

**NORMATIV PENTRU PROIECTAREA
STRUCTURILOR DE PODURI CU
GRINZI METALICE ÎNGLOBATE ÎN
BETON
INDICATIV NP-043/2000**

CUPRINS

1. GENERALITĂȚI.....	78
2. DOMENIUL DE APLICARE.....	78
3. DETALII CONSTRUCTIVE.....	79
3.1. Grinzi metalice.....	79
3.2. Betonul de acoperire.....	79
3.3. Reguli pentru montaj și betonare.....	80
3.4. Cofrajul pierdut.....	80
3.5. Distribuția armăturii.....	80
3.5.1. Armătura transversală de la partea inferioară a structurii.....	80
3.5.2. Armătura transversală de la partea superioară a structurii.....	81
3.5.3. Armătura longitudinală superioară.....	81
3.5.4. Armătura longitudinală inferioară.....	81
3.6. Oblicitatea structurilor.....	81
3.7. Reazemele grinzilor.....	82
4. MATERIALE.....	82
4.1. Oțeluri pentru grinzi.....	82
4.2. Oțeluri pentru armături.....	82
4.3. Betonul.....	82
4.4. Coeficientul de echivalență.....	82
4.5. Con tracția betonului.....	83
4.6. Coeficientul lui Poisson.....	83
4.7. Caracteristicile structurilor cu grinzi metalice înglobate în beton ce se iau în considerare la calculul dinamic.....	83
4.7.1. Calculul dinamic.....	83
4.7.2. Calculul dinamic simplificat.....	84
5. ACȚIUNI ȘI ÎNCĂRCĂRI.....	84
5.1. Acțiuni și încărcări permanente.....	84
5.2. Acțiuni variabile.....	85
5.2.1. Convoiuil de calcul.....	85
5.2.2. Alte acțiuni variabile.....	85

5.2.3. Gruparea încărcărilor și acțiunilor.....	86
6. CALCULUL EFORTURILOR ȘI DEFORMAȚIILOR.....	86
6.1. Modele de calcul.....	86
6.2. Calculul eforturilor și deformațiilor din încovoierea longitudinală.....	86
7. STĂRI LIMITĂ DE EXPLOATARE.....	87
7.1. Elemente generale.....	87
7.2. Deformații.....	87
7.3. Limitarea eforturilor unitare.....	88
7.3.1. Principiul verificării.....	88
7.3.2. Secțiuni considerate pentru calculul eforturilor unitare.....	88
7.3.3. Eforturi unitare limită în materiale.....	89
7.3.3.1. În grinzi metalice.....	89
7.3.3.2. În beton.....	89
7.3.3.3. În armătură.....	89
7.4. Deschiderea fisurilor.....	89
8. STĂRI LIMITĂ ULTIME.....	91
8.1. Starea limită ultimă de rezistență.....	91
8.1.1. Combinarea încărcărilor care se iau în considerare.....	91
8.1.2. Verificări.....	91
8.1.3. Calculul momentului încovoictor capabil M_{id}	93
8.2. Alte stări limită ultime.....	95
9. STAREA LIMITĂ DE OBOSEALĂ.....	95
9.1. Grinzi metalice laminate.....	95
9.2. Grinzi metalice sudate.....	95
9.3. Armătura.....	95
10. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....	96

1. GENERALITĂȚI

Prevederile prezentului normativ respectă principiile de alcătuire și proiectare a structurilor podurilor de cale ferată cu grinzi metalice înglobate în beton prevăzute în Fișa UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER 773 R, ediția a 4-a din 01.01.1997.

La proiectarea structurilor de poduri feroviare cu grinzi metalice înglobate în beton se vor considera acțiunile prevăzute în STAS 1489 (Poduri de cale ferată. Acțiuni)

Materialele utilizate pentru realizarea structurilor de poduri feroviare cu grinzi metalice înglobate în beton se vor considera cu proprietățile și caracteristicile date în SR1911 (Poduri metalice de cale ferată. Prescripții de proiectare) și STAS 10111/2 (Poduri din beton, beton armat și beton precomprimat. Prescripții de proiectare).

