| S 355          | 355                 | 490   | 335                              | 470   |
| S 420          | 420                 | 520   | 390                              | 520   |
| S 460          | 460                 | 540   | 430                              | 540   |

**36.3.5** Cerințele pentru dispozitivele de fixare și pentru consumabile pentru sudură sunt în conformitate cu SM EN 1993-1-8.

**36.3.6** Pentru armătura pretensionată și dispozitive, se va face referire la articolele p.3.3 și p.3.4 din SM EN 1992-1-1.

### **36.4 Oțeluri de construcții pentru poduri cu structuri compozite**

**36.4.1** Proprietățile oțelurilor de construcții pentru poduri se consideră în conformitate cu SM EN 1993-2.

**36.4.2** Regulile din SM EN 1994-2 se aplică oțelurilor pentru construcții cu o limită de curgere nominală care nu depășește 460 N/mm<sup>2</sup>.

**36.4.3** Pentru componentele întinse din oțel se va face referire la SM EN 1993-1-1.

### **36.5 Durabilitate structuri mixte**

**36.5.1** Din punctul de vedere a durabilității structurilor compozite, este necesar respectate prevederile aferente din SM EN 1990, SM EN 1992 și SM EN 1993. Atenție deosebită se acordă detaliilor, legăturilor de alunecare dintre oțel și beton.

**36.5.2** Prevederile referitoare la elementele de legătură sunt în conformitate cu p.6.6.5 din SM EN 1994-2.

**36.5.3** Protecția coroziunii a tălpii de oțel se extinde la interfața oțel-beton pe cel puțin 50mm. Pentru reguli suplimentare la poduri cu dale prefabricate, a se vedea secțiunea 8 a SM EN 1994-2.

### **36.6 Bazele de calcul a grinzilor cu secțiune compusă oțel-beton**

**36.6.1** Stări limite secțiuni critice. Stările limită dincolo de care structura nu mai satisface cerințele de performanță proiectate sunt clasificate în următoarele:

- stări limită ultime asociate cu colapsul sau cu alte forme de cedare structurală;
- stări limită de serviciu (ale exploatării normale) care corespund stărilor dincolo de care nu mai sunt îndeplinite anumite criterii de exploatare.

**36.6.2** Sub diverse combinații ale acțiunilor, în stadiul limită ultim, o grindă mixtă oțel-beton este necesar să fie verificată la:

- asigurarea rezistenței secțiunii transversale critice;
- asigurarea stabilității generale și locale:
- rezistența la flambaj lateral prin torsiune;
- rezistența la flambaj la forță tăietoare și la forțe transversale aplicate inimii;
- asigurarea conlucrării între grinda metalică și placa de beton armat prin intermediul conectorilor;
- rezistența la lunecare longitudinală.

**36.6.2.1** Secțiunile transversale critice sunt:

- secțiunile de moment încovoietor maxim pozitiv;
- secțiunile de reazem;
- secțiunile supuse la forțe sau reacțiuni concentrate;
- puncte în care are loc o modificare bruscă a secțiunii (alta decât cea datorată fisurării betonului).

O astfel de secțiune se consideră critică dacă raportul între momentul capabil maxim și cel minim este mai mare de 1,2.

**36.6.3** În analiza și calculul la starea limită ultimă a grinzilor mixte se ține seama de capacitatea de rotire a secțiunii, prin încadrarea grinzii metalice în una din cele 4 clase de secțiuni, având în vedere comportarea specifică a grinzii mixte (clasa secțiunii poate fi diferită în câmp față de reazeme). În cazul secțiunilor din clasa 4 de secțiuni, se va ține seama de secțiunea efectivă de oțel, conform SR EN 1993-1-5.

**36.6.4** Dala de beton (armat sau precomprimat) îndeplinește următoarele roluri, în cazul podurilor cu secțiune compusă oțel-beton cale sus, pe grinzi cu inimă plină, figura 36.1:

- face parte din talpa superioară a grinzilor metalice (2);
- face parte din tălpile superioare ale antretoazelor, când între acestea și dală este realizată conlucrarea (3);
- fixează talpa comprimată a grinzii metalice (4);
- acționează ca o diafragmă pentru a transmite încărcările orizontale la reazeme (5);
- contribuie la repartitia transversală a încărcărilor între grinzile principale (6).

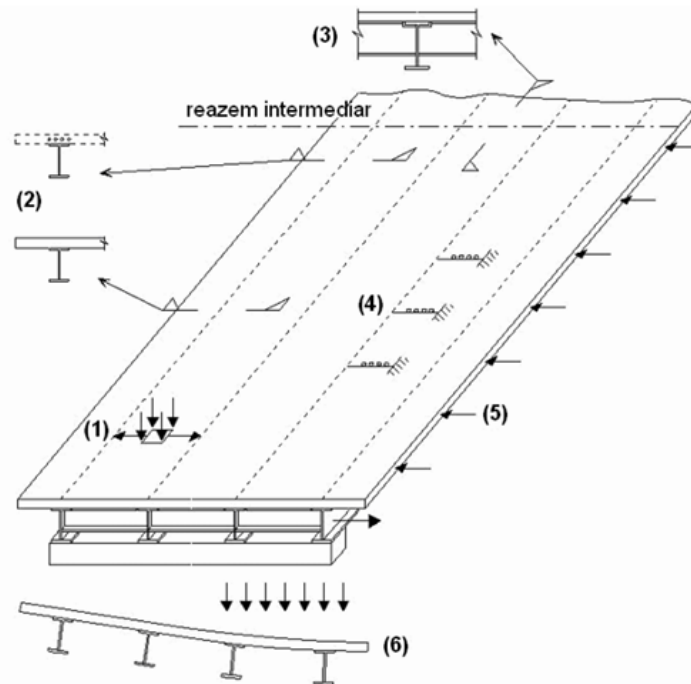


**Figura 36.1 - Rolul dalei din beton (armat sau precomprimat) în secțiuni compozite oțel-beton**

**36.6.5** Lățimea de conlucrare a dalei se definește ca fiind lățimea pe care volumul de eforturi unitare de compresiune, considerate distribuite uniform și egale cu efortul maxim în dală în dreptul grinzii metalice, este egal cu volumul eforturilor unitare de compresiune, variabile, acționând pe lățimea reală a dalei, figura 36.2 (aria ACDEF este egală cu aria GHJK).

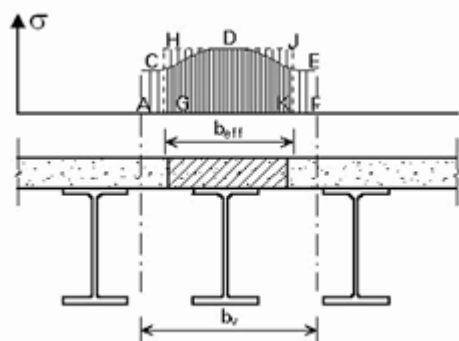


**Figura 36.2 - Lățimea de conlucrare a dalei.**

**36.6.6** Pentru simplificarea calculului de rezistență și stabilitate (stări limită de exploatare și oboseală) se înlocuiește lățimea reală a plăcii (solicitată neuniform) printr-o lățime redusă (solicitată uniform) denumită lățime activă (efectivă) la încovoiere.

**36.6.7** Lățimea activă de dală conform SM EN 1994-2, p.5.4.1.2 este:

- în câmp și pe reazemele intermediare:

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei} ;$$

- pe reazeme finale:

$$b_{eff} = b_0 + \sum \beta_i \cdot b_{ei} ;$$

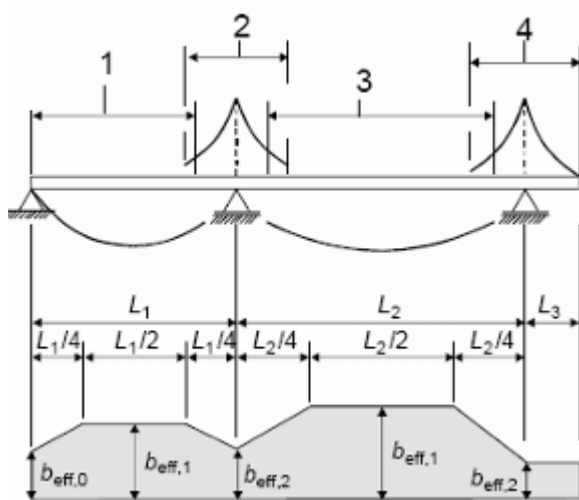
În care,

$b_0$  - este distanța între axele conectorilor marginali;

$b_{ei} = \frac{L_e}{8}$ , dar nu mai mare de  $b_i$ , în care  $b_i$  - este distanța de la conectorul marginal până la un punct situat la jumătatea distanței dintre două inimi adiacente, măsurată pe linia mediană a tălpii de beton, cu excepția că lângă o latură liberă, distanța este până la latura liberă;

$$\beta_i = (0,55 + 0,025 \frac{L_e}{b_i}) \leq 1,0 ;$$

$L_e$  - este cu aproximație, distanța dintre două puncte consecutive unde momentele încovoietoare sunt nule, se determină conform figurii 36.3



Legendă:

- 1)  $L_e = 0,85 \cdot L_1$ , pentru  $b_{eff,1}$
- 2)  $L_e = 0,25 \cdot (L_1 + L_2)$ , pentru  $b_{eff,2}$
- 3)  $L_e = 0,70 \cdot L_2$ , pentru  $b_{eff,1}$
- 4)  $L_e = 2 \cdot L_3$ , pentru  $b_{eff,2}$

**Figura 36.3 - Deschideri echivalente pentru lățimea activă a tălpii de beton**

**36.6.8** Pentru determinarea caracteristicilor secționale ale secțiunilor compuse, se folosește metoda secțiunii transformate, în care secțiunea transversală neomogenă oțel beton se echivalează cu o secțiune omogenă prin transformarea secțiunii betonului din dală într-o secțiune echivalentă de oțel. Această transformare se realizează prin intermediul coeficientului de echivalență, care reprezintă raportul între modulul de elasticitate al oțelului și al betonului, funcție de natura încărcărilor ce acționează asupra structurii compuse considerate.

**36.6.8.1** Încărcări de scurtă durată.

$$n_0 = \frac{E_a}{E_{cm}} ;$$

În care,

$E_a$  - este modulul de elasticitate al oțelului din grînda metalică;

$E_{cm}$  - modulul de elasticitate secant al betonului din dală.

**36.6.8.2** Încărcări permanente și temporare de lungă durată. Coeficientul de echivalență pentru încărcări de lungă durată se calculează cu formula:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \Psi_L \cdot \varphi(t, t_0));$$

În care,

$\Psi_L$  - este egal cu 1,1 pentru încărcări permanente, 0,55 pentru efecte primare și secundare ale contracției și 1,5 pentru precomprimare și deformații impuse;

$\varphi(t, t_0)$  - coeficientul curgerii lente, în conformitate cu SM EN 1992-1-1. p.3.1.4 sau 11.3.3, în funcție de vârsta betonului ( $t$ ) la momentul luat în considerare și vîrsat ( $t_0$ ) la încărcare;

$n_0$  - coeficientul de echivalență  $E_a/E_{cm}$  pentru încărcarea de scurtă durată;

**36.6.9** Pentru încărcările permanente pe structurile compozite realizate în etape succesive, se poate utiliza valoarea medie  $t_0$  pentru determinarea coeficientului de curgere lentă. Această ipoteză poate fi de asemenea folosită pentru precomprimarea prin deformații impuse, dacă vârsta betonului în totalitate în deschiderile relevante în momentul precomprimării este mai mare de 14 zile.

**36.6.9.1** Pentru contracție, în general, vârsta la încărcare se presupune a fi de o zi.

**36.6.10** În cazul în care se folosesc dale prefabricate sau când precomprimarea dalei de beton se realizează înainte ca elementele de legătură să devină active, se utilizează coeficientul de curgere lentă și valorile contracției din momentul în care comportarea compozită devine activă.

**36.6.11** În cazul podurilor la care distribuția momentului în covoietor la  $t_0$  este în mod semnificativ modificată de curgerea lentă, de exemplu la grinzile continui ale structurilor mixte alcătuite atât din deschideri compozite cât și necompozite, efectele secundare dependente de timp datorate curgerii lente se iau în considerare, exceptând analiza globală pentru starea limită ultimă pentru elementele unde toate secțiunile transversale se încadrează în clasa 1 sau clasa 2 și pentru care nu sunt necesare aproximări pentru flambajul lateral cu torsiune. Pentru efectele secundare dependente de timp, coeficientul de echivalență poate fi determinat cu ajutorul unui multiplicator al curgerii lente  $\Psi_L$  de 0,55.

**36.6.12** Efectele fisurării betonului vor fi determinate în conformitate cu p.5.4.2.3 din SM EN 1994-2

## 36.7 Etapele de și ordinea execuției

**36.7.1** Analizele globale pe structură vor fi efectuate separat, pentru acțiunile preluate numai de elementele structurale din oțel și pentru cele preluate de secțiunea compusă oțel-beton - în acest caz folosind coeficientul de echivalență corespunzător, pentru încărcări de lungă sau de scurtă durată.

**36.7.2** Procedee de execuție a grinzilor compuse oțel-beton pentru poduri sunt următoarele:

a) Grinzi simplu rezemate, la care toate încărcările sunt preluate de elementul compus oțel-beton, figura 36.4. Sunt realizate la elementele compuse prefabricate, care au grinda de oțel rezemată continuu în timpul turnării dalei de beton armat, sau la elementele compuse monolite care au grinda metalică prevăzută cu reazeme provizorii foarte dese. La aceste grinzi, toate încărcările (de scurtă durată și de lungă durată), sunt preluate de secțiunea compusă.

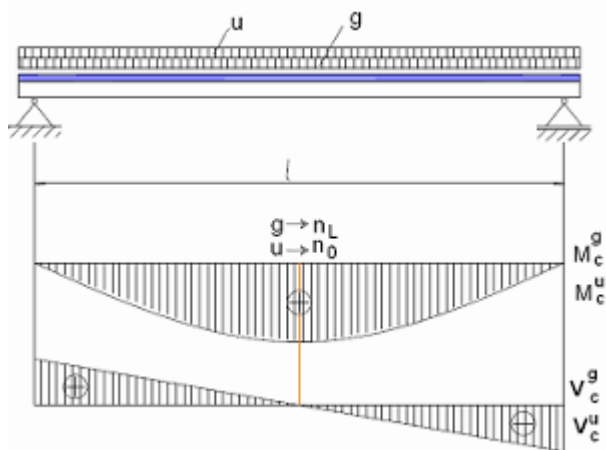


**Figura 36.4 - Grinzi simplu rezemate, element compus oțel-beton**

b) Grinzi simplu rezemate, la care greutatea proprie a grinzii de oțel și greutatea dalei de beton armat sunt preluate numai de grinda de oțel. La aceste grinzi, se deosebesc două sau trei faze de lucru, funcție de modul de execuție.

- Dacă nu se prevăd reazeme provizorii, figura 36.5.a, până la asigurarea conlucrării dalei de beton cu grinda de oțel, încărcările  $g$ , provenite din: greutatea grinzii de oțel, a dalei de beton și a cofrajelor, sunt preluate numai de grinda de oțel.

1) În faza a doua de lucru, figura 36.5.b, încărcările din greutatea moartă încărcările utile  $u$  sunt preluate de elementul compus. Acest tip de grinzi compuse are eficiență minimă, deoarece în grinda de oțel apar eforturi unitare apreciabile, momentul ei de inerție fiind mult mai mic decât acela al secțiunii compuse. Soluția este recomandată doar când nu este posibilă introducerea reazemelor provizorii (viaducte peste văi adânci, poduri peste râuri navigabile etc.).

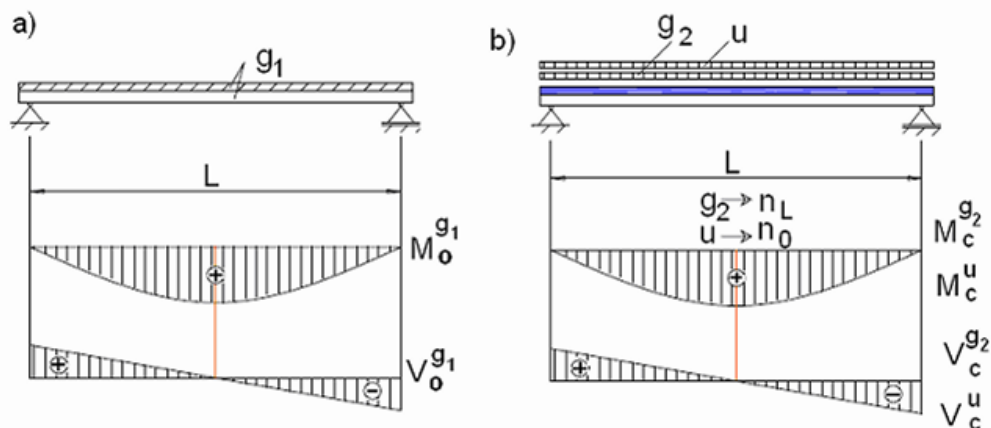


**Figura 36.5 - Încărcările din greutatea moartă încărcările utile  $u$  sunt preluate de elementul compus**

2) Introducând unul sau două reazeme provizorii pentru grinda de oțel, figura 36.6, se obține o reducere semnificativă a eforturilor unitare în aceasta din încărcările pe care le preia singură.

În prima fază, figura 36.6.a, încărcările  $g_1$ , provenite din: greutatea grinzii de oțel, a dalei de beton și a cofrajelor, sunt preluate de grinda de oțel continuă.

În faza a doua, figura 36.6.b, după asigurarea conlucrării, se elimină reazemele intermediare, iar grinda compusă preia încărcările concentrate egale și de semn contrar cu reacțiunile reazemelor provizorii.

În faza a treia, figura 36.6.c, grinda compusă preia greutatea moartă  $g_2$  și încărcările utile  $u$ . Reazemele intermediare se pot înlătura atunci când betonul atinge 75% din rezistența cubică.

Soluția presupune acordarea unei atenții deosebite pierderii stabilității tălpii comprimate a grinzii metalice pe reazemele intermediare, în faza turnării dalei de beton armat.

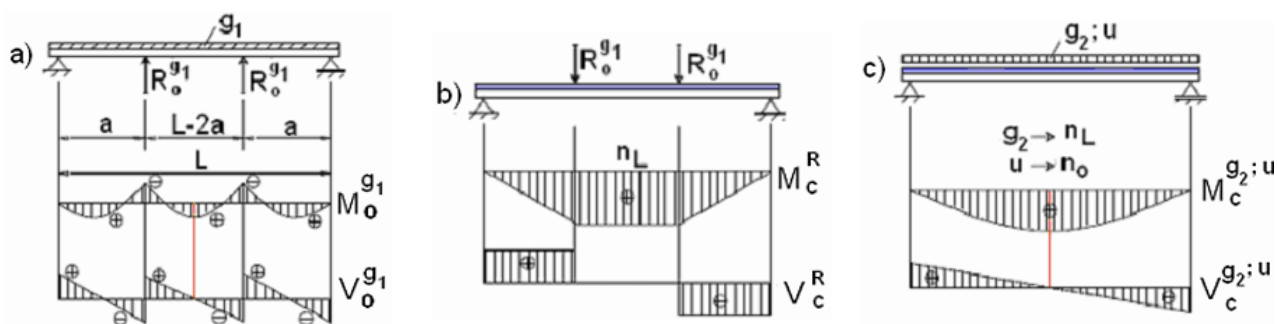


**Figura 36.6 - Reazeme provizorii pentru grinda de oțel și reducere semnificativă a eforturilor unitare**

### 36.8 Calculul momentului rezistent (capabil)

**36.8.1** Momentul capabil elastic. Analiza elastică a grinzilor mixte se bazează pe următoarele ipoteze:

- legătura dintre grinda metalică și dala de beton este continuă și nu există alunecare la interfața de contact oțel-beton;
- secțiunile plane rămân plane și după deformare;
- oțelul și betonul se consideră materiale elastice.

**36.8.2** Pe baza acestor ipoteze descrise în 36.8.1, secțiunea mixtă se poate considera ca fiind formată dintr-un material omogen echivalent în oțel.