Prescripțiile de calcul din prezentul normativ se aplică tablierelor de poduri feroviare cu grinzi metalice înglobate în beton realizate în conformitate cu prevederile constructive prevăzute la pct. 3.

2. DOMENIUL DE APLICARE

Tablierelor cu grinzi metalice înglobate în beton pot fi utilizate pentru poduri de cale ferată cu deschiderea până la 30 m pentru structuri independente, simplu rezemate, și cu deschideri până la 35,0 m pentru structuri continui.

Aceste structuri au înălțimea de construcție relativ mică și sunt recomandate să se utilizeze pentru amplasamente unde înălțimea de construcție este limitată.

Tablierelor cu grinzi metalice înglobate în beton pot fi realizate și în soluția prefabricat.

3. DETALII CONSTRUCTIVE

3.1. Grinzile metalice

Tablierelor cu grinzi metalice înglobate în beton se realizează fie folosind grinzi metalice laminare cu tălpi late, fără elemente de consolidare, fie grinzi metalice sudate, echivalente. Suprafețele grinzilor metalice vor fi curățate înainte de utilizare.

Pentru asigurarea continuității armăturilor transversale inferioare se vor executa găuri în inimile grinzilor metalice.

Lumina între tălpile a două grinzi metalice adiacente trebuie să fie de cel puțin 15 cm. Distanța "e" (Figura 1) între axele a două grinzi adiacente nu trebuie să depășească următoarele valori:

$$c \leq 75 \text{ cm}$$

$$c \leq h/3 + 60 \text{ cm}$$

unde h este înălțimea nominală a grinzii metalice, în cm.

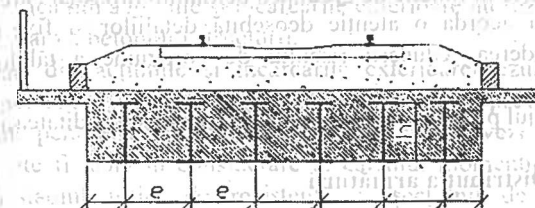


FIGURA 1: Schema secțiunii transversale pentru un tablier cu grinzi metalice înglobate în beton

3.2. Betonul de acoperire

Grosimea betonului deasupra tălpilor superioare ale grinzilor metalice trebuie să fie minimum 7 cm; această grosime nu trebuie să depășească cea mai mică dintre următoarele valori:

- 1/3 din înălțimea grinzilor metalice

- 15 cm

3.3. Reguli pentru montaj și betonare

Pentru montajul grinzilor metalice în pozițiile prevăzute în proiect se vor utiliza distanțieri.

Distanțierii dintre grinzile metalice vor fi de asemenea proiectați pentru a împiedica deplasările laterale ale acestora în timpul betonării structurii.

Amplasarea distanțierilor dintre grinzile metalice se va face obligatoriu în zonele secțiunilor de rezemare și în secțiuni intermediare pe deschidere; numărul și poziția secțiunilor intermediare în care se prevăd distanțieri între grinzile metalice se stabilesc prin calcule, ținând seama și de etapele de betonare.

Nu se admite fixare distanțierilor de grinzile metalice prin sudură.

3.4. Cofrajul pierdut (permanent)

Pentru interspațiile dintre grinzile metalice se prevăd pe tălpile inferioare ale acestora, elemente de cofraj pierdut rezemate prin intermediul unui mortar de ciment sau a unor benzi de cauciuc. Secțiunea elementelor de cofraj se stabilește în funcție de greutatea betonului proaspăt care le revine.

Se va acorda o atenție deosebită detaliilor și fixării cofrajului pierdut în vederea reducerii riscului de coroziune a tălpilor grinzilor metalice.

Cofrajul pierdut nu participă la rezistența și rigiditatea structurii.

3.5. Distribuția armăturii

3.5.1. Armătura transversală de la partea inferioară a structurii

Pentru a prelua efectele torsiunii și încovoierii transversale trebuie să se prevadă la partea inferioară a structurii armătură transversală pe toată lățimea tablierului.