Aria echivalentă în oțel,  $A_1$  se calculează cu relația:

$$A_1 = A_a + A_s + \frac{b_{eff} \cdot h_c}{n};$$

În care,

$A_a$  - aria grinzii metalice;

$A_s = A_{si} + A_{ss}$  - aria armăturii flexibile ( se poate neglija dacă placa de beton este în zona comprimată a grinzii );

$b_{eff}$  - lățimea activă din placa de beton, cu rol de talpă a grinzii mixte;

$n$  - coeficientul de echivalență (funcție de tipul încărcării).

**36.8.3** Calculul se poate efectua fie evaluând momentul capabil elastic ( $M_{el,Rd}$ ) fie determinând și verificând tensiunile pe înălțimea secțiunii.

**36.8.4** Calculul și verificarea tensiunilor normale. La secțiunile mixte betonul întins nu se ia în considerare la evaluarea rezistenței secțiunii mixte.

**36.8.4.1** Secțiunea mixtă în zona de moment pozitiv. În calcul se neglijează armătura flexibilă din beton. În funcție de poziția axei neutre se pot analiza două situații:

a) axa neutră în grinda metalică,  $z > h_c + h_{ac}$ , figura 36.7;

b) axa neutră în placa de beton armat,  $z < h_c$ , figura 36.8.

Aria echivalentă în oțel a întregii secțiuni se calculează cu relația definită în p.36.8.2:

Poziția centrului de greutate al secțiunii echivalente în raport cu fibra superioară a plăcii,  $z$ , se obține din relația:

$$Z = \frac{A_a(z_a + h_{ac} + h_c) + \frac{b_{eff} \cdot h_c}{n} \frac{h_c}{2}}{A_a + A_c/n};$$

Momentul de inerție al secțiunii echivalente în raport cu axa care trece prin centrul de greutate este:

$$I_1 = I_a + \frac{I_c}{n} + A_a(z_a + h_{ac} - z)^2 + \frac{b_{eff} \cdot h_c}{n} \left( z - \frac{h_c}{2} \right)^2;$$

În care,

$I_a$  și  $I_c$  - sunt momentele de inerție ale grinzii metalice, respectiv ale plăcii de beton în raport cu axele proprii de greutate.

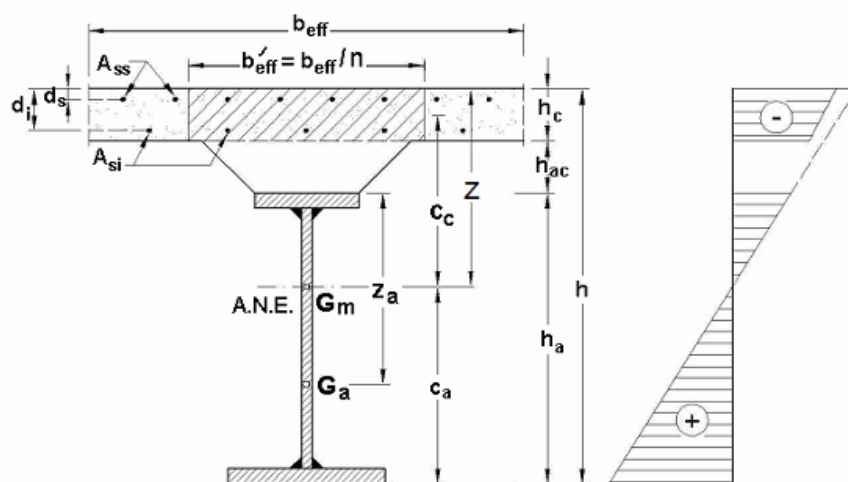


**Figura 36.7 - Axa neutră în grinda metalică**

Tensiunile pe înălțimea secțiunii sunt:

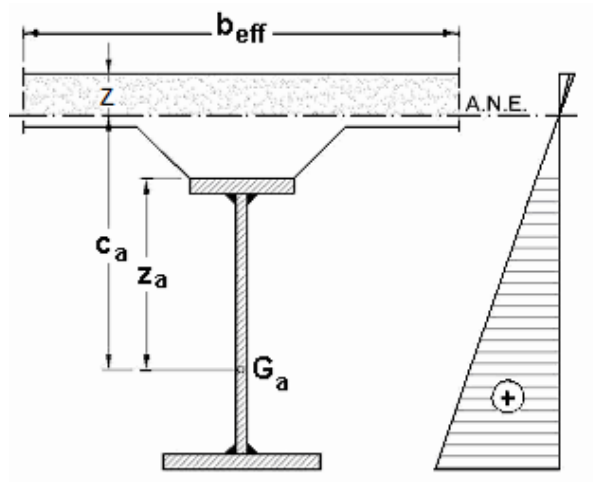
În oțel:

$$\sigma_{ai} = \frac{M}{I_1} (h - z) \leq f_y / \gamma_a;$$

$$\sigma_{ai} = \frac{M}{I_1} [z - (h_{ac} + h_c)] \leq f_y / \gamma_a;$$

În beton:

$$\sigma_{ai} = \frac{M}{I_1} z \leq f_y / \gamma_a;$$



### 36.8 - Axa neutră în placa de beton

Dacă valorile lui  $z$  calculate cu relația (p.36.8.4.1) rezultă mai mici decât  $h_c$ , poziția axei neutre se determină cu relația:

$$z = A_a \frac{n}{b_{eff}} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_{eff}}{A_a \cdot n} (z_a + h_{ac} + h_c)} - 1 \right] \leq h_c;$$

Aria secțiunii transversale echivalentă în oțel este:

$$A_1 = A_a + \frac{b_{eff} \cdot z}{n};$$

Momentul de inerție al secțiunii echivalente va fi:

$$I_1 = I_a + A_a (z_a + h_{ac} + h_c - z)^2 + \frac{b_{eff} \cdot z^3}{3n};$$

**36.8.4.2** Secțiunea mixtă în zona de moment negativ. Placa de beton fiind în acest caz în zona întinsă, nu se va lua în considerare în calculul caracteristicilor de rezistență.

Aria echivalentă în oțel a secțiunii active se va evalua cu relația :

$$A_2 = A_a + A_s = A_a + A_{si} + A_{ss};$$

Poziția axei neutre se determină cu relația:

$$Z = [A_a (z_a + h_{ac} + h_c) + A_{ss} \cdot d_s + A_{si} \cdot d_i] / A_2;$$

Tensiunile pe înălțimea grinzii vor fi:

În oțel:

$$\sigma_{ai} = \frac{M}{I_2} (h - z) \leq f_y / \gamma_a;$$

$$\sigma_{as} = \frac{M}{I_2} [z - (h_{ac} + h_c)] \leq f_y / \gamma_a;$$

în armătura de la partea superioară:

$$\sigma_{as} = \frac{M}{I_2} (z - d_s) \leq f_y / \gamma_a;$$

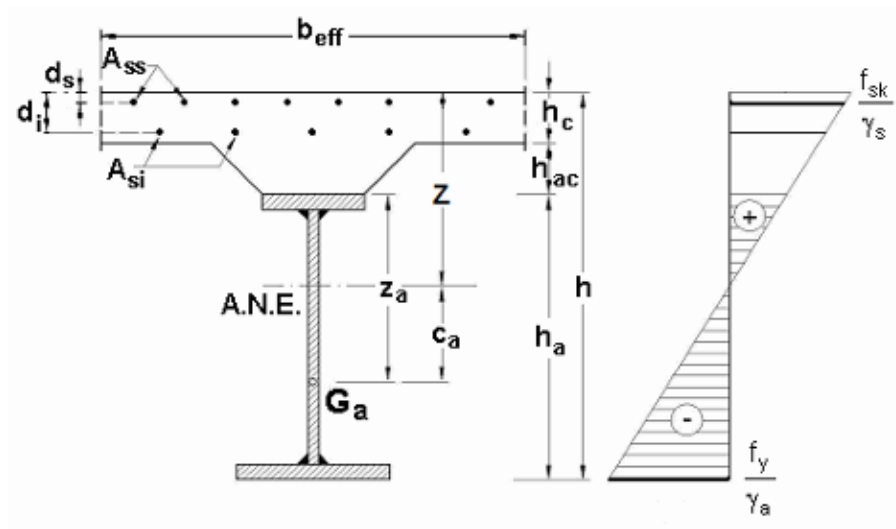


Figura 36.9 - Secțiunea mixtă în zona de moment negativ

**36.8.5** Momentele capabile elastice se determină punând condiția ca eforturile unitare normale pe înălțimea secțiunii grinzii mixte să fie egale cu cele limită admise, respectiv:  $0,85f_{ck}/\gamma_c$  în beton,  $f_y/\gamma_a$  în oțel și  $f_{sk}/\gamma_s$  în armătură.

**36.8.5.1** Momentul capabil elastic pozitiv se determină din relația:

$$M_{el.Rd}^+ = \min[M_{el.Rd}^{ai}; M_{el.Rd}^{cc}];$$

în care:  $M_{el.Rd}^{ai} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot \frac{I_1}{z_{ai}};$

$$M_{el.Rd}^{cc} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \frac{n \cdot I_1}{z_{cs}};$$

**37.8.5.2** Momentul capabil elastic negativ se determină cu relația:

$$M_{el.Rd}^- = \min[M_{el.Rd}^{ai}; M_{el.Rd}^{ss}];$$

în care:  $M_{el.Rd}^{ai} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot \frac{I_2}{z_{ai}};$

$$M_{el.Rd}^{ss} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot \frac{I_2}{z_{ss}};$$

**36.8.6 Momentul rezistent plastic** (pentru secțiuni Clasa 1 sau Clasa 2).

**36.8.6.1** Pentru evaluarea momentelor plastice se consideră următoarele ipoteze:

- interacțiune totală între grinda metalică și placa de beton;
- întreaga secțiune a grinzii metalice se plastifică (atât zona întinsă, cât și zona comprimată), tensiunile în oțel fiind egale cu rezistența de calcul la curgere  $f_{yd}$  (egală cu  $f_y/\gamma_a$ ), din întindere sau compresie;
- tensiunile în betonul comprimat au valoarea limită  $0,85 f_{cd} = 0,85 f_{ck}/\gamma_c$ , constant pe toată înălțimea zonei comprimate;
- în armătura flexibilă din dala de beton armat solicitată la întindere, tensiunile vor fi  $f_{sk}/\gamma_s$ , armătura flexibilă din dala comprimată se poate neglija.