Această armătură, care traversează inimile grinzilor deasupra racordării inimă-talpă la grinzile laminate sau deasupra sudurii inimă-talpă la grinzile sudate, va fi ancorată complet (la capacitatea ei de rezistență) dincolo de fețele exterioare ale inimilor grinzilor metalice extreme. Se recomandă ca marginile inferioare ale găurilor, prevăzute în inimile grinzilor pentru continuitatea armăturilor transversale, să fie la o distanță de

cel puțin 20 mm față de extremitatea racordării, respectiv marginea cordonului de sudură. De asemenea se recomandă ca diametrul găurilor să fie cu 5 mm mai mare decât diametrul nominal al armăturilor.

3.5.2. Armătura transversală de la partea superioară a structurii

Această armătură, care trebuie de asemenea prevăzută pe toată lățimea tablierului, va avea o secțiune transversală (aric) cel puțin egală cu jumătate din cea a armăturii dispusă la partea inferioară dar nu mai puțin de 5φ10 mm pe metru liniar.

Pe întreaga lățime a tablierului, aceste armături nu trebuie să fie în contact cu tălpile grinzilor metalice. Această cerință se realizează cu distanțieri prevăzuți pentru acest scop.

Această armătură va fi prelungită pe fețele verticale, laterale, astfel încât împreună cu armătura transversală inferioară să formeze o carcasă închisă.

3.5.3. Armătura longitudinală superioară

Se va prevedea armătură longitudinală superioară 4φ10 mm / ml, constructiv, dacă din acțiunile și încărcările exterioare nu rezultă întinderi la partea superioară a betonului structurii.

Dacă din acțiunile și încărcările exterioare rezultă întinderi la partea superioară a betonului structurii se vor prevedea armături longitudinale pentru limitarea deschiderii fisurilor (vezi 7.4.). Această armătură poate fi luată în considerare la calculul momentului încovoietor capabil în stadiul ultim de rezistență al secțiunii de pe reazemele intermediare ale structurilor continui de poduri (vezi 7.3).

3.5.4. Armătura longitudinală inferioară

Pentru limitarea deschiderii fisurilor betonului din zona întinsă de la partea inferioară a structurii, se prevede o armătură longitudinală de cel puțin 5φ10 mm / ml.

3.6. Oblicitatea structurilor

Efectele oblicității tablierului trebuie luate în considerare numai dacă unghiul de oblicitate este mai mic decât 70 grade. (grade centigrade).

3.7. Reazemele grinzilor

Fiecare grindă a structurii, laminată sau sudată, trebuie rezemată individual pe aparate de reazem fixate pe cuzineții pilelor sau culcelor. Această soluție facilitează betonarea și asigură transferul direct al încărcărilor de la grinzi la infrastructură.

Dacă se folosesc alte soluții de rezemare, acestea vor fi atent studiate și vor fi justificate prin calcule.

4. MATERIALE

4.1. Oțeluri pentru grinzi

Mărcile și clasele de calitate ale oțelurilor folosite pentru grinzi sudate se vor alege respectând prevederile din STAS 12187.

Dacă se utilizează grinzi metalice cu tălpi late laminate, mărcile și clasele de calitate ale oțelurilor trebuie să corespundă prevederilor din Fișa UIC 773 R / 01-01-1997.

4.2. Oțeluri pentru armături

Pentru armăturile din beton se vor respecta prevederile din STAS 10111/2. Armăturile se vor confecționa numai din oțeluri ductile.

4.3. Betonul

Betonul utilizat pentru structuri cu grinzi metalice înglobate trebuie să corespundă reglementărilor din: "Codul de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat (Partea I-a-beton și beton armat), indicativ NE 012-99".

Din motive de durabilitate a podurilor se recomandă, pentru poduri de cale ferată cu grinzi metalice înglobate în beton, să se folosească beton din clasa 30/37.