**36.8.6.2** Calculul în domeniul plastic se poate aplica pentru secțiuni transversale Clasa 1 sau Clasa 2.

**36.8.6.3** Noțiunile de „conectare totală” și de „conectare parțială” se aplică doar grinzilor la care capacitatea de rezistență la încovoiere a secțiunilor critice se determină utilizând calculul plastic. O deschidere a unei grinzi, sau a unei console, are o conectare totală atunci când majorarea numărului de conectori nu conduce la mărirea rezistenței la încovoiere a elementului.

**36.8.6.4** În figura 36.10 se prezintă distribuțiile caracteristice ale eforturilor unitare în domeniul plastic, în cazul unei grinzi compuse, cu conectare totală, supusă la moment încovoiător pozitiv, respectiv negativ.

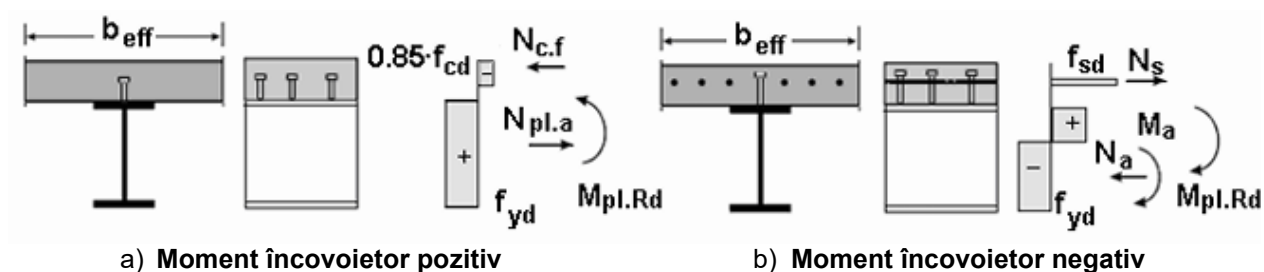


**Figura 36.10 - Distribuțiile caracteristice ale eforturilor unitare în domeniul plastic**

**36.8.6.5** Pentru secțiuni din oțel structural S420 sau S460, atunci când înălțimea zonei comprimate a plăcii este cuprinsă între 15% și 40% din înălțimea totală a elementului, momentul capabil de calcul  $M_{Rd}$  se consideră  $\beta M_{Rd}$ , unde coeficientul de reducere  $\beta$  este indicat în figura 36.11.

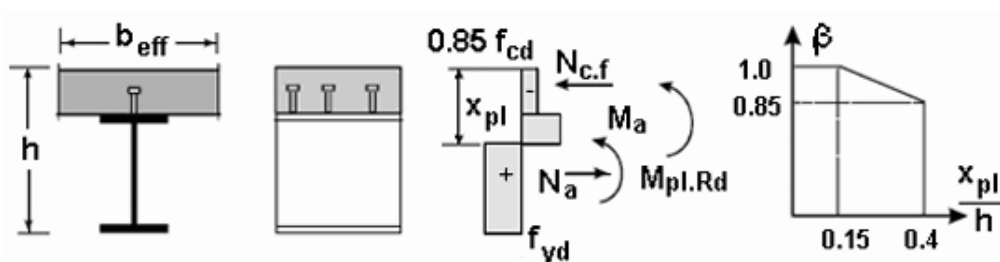


**Figura 36.11 - Momentul capabil de calcul  $\beta M_{Rd}$**

**36.8.7** Moment rezistent plastic pentru o secțiune supusă la moment încovoiător pozitiv.

Axa neutră se determină cu relația:

$$z_1 = \frac{A_a \cdot f_y / \gamma_a}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c} ;$$

**36.8.7.1** Axa neutră în dala de beton (figura 36.12), dacă  $z_1 < h_c$ , axa neutră se află în dala de beton.

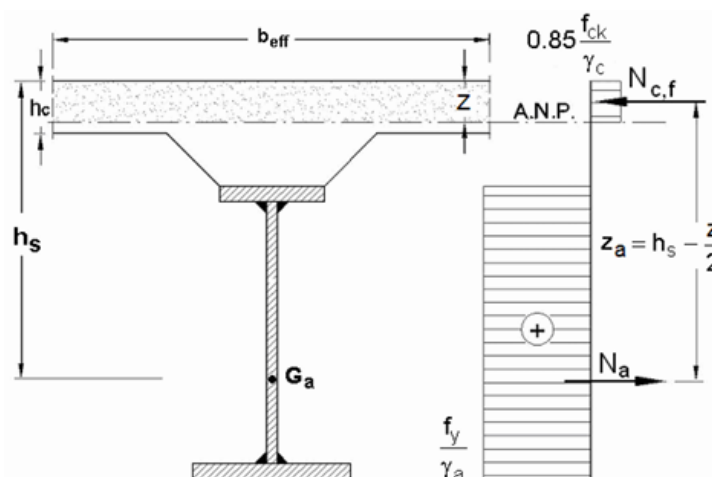


**Figura 36.12 - Axa neutră în dala de beton**

Rezultanta tensiunilor de compresiune din beton,  $N_c$  este egală cu rezultanta tensiunilor de întindere din oțel,  $N_a$ :

$$N_{c,f} = b_{eff} \cdot z \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c ;$$

$$N_a = A_a \cdot f_y / \gamma_a ;$$

**36.8.7.2** Momentul rezistent plastic se determină cu relația:

$$M_{pl,Rd}^+ = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \left( h_s - \frac{z}{2} \right) ;$$

**36.8.7.3** Axa neutră în grinda metalică (figura 36.13), dacă  $z_1$  determinat cu relația (p.36.8.7) rezultă mai mare decât  $h_c$ , axa neutră plastică se află în grindă și se determină cu relația:

$$z = h_{ic} + t_s + h_{ac} + h_c ;$$

**36.8.7.4** Înălțimea inimii din zona comprimată,  $h_{ic}$  se obține din ecuația de proiecție:

$$h_{ic} = \frac{A_a \cdot f_y / \gamma_a - b_{eff} \cdot h_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c - 2A_{ts} \cdot f_y / \gamma_a}{2t_i f_y / \gamma_a} ;$$

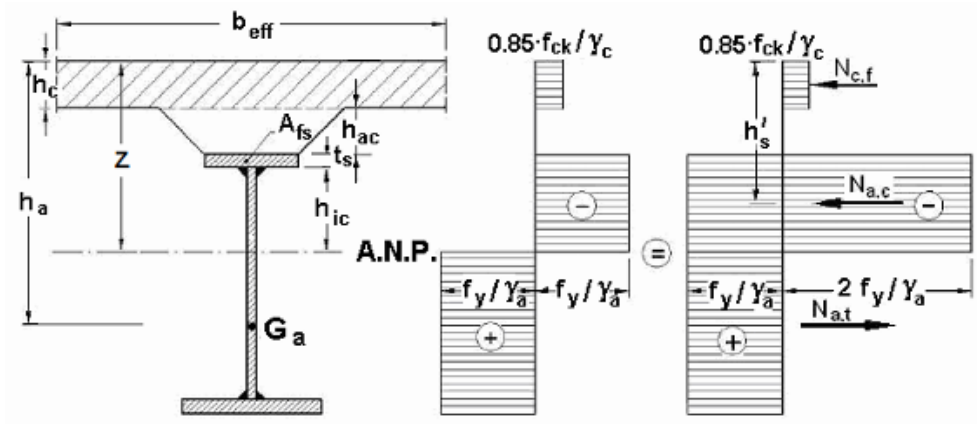


**Figura 36.13 - Axa neutră în grinda metalică**

**36.8.7.5** Rezultantele blocurilor de tensiuni sunt:

$$N_{c,f} = b_{eff} \cdot h_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c ;$$

$$N_{a,t} = A_a \cdot f_y / \gamma_a ;$$

$$N_{a,c} = 2 \cdot A'_a \cdot f_y / \gamma_a ;$$

**36.8.7.6** Aria zonei comprimate,  $A'_a$ , rezultată din ecuația de proiecție este:

$$A'_a = \frac{A_a \cdot f_y / \gamma_a - b_{eff} \cdot h_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c}{2 \cdot f_y / \gamma_a} ;$$

**36.8.7.7** Valoarea momentului rezistent plastic se poate evalua cu relația:

$$M_{pl,Rd}^+ = A_a \frac{f_y}{\gamma_a} \left( h_s - \frac{h_c}{2} \right) - 2A'_a \frac{f_y}{\gamma_a} \left( h'_s - \frac{h_c}{2} \right) ;$$

**36.8.8** Momentul rezistent plastic pentru o secțiune supusă la moment încovoietor negativ (figura 36.14), în acest caz placa de beton se află în zona întinsă, betonul fiind fisurat nu se va lua în calcul.

**36.8.8.1** Rezultantele eforturilor sunt:

$$N_s = A_s \cdot f_{sk} / \gamma_s ;$$

$$N_{a,c} = A_a \cdot f_y / \gamma_a ;$$

$$N_{a,t} = 2 \cdot A_a'' \cdot f_y / \gamma_a ;$$

**36.8.8.2** Arie zonei întinse  $A_a''$  a grinzii metalice se poate calcula cu relația:

$$A_a'' = \frac{A_a \cdot f_y / \gamma_a - A_s \cdot f_{sk} / \gamma_s}{2 \cdot f_y / \gamma_a} ;$$

**36.8.8.3** Valoarea momentului rezistent plastic va fi:

$$M_{pl,Rd}^- = A_a \frac{f_y}{\gamma_a} \left( h_s - \frac{h_c}{2} \right) - 2 \cdot A_a'' \frac{f_y}{\gamma_a} \left( h_s' - \frac{h_c}{2} \right) ;$$

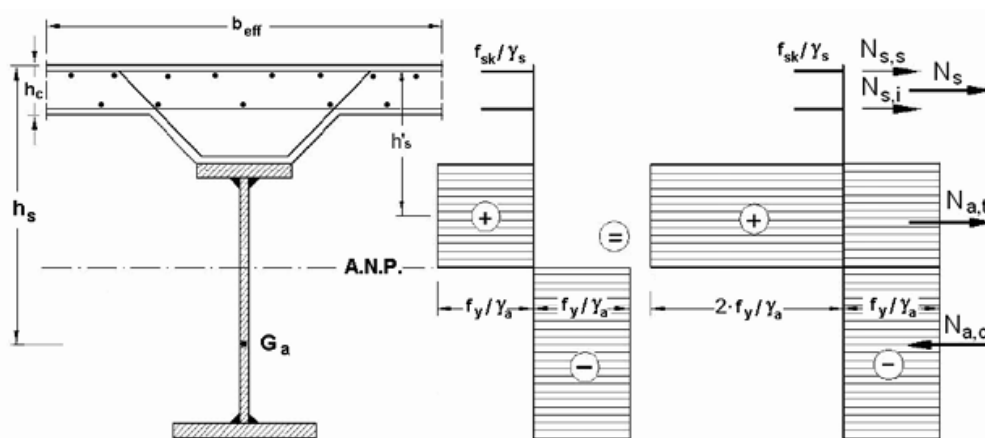


**Figura 36.14 - Secțiune compusă supusă la moment negativ**

## 36.9 Momentul capabil nelinier la încovoiere

**36.9.1** În cazul în care momentul capabil la încovoiere al secțiunii compuse se determină printr-un calcul nelinier, este necesar să se ia în considerare relațiile efort unitar - deformații specifice ale materialelor: SM EN 1992-1, punctul 3.1.7 pentru betonul comprimat, SM EN 1992-1, punctul 3.2.7 pentru armătură, respectiv SM EN 1993-1-1, punctul 5.4.3(4) pentru oțelul structural.

**36.9.2** Pentru secțiunile de clasă 1 și 2 cu placă de beton comprimată, momentul capabil nelinier la încovoiere se determină funcție de forța de compresiune din beton  $N_c$ , utilizând relațiile de mai jos și figura 37.15.

$$M_{Rd} = M_{a,Ed} + (M_{el,Rd} - M_{a,Ed}) \cdot \frac{N_c}{N_{c,f}} \text{ pentru } N_c \leq N_{c,el} ;$$

$$M_{Rd} = M_{a,Ed} + (M_{pl,Rd} - M_{a,Ed}) \cdot \frac{N_c - N_{c,el}}{N_{c,f} - N_{c,el}} \text{ pentru } N_{c,el} \leq N_c \leq N_{c,f} ;$$

unde,

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k \cdot M_{c,Ed} ;$$

în care,

$M_{a,Ed}$  - momentul încovoiător de calcul aplicat secțiunii de oțel;

$M_{c,Ed}$  - momentul încovoiător aplicat secțiunii compuse;

$k$  - factorul pentru atingerea efortului unitar limită, conform SM EN 1994-1 și SM EN 1994-2;

$N_{c,el}$  - forța de compresiune în placa de beton, corespunzătoare momentului  $M_{el,Rd}$ .

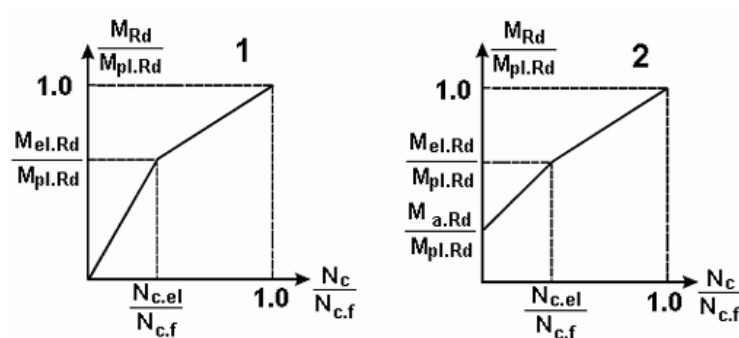


**Figura 36.15 - Relația simplificată între  $M_{Rd}$  și  $N_c$  pentru secțiunile cu placa de beton comprimată**  
1) execuție cu sprijiniri, 2) execuție fără sprijiniri

### 36.10 Calculul la acțiunea forței tăietoare

**36.10.1** Forța tăietoare verticală capabilă plastică  $V_{pl,Rd}$  se ia egală cu forța tăietoare capabilă a secțiunii de oțel  $V_{pl,a,Rd}$ , considerând că întreaga forță tăietoare este preluată de inima profilului metalic (calculul secțiunii mixte la acțiunea forței tăietoare se face după prevederile din SM EN 1993-2), cu excepția cazului în care se determină valoarea contribuției la forța tăietoare a componentei de beton armat.

**36.10.2** Forța tăietoare capabilă la flambaj  $V_{b,Rd}$  a inimii de oțel se determină conform SM EN 1993-1-5, punctul 5.

**36.10.3** Încovoierea cu forță tăietoare. Este necesar să se țină seama de influența forței tăietoare asupra momentului capabil rezistent al grinzii, având în vedere faptul că în dreptul reazemelor intermediare (în cazul grinzilor continue) forța tăietoare are, în general, valori ridicate, astfel încât inima grinzii metalice nu mai are capacitatea de a participa și la preluarea momentului încovoietor.

**36.10.3.1** Forța tăietoare capabilă  $V_{Rd}$  este indicată de valoarea minimă între  $V_{pl,Rd}$  și  $V_{b,Rd}$ . În cazul în care forța tăietoare verticală  $V_{Ed}$  depășește  $0,5V_{Rd}$ , se ține seama de influența forței tăietoare asupra momentului capabil, se determină în conformitate cu SM EN 1993-1-5, 5.

**36.10.3.2** Pentru secțiuni de clasă 1 sau 2, momentul încovoietor rezistent de calcul se va micșora prin evaluarea acestuia cu un efort unitar de calcul redus pe zona ariei de forfecare (figura 36.16), la valoarea:

$$f'_{yd} = (1 - \rho)f_{yd} ;$$

unde,

$$\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{Rd}} - 1 \right)^2 ;$$

$f_{yd}$  – rezistența de curgere de calcul la întindere sau compresiune.

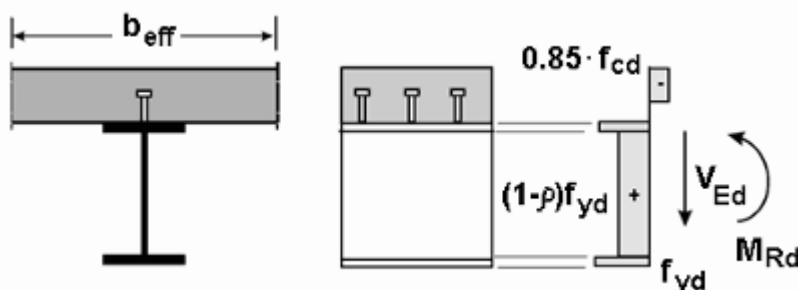


**Figura 36.16 - Distribuția plastică a eforturilor modificată de efectul forfecării verticale**

**36.10.4** Pentru secțiunile transversale din clasele 3 și 4 se aplică p.7.1 din SM EN 1993-1-5, folosind eforturile calculate ale secțiunii compozite.

**36.10.5** La clasificarea inimilor, în conformitate cu p.5.5 din SM EN 1994-2, nu se ia în considerare modificarea poziției axei neutre plastice a secțiunii transversale determinată de reducerea rezistenței de curgere în conformitate cu p.36.10.3.2.

### 36.11 Conectori. Conectarea la alunecare

**36.11.1** Elementele de legătură sunt solicitate de forțele de lunecare care apar între dală și grinda metalică, produse de încărcările ce solicită secțiunea compusă oțel-beton.

**36.11.2** Conectorii de lunecare este necesar să aibă o suficientă capacitate de deformare pentru a asigura orice redistribuire a forțelor de lunecare.

**36.11.3** Conectorii de lunecare ductili sunt conectorii cu suficientă capacitate de deformare care să justifice comportarea ideal plastică a conexiunii în structura considerată.

**36.11.4** În SM EN 1994 se definesc conectorii neductili ca fiind cei care nu îndeplinesc condițiile specificate pentru conectorii ductili, considerând că rezistența de calcul la forfecare a unui conector este atinsă înainte ca acesta să aibă posibilitatea să se deformeze suficient. În practică, conectorii de tip tacheți (din oțel lat, pătrat sau cornier), figura 36.17, pot fi considerați ca fiind neductili (rigizi), singura posibilitate de deformare provenind din strivirea betonului cu care tachețul se află în contact. Conectorii de tip gujon pot fi considerați ca fiind neductili în măsura în care nu sunt respectate prevederile constructive specificate.

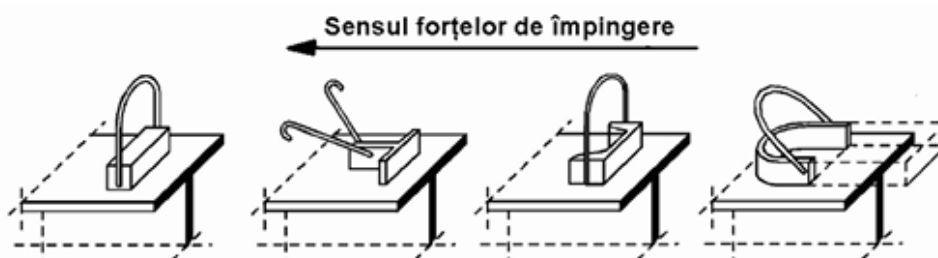


Figura 36.17 - Conectori neductili

**36.11.5** Datorită bunei comportări în exploatare dar mai ales pentru simplitatea montării lor, care asigură o mare productivitate, conectorii tip dorn, figura 36.18, s-au dovedit a fi elementele de legătură preferate din ultimele decenii. Dornul constă dintr-o tijă metalică cilindrică, prevăzută cu un cap care joacă rolul de element de ancorare iar la capătul opus prelucrată sub formă de con (pentru a asigura o sudură penetrată).

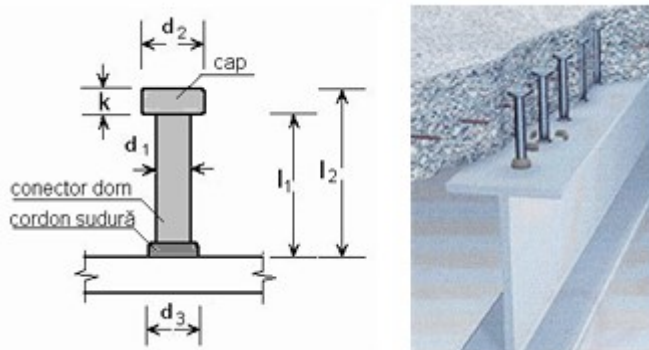


Figura 36.18 - Conectorii ductili (conectorii gujon) de tip dorn

**36.11.6** La alegerea materialului pentru realizarea conectorilor se va ține cont de comportamentul cerut pentru aceștia și de metoda de fixare pe elementul de oțel.