4.4. Coeficientul de echivalență

Coeficientul de echivalență oțel-beton pentru încărcări de scurtă durată este definit prin raportul: $n_i = \frac{E_u}{E_i}$ undă:

E_a = modulul de elasticitate al oțelului din grinzi metalice
 E = modulul de elasticitate al betonului pentru încărcări de scurtă durată

Coeficientul de echivalență oțel-beton, pentru încărcări de lungă durată, este definit de expresia:

$$n_v = \frac{E_u}{E_i} (1 + K_n)$$

Dacă la evaluarea coeficientului K_n nu se folosește o metodă mai exactă, valoarea acestuia poate fi luată egală cu 2. Metoda de evaluare mai exactă a coeficientului K_n trebuie să fie o metodă recunoscută, prezentată în prescripții de proiectare sau literatura de specialitate.

4.5. Con tracția betonului

Con tracția betonului nu se ia în considerare.

4.6. Coeficientul lui Poisson

Coeficientul lui Poisson va fi luat egal cu 0 pentru calculul la starea limită ultimă de rezistență și egal cu 0,2 pentru calculul la stările limită de exploatare.

Acceasi valoare a coeficientului lui Poisson poate fi folosită pentru ambele direcții ortogonale ale structurilor cu grinzi metalice înglobate în beton.

4.7. Caracteristicile structurilor cu grinzi înglobate în beton ce se iau în considerare la calculul dinamic

4.7.1. Calculul dinamic

Rigiditatea și masa structurii podului variază în timpul exploatării. La calculul dinamic se vor considera acele valori ale parametrilor care determină comportarea dinamică a structurii astfel încât să se obțină cele mai defavorabile situații.

Rigiditatea structurii se va considera în următoarele ipoteze extreme:

- cu betonul din zona întinsă fisurat în toate secțiunile structurii.

- cu betonul din zona întinsă nefisurat în toate secțiunile structurii.

În ambele ipoteze se consideră modulul de elasticitate al betonului și coeficientul de echivalență oțel-beton n , corespunzător încărcărilor de scurtă durată.

Rigiditatea poate fi considerată constantă în lungul structurii.

Caracteristicile inerțiale ale structurii (masa, momentele de inerție ale maselor) se vor determina pentru valorile minime și maxime posibile ale grosimii balastului pe structură.

Fracțiunea din amortizarea critică a structurii poate fi considerată egală cu 2%. Precizăm că această fracțiune din amortizarea critică corespunde unui decrement logaritm al amplitudinii de 0,126.

4.7.2. Calculul dinamic simplificat

Frecvența fundamentală de vibrație prin încovoiere a structurii poate fi calculată folosind următoarele ipoteze:

- momentul de inerție evaluat conform 6.2.;

- coeficientul de echivalență n , corespunzător încărcărilor de scurtă durată.

- masa structurii considerată egală cu valoarea nominală minimă precizată la 4.7.1.

5. ACȚIUNI ȘI ÎNCĂRCĂRI

5.1. Acțiuni și încărcări permanente

Acțiunile și încărcările permanente considerate la calculul acestor structuri sunt:

a) Greutatea grinzilor metalice, a cofrajului pierdut, a armăturilor, a legăturilor transversale, a contravântuirilor și distanțierilor, a betonului, etc.

b) Greutatea betonului de egalizare, a hidroizolațiilor, a căii și componentelor acesteia. Valorile acestor încărcări pot varia în perioada de

exploatare a structurii. Pentru aceste încărcări se va consulta STAS 1489 (Poduri de cale ferată. Acțiuni).

c) Deformații permanente impuse prin tehnologia de execuție și/sau tasări de reazeme.

Structura de rezistență care se consideră că preia încărcările de la pct. a (greutatea proprie a structurii de rezistență) depinde de tehnologia de execuție. Situațiile extreme sunt:

* Structura compusă oțel-beton, dacă până la întărirea betonului tehnologia de execuție prevede reazemarea continuă (pe toată lungimea) a grinzilor metalice.

* Structura alcătuită numai din grinzile metalice