**36.11.7** În principiu, conectorii ductili sunt definiți ca fiind conectorii care prezintă o capacitate de deformare suficientă pentru a justifica ipoteza unui comportament plastic ideal al conexiunii. Practic, conectorii care posedă o capacitate de deformare, în valoare caracteristică superioară sau egală cu 6 mm, pot fi considerați ca fiind ductili, figura 36.19.

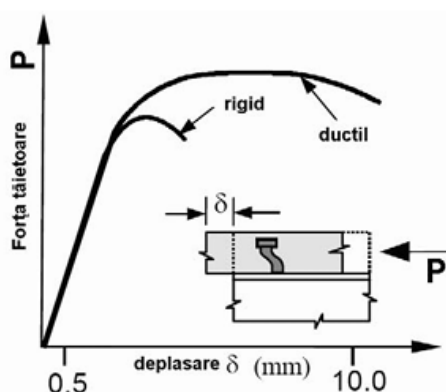


**Figura 36.19 - Capacitatea de deformare a conectorilor**

**36.11.8** Încercările experimentale arată că această condiție (fig.36.19) este îndeplinită de către conectorii de tip gujon cu cap (tije cilindrice verticale, sudate la bază și prevăzute la partea superioară cu un cap) în condițiile în care aceștia prezintă o lungime totală de cel puțin 4 ori mai mare decât grosimea tijei, a cărei diametru este necesar să fie cuprins între 16 și 22 mm.

**36.11.8.1** Pentru conectorii ductili este necesar respectate următoarele condiții:

- $f_u/f_y \geq 1,2$ ;
- alungirea la rupere, măsurată pe o lungime între repere de  $5,65\sqrt{A_0}$ , ( $A_0$  - reprezentând aria inițială a secțiunii transversale) nu este necesar să fie mai mică de 12%.

**36.11.9** Dornul este unul din cele mai simple elemente de legătură, care permite fixarea prin sudură automată, figura 36.20.

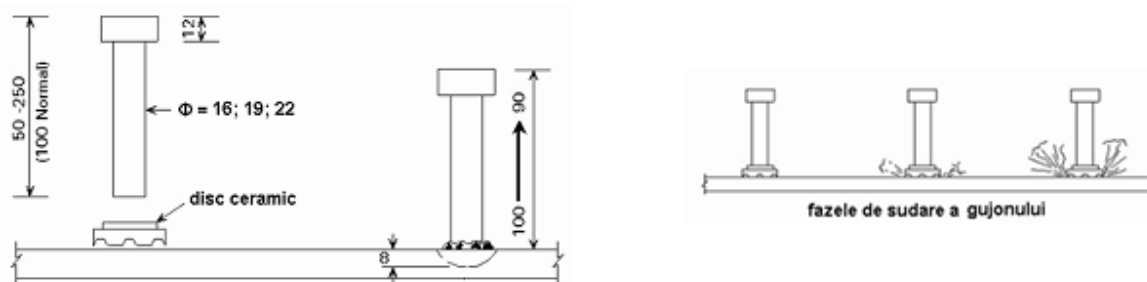


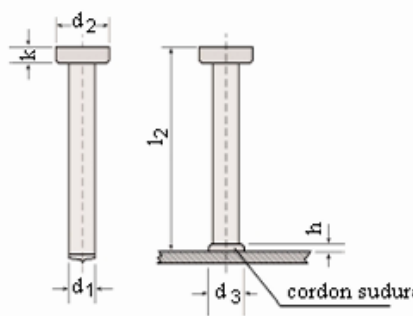
**Figura 36.20 - Fazele tehnologice pentru sudarea electrică a conectorilor tip gujon**

**36.11.10** Datorită bunei comportări în exploatare dar mai ales pentru simplitatea montării lor, care asigură o mare productivitate, conectorii tip dorn s-au dovedit a fi cele mai utilizate elemente de legătură din ultimele decenii. Dornul constă dintr-o tijă metalică cilindrică, prevăzută cu un cap care joacă rolul de element de ancorare iar la capătul opus prelucrată sub formă de con (pentru a asigura o sudură penetrată).

**36.11.11** Ca recomandare, conectorii dorn tip Nelson sunt cei mai utilizați conectori dorn, aceștia au următoarele caracteristici mecanice și geometrice (pentru cele mai utilizate tipuri de conectori dorn), tabelul 36.4:

**Tabelul 36.4 - Caracteristici mecanice și geometrice** (pentru cele mai utilizate tipuri de conectori dorn).

| Oțel         | Limita de curgere $f_y [N/mm^2]$ | Rezistență ultimă de rupere $f_u [N/mm^2]$ | $f_u/f_y$    | Alungirea la rupere [%] |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| S235<br>J2G3 | min 350                          | min 450                                    | $1,28 > 1,2$ | min 15                  |



| Dimensiuni [mm] |                        |       |       |       |      |      |
|-----------------|------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| Ø               | $l_2$                  | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | k    | h    |
| 16              | 50, 75, 100, 125       | 15,87 | 31,7  | 21,0  | 8,0  | 7,0  |
| 19              | 75, 80, 100, 125, 150  | 19,05 | 37,7  | 24,0  | 10,0 | 9,0  |
| 22              | 90, 100, 125, 150, 175 | 22,22 | 34,9  | 28,0  | 10,0 | 10,0 |
| 25              | 100, 125, 150, 175     | 25,40 | 40,9  | 30,5  | 12,7 | 10,0 |

**36.11.12** Forța de lunecare capabilă de calcul a unui dorn cu cap sudat automat, în conformitate cu SM EN 14555, se determină ca valoare minimă între:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4}{\gamma_v};$$

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v};$$

în care,

$\alpha = 0,2 \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right)$ , pentru  $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$ ;

$\alpha = 1$ , pentru  $h_{sc}/d > 4$ .

unde,

$\gamma_v$  - este coeficient parțial de siguranță. Valoarea indicată în anexa națională este 1,25;

$d$  - este diametrul tijei dornului, cuprins între 16 și 25 mm;

$f_u$  - este rezistența la întindere ultimă a dornului (nu mai mare de 500 N/mm<sup>2</sup>);

$f_{ck}$  - este rezistența caracteristică cilindrică a betonului la vârsta considerată;

$h_{sc}$  - este înălțimea totală a dornului.

**36.11.13** Numărul elementelor de legătură se determină raportând forța de lunecare longitudinală totală de la interfața oțel-beton, la forța de lunecare capabilă de calcul a unui dorn.

$$n = \frac{\sum L_{a-b}}{P_{Rd}};$$

$$L_{a-b} = \frac{T_{med}^{a-b} \cdot S}{I_{echiv}} \cdot \Delta_{a-b};$$

În care,

$S$  - momentul static al dalei echivalente în oțel față de centrul de greutate al întregii secțiunii echivalente;

$\Delta_{a-b}$  - lungimea pentru care se calculează numărul de conectori;

$T_{med}^{a-b}$  - forța tăietoare medie pe lungimea a-b.

**36.11.13.1** Forța tăietoare se evaluează pe faze de încărcare, respectiv tip de încărcare și corespunzător se calculează momentul static și forța de lunecare, lunecarea totală fiind egală cu suma lunecărilor parțiale.

**36.12** Tablierele podurilor de cale ferată, alcătuite din dală de beton armat și grinzi de oțel (cu excepția grinzilor cu inimă plină, simplu rezemate, cu calea sus), pot fi utilizate doar conform specificațiilor tehnice ale Căilor Ferate ale Moldovei.

### 36.13 Reguli suplimentare pentru grinzile de poduri

**36.13.1** Cerințele de calitate și caracteristicile de calcul ale materialelor structurilor din beton armat și oțel este necesar adoptate în conformitate cu capitolele SM EN 1992, SM EN 1993 și SM EN 1994-2.

**36.13.2** Dacă o grindă compozită este supusă unei încovoieri biaxiale, unei combinații de încovoiere cu torsiune sau unei combinații a efectelor globale și locale, se ține seama de p. 6.2.1(5) din SM EN 1993-1-1.

**36.13.3** Dacă analiza elastică globală este folosită pentru o grindă continuă, atunci  $M_{Ed}$  nu depășește  $0,9M_{pl,Rd}$  în nici o secțiune transversală din clasa 1 sau clasa 2 pentru momente încovoietoare pozitive cu placa de beton comprimată, unde:

- secțiunea transversală supusă la moment încovoiător pozitiv la sau în apropierea unui reazem adiacent este în clasa 3 sau 4 și
- raportul lungimilor deschiderilor adiacente acelui reazem (lungime mai scurtă/lungime mai lungă) este mai mic de 0,6.

### 37 Tabliere cu grinzi înglobate

**37.1** La proiectarea și alcătuirea suprastructurilor de poduri din grinzi din oțel înglobate, se vor executa conform punctului 6.3 din SM EN 1994-2.

**37.2** O secțiune transversală tip a unui tablier cu grinzi înglobate cu cofraj permanent neparticipant este prezentată în figura 37.1.

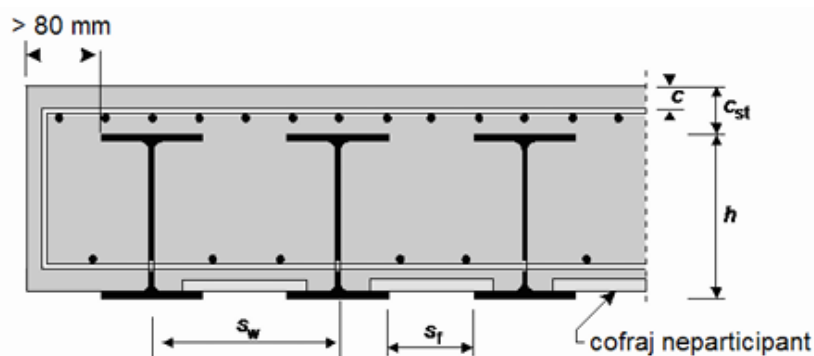


**Figura 37.1 - Secțiune transversală tip a unui tablier cu grinzi înglobate**

**37.3** Grinzile de oțel pot fi laminate sau sudate având o secțiune transversală uniformă.

**37.3.1** Pentru secțiunile transversale sudate, atât lățimea tălpilor cât și înălțimea inimii se situează în limitele disponibile pentru secțiunile laminate H sau I.

**37.4** Tablierele cu grinzi înglobate se vor realiza în conformitate cu următoarele prescripții de proiectare precizate de SM EN 1994-2: 2006:

- grinzile de oțel nu sunt curbe în plan;
- înclinarea  $\theta$  nu este necesar să fie mai mare de  $30^\circ$  (valoarea  $\theta = 0$  este corespunzătoare unui tablier care este drept, în palier);
- înălțimea nominală  $h$  a grinzilor de oțel verifică:  $210 \text{ mm} \leq h \leq 1100 \text{ mm}$ ;
- distanța  $s_w$  dintre inimile grinzilor de oțel nu depășește valoarea minimă dintre  $h/3 + 600 \text{ mm}$  și  $750 \text{ mm}$ , în care  $h$  este înălțimea nominală a grinzilor de oțel în mm;
- acoperirea cu beton  $c_{st}$  deasupra grinzilor de oțel satisface condițiile:

$$c_{st} \geq 70 \text{ mm}; \quad c_{st} \leq 150 \text{ mm}; \quad c_{st} \leq h/3; \quad c_{st} \leq x_{pl} - t_f;$$

În care,

$x_{pl}$  - este distanța dintre axa neutră plastică și fibra extremă a betonului comprimat al unei secțiuni supuse la moment încovoiător pozitiv;

$t_f$  - este grosimea tăpii de oțel;

- distanța de la marginea tălpii de oțel înglobate până la marginea tablierului nu este mai mică de 80 mm;
- lumina  $s_f$  între tălpile superioare ale grinzilor de oțel nu este mai mică de 150 mm, pentru a permite turnarea și compactarea betonului;
- intradosul tălpii inferioare a grinzilor de oțel nu este înglobat în beton;
- un strat de armătură transversală trece prin inima grinzilor de oțel care este ancorat dincolo de grinzile de oțel marginale, la fiecare capăt al fiecărei bare astfel încât să se poată dezvolta rezistența de curgere a armăturilor, în conformitate cu 8.4 din SM EN 1992-1-1;
- sunt folosite bare cu nervuri în conformitate cu SM EN 1992-1-1, p.3.2.2 și anexa C; diametrul lor nu este mai mic de 16 mm iar distanța dintre ele nu este mai mare de 300 mm;
- se folosește beton cu densitate normală;
- suprafața grinzilor de oțel se decapează. Intradosul, suprafața superioară și marginile tălpii inferioare ale grinzilor de oțel se protejează împotriva coroziunii;
- pentru podurile rutiere și feroviare, găurile din inimile secțiunilor de oțel se realizează prin perforare.

**37.5** Tablierele cu grinzi înglobate se proiectează la stări limită ultime și pentru starea limită a exploatării normale, în conformitate cu SM EN 1994-2.

**37.5.1** Grinzile de oțel asamblate cu șuruburi și/sau sudate se verifică la oboseală.

**37.5.2** Nu se prevede conectarea mecanică pentru preluarea lunecării.

### 37.6 Momentul încovoietor capabil

**37.6.1** Momentul încovoietor capabil al secțiunilor transversale compozite se determină pe baza unui calcul rigid-plastic (momentul încovoietor capabil plastic), neglijând rezistența la întindere a betonului și prin luarea în considerare a următoarelor ipoteze:

- a) există interacțiune completă între oțelul pentru construcții, armătură și beton;
- b) aria activă a elementului de oțel pentru construcții este solicitată la rezistența sa de curgere de calcul  $f_{yd}$ , la întindere sau compresiune;
- c) aria activă de armătură longitudinală întinsă și comprimată este solicitată la rezistența sa de curgere de calcul  $f_{sd}$  la întindere sau compresiune. În mod alternativ, armătura comprimată din placa de beton poate fi neglijată;
- d) aria activă a betonului comprimat rezistă unui efort de  $0.85 f_{cd}$ , constant pe toată înălțimea cuprinsă între axa neutră plastică și cea mai comprimată fibră a betonului, în care  $f_{cd}$  este rezistența de calcul la compresiune a betonului determinată pe cilindri.

**37.6.2** Pentru un tablier sau platelaj realizat cu grinzi înglobate, solicitat la moment încovoietor pozitiv, momentul încovoietor capabil plastic se evaluează astfel:

- se trasează diagramele de eforturi unitare pe secțiunea transversală, neglijând aportul zonei de beton din zona întinsă și eventual contribuția armăturii din zona comprimată a secțiunii, figura 38.2;
- se evaluează rezultanta blocurilor eforturilor unitare de compresiune și rezultanta blocurilor eforturilor unitare de întindere:

$$N_c = [b_{eff}(h_1 + z)] \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + (A_{fc} + z \cdot t_w) \cdot f_{yd};$$

$$N_t = A_s f_{sd} + \{A_{ft} + [t_w(h_w - z)]\} \cdot f_{yd};$$

Observație: În cazul tablierelor și platelajelor cu grinzi metalice înglobate în beton, întreaga secțiune comprimată de beton este activă, prin urmare  $b_{eff} = s_w$ .

- se egalează cele două rezultante de eforturi (ecuație de proiecție pe orizontală) și rezultă poziția axei neutre a secțiunii compuse, definită prin parametrul  $z$ :

$$N_c = N_t \Rightarrow z;$$

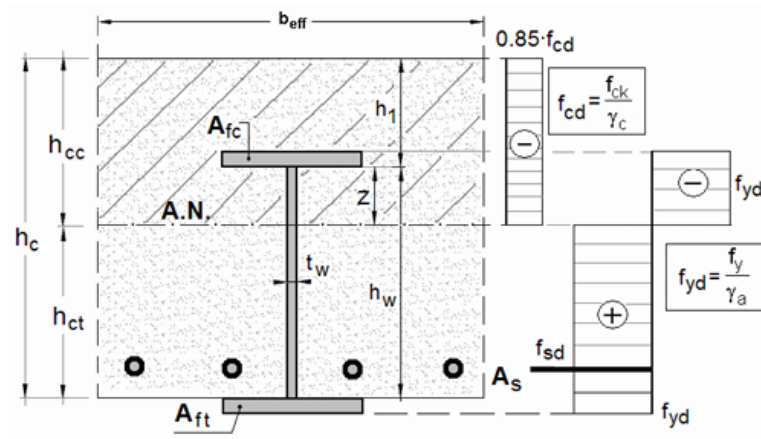


**Figura 37.2 - Distribuția eforturilor unitare pe secțiunea compusă**

- se evaluează momentul încovoietor capabil plastic al secțiunii compuse scriind momentul rezultatelor blocurilor de eforturi unitare în raport cu mijlocul zonei comprimate de beton, figura 37.3:

$$M_{pl,Rd} = N_s \cdot z_s + N_{at} \cdot z_{at} - N_{ac} \cdot z_{ac} ;$$

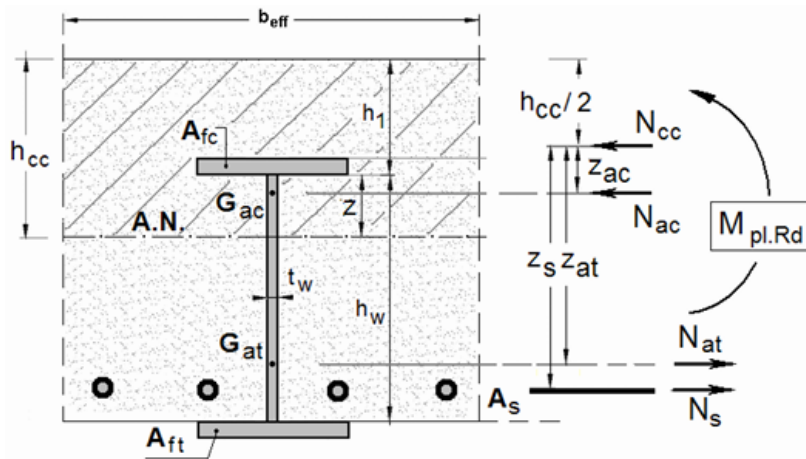


**Figura 37.3 - Determinarea momentului capabil plastic al secțiunii compuse**

**37.6.2.1** Rezultantele eforturilor de întindere și de compresiune corespunzătoare elementului din oțel se pot diviza în rezultante aferente tălpilor și zonelor inimii, întinse și comprimate, cu brațele de pârghie care corespund acestora.

**37.6.3** Dacă forța tăietoare verticală  $V_{a,Ed}$  în secțiunea de oțel depășește jumătate din forța tăietoare capabilă, se iau în considerare efectele sale asupra momentului încovoietor capabil.

**37.7** Forța tăietoare verticală capabilă a secțiunii transversale compozite se consideră că este forța tăietoare capabilă plastică de calcul a secțiunii de oțel,  $V_{pl,a,Rd}$ , dacă nu s-a stabilit valoarea contribuției părții de beton armat în conformitate cu SM EN 1992-2.

**37.9** Dacă nu se folosește o analiză mai exactă, partea  $V_{c,Ed}$  din forța tăietoare verticală totală  $V_{Ed}$  care acționează asupra părții de beton armat poate fi considerată:

$$V_{c,Ed} = V_{Ed} (M_{s,Rd} / M_{pl,Rd} ;$$

în care,

$$M_{s,Rd} = N_s \cdot z_s = A_s \cdot f_{sd} \cdot z_s$$

**37.10** Forța tăietoare capabilă de calcul a secțiunilor de beton armat între grinzile înglobate se verifică în conformitate cu SM EN 1992.

## 38 Întreținerea podurilor

**38.1** Întreținerea podurilor este necesar să asigure funcționarea în siguranță, fără întrerupere a acestora pe durata lor de viață proiectată.

**38.1.1** Neadevçarile functionale ale podurilor apar datorita modificarilor inregistrate in evolutia traficului, cum ar fi cresterea volumului acestuia, cresterea incărcărilor pe osii, sau marirea gabaritelor vehiculelor. Aceste modificari cuplate cu cerintele societății legate de imbunatătirea nivelului de siguranta a traficului, a nivelului de confort a circulației, dar și a cerintelor de protejare a mediului, ca reducere a zgomotului a vibrațiilor și a poluării, fac ca lucrarile de poduri, in timp, sa nu mai fie adecvate functional, și sa necesite lucrari de reabilitare sau de modernizare.

**38.1.2** Lucrările pentru întreținerea și reparația podurilor vor fi planificate conform CP D.02.24 "Clasificarea și periodicitatea executării lucrărilor de întreținere și reparație a drumurilor publice".

**38.1.3** Lucrările privind inspectarea, diagnosticarea și stabilirea stării tehnice a lucrărilor de artă (poduri, podețe, etc.) vor fi efectuate conform regulilor C PD.02.26.

**38.1.4** Metodele de investigare asupra podurilor se vor executa în conformitate cu cerințele CP D.02.26.

**38.2** Pentru podurile rutiere și urbane cu o lungime a deschiderilor tablierelor de 33 m sau mai mare, este necesar elaborat un proiect de întreținere a podului la darea lui în exploatare. În numele beneficiarului, aceste lucrări pot fi efectuate de întreprinderi / instituții certificate pentru dreptul de a efectua lucrări de inspecție a podurilor sau de întreprinderi / instituții de proiectare specializate.

**38.3** Prin decizia proiectantului și a documentației de proiectare, se poate elabora un proiect de întreținere a podului pentru podurile cu soluții tehnice experimentale sau implementate în premieră, indiferent de lungimea deschiderii suprastructurii, sau la solicitarea prin caiete de sarcini a administratorului de drumuri sau cai ferate.

**38.4** Proiectul de întreținere a podului este necesar să conțină următoarele secțiuni:

- a) informații generale a proiectului existent (plane, secțiuni principalele elemente structurale cu indicarea soluțiilor standard sau individuale aplicate, materiale, detalii noduri, etc.);
- b) un sistem de marcare a elementelor podului în timpul întreținerii;
- c) frecvența inspecțiilor conform nomenclurii, scopul inspecțiilor, diagnosticărilor sau încercării;
- d) procedura de inspecție a elementelor structurale ale structurii;
- e) lista defectelor care pot apărea în timpul exploatării structurii și recomandări pentru eliminarea acestora;
- f) îndrumări pentru întreținerea pe timp de iarnă a structurii;
- g) îndrumări pentru întreținerea platelajului și carosabilului de pod;
- h) instrucțiuni pentru întreținerea indicatoarelor de semnalizare a navelor în cazul podurilor peste râuri navigabile;
- i) prescrierea termenilor inspecțiilor speciale (studii), diagnosticări sau încercări la poduri, precum și alte secțiuni care iau în considerare particularitățile structurii.

**38.5** La întreținerea podurilor de cale ferată este necesar respectate cerințele codurilor practice CP D.03.01, CP D.03.02 și alte norme UE adaptate sau aprobate.

**38.6** Dacă asupra unei lucrari nu se intervine in scop de mentenanta pe parcursul exploatarii, aceasta se degradeaza in timp in functie de materiale din care este realizata in functie de solicitarile la care este supusa (figura 38.1).

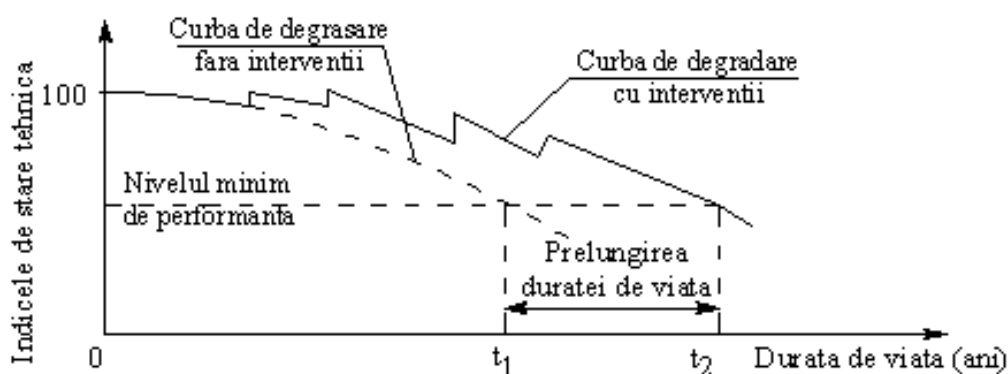


Figura 38.1 - Variația stării fizice a lucrării de pod pe durata de viață.

### 39 Supravegherea de autor. Urmărirea tehnico-științifică

**39.1** Pentru a asigura calitatea lucrărilor de proiectare, construcție și montare, precum și pentru a crește fiabilitatea, durabilitatea și siguranța structurilor podurilor, este necesar prevăzute supravegherea de autor din partea proiectantului, suportul științific și tehnic pentru proiectare și construcție, precum și monitorizarea construcțiilor conform NCM A.07.03.

**39.2** Supravegherea autorului de proiect se realizează în conformitate cu NCM A.07.03 și CUC 434/2023 "Codul Urbanismului și Construcțiilor".

**39.2.1** Supravegherea autorului de proiect include următoarele funcții principale:

- verificarea periodică a conformității proiectului structurilor finalizate;
- participarea la examinarea și recepția celor mai critice structuri;
- corectarea/ajustarea, dacă este cazul, la fața locului a documentației de lucru în limitele competenței sale;
- să solicite sistarea lucrărilor de construcții în cazul nerespectării prevederilor proiectului conform CUC 434/2023 art.125(c).

**39.3** Suportul științific și tehnic pentru proiectarea și construcția structurilor de poduri este asigurat de o organizație specializată autorizată de beneficiar.

**39.3.1** Sprijinul științific și tehnic constă în elaborarea de recomandări de utilizare în proiecte și în faza de construcție a noilor materiale, soluții de proiectare și transfer tehnologic, efectuarea de calcule complexe, soluții de calcul și proiectare software, modelări matematice și fizice precum și controlul calității lucrărilor.

**39.4** Pentru a evalua performanța reală a structurilor de poduri, proiectele este necesar să includă monitorizarea stării de tensiune-deformare a podurilor, aplicarea sistemelor tensometrice de monitorizare și supraveghere pe termen lung a stării și comportamentului acestora, în timpul construcției (reconstrucției) și exploatarei.

**39.4.1** Monitorizarea este necesar organizată în următoarele cazuri:

- în timpul construcției și exploatarei podurilor mari și complexe;
- pentru structuri metalice și din beton armat, la care se aplica suplimentar pretensionarea sau postensionarea acestora;
- pentru podurile cu structuri static nedeterminate, cu suprastructuri continue, suspendate, hobanate și neclasice, în care pot apărea eforturi suplimentare, deformații și tasări din cauza fenomenelor geologice periculoase, hidrologice, accidentări și seismice;
- pentru structurile din beton armat, în care poate exista o mare incertitudine privind procesele pe termen lung asociate cu curgerea lentă, contracție și deformații de temperatură (vârste diferite ale betonului, combinație de structuri prefabricate și monolitice etc.).

## **Bibliografie**

- [1] PD 165 - 2012 Normativ privind alcătuirea și calculul structurilor de poduri și podețe de șosea cu suprastructuri monolit și prefabricate.
- [2] Indicativ P100-1/2013 Cod de proiectare seismică. Prevederi de proiectare pentru clădiri. Partea 1.
- [3] Structuri de poduri metalice. Manual de proiectare. Editura U.T. PRESS, Cluj-Napoca, 2014. Petru MOGA.
- [4] GOST 9238 - 2013 Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений.
- [5] СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика.
- [6] Ghid de utilizare SM SR EN 1994-1-1. Proiectarea structurilor compozite din oțel și beton. Partea 1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Chisinau 2020.
- [7] Indicativ PD 46-2001. Normativ pentru calculul plăcilor armate pe două direcții la podurile din beton armat.

## **Traducerea autentică a prezentului document normativ în limba rusă**

### Начало перевода

ПРИМЕЧАНИЕ — В соответствии с частью (3) статьи 54 Закона № 100/2017 о нормативных актах, в случае разночтений между текстом на румынском языке и его переводом на другой язык положения, изложенные в тексте на румынском языке, обладают преимуществом.

**1**

**1.1**

**2**

Membrii Comitetului tehnic pentru normare tehnică în construcții CT-C D (01-04), „Construcții hidrotehnice, rutiere și speciale”, care au acceptat proiectul documentului normativ:

|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Președinte        | Bricicaru Ilie                              |
| Secretar          | Tulgara Oxana                               |
| Reprezent al MIDR | Eremia Ion<br><i>Supleant: Rogovei Radu</i> |
| Membri            | Jalbă Ion                                   |
|                   | Drucec Ion                                  |
|                   | Ponomari Sergiu                             |
|                   | Bizuschi Alexandru                          |
|                   | Taranenco Anatol                            |
|                   | Didenco Mihail                              |
|                   | Moțpan Maxim                                |
|                   | Buraga Andrei                               |

Utilizatorii documentului normativ sunt responsabili de aplicarea corectă a acestuia. Este important ca utilizatorii documentelor normative să se asigure că sunt în posesia ultimei ediții și a tuturor amendamentelor.

Informațiile referitoare la documentele normative (data aplicării, modificării, anulării etc.) sunt publicate în "Monitorul Oficial al Republicii Moldova", Catalogul documentelor normative în construcții, în publicații periodice ale organului central de specialitate al administrației publice în domeniul construcțiilor, pe Portalul Național "e-Documente normative în construcții" ([www.ednc.gov.md](http://www.ednc.gov.md)), precum și în alte publicații periodice specializate (numai după publicare în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, cu prezentarea referințelor la acesta).

Amendamente după publicare:

| Indicativul amendamentului | Publicat | Punctele modificate |
|----------------------------|----------|---------------------|
|                            |          |                     |

*Ediție oficială*

**NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII  
NCM D.02.07:2026**

**"Drumuri și poduri"  
"Proiectarea podurilor și podețelor"**

**Tipărit I.P. OATUCL  
Str. Independenței 6/1  
[www.oatucl.md](http://www.oatucl.md)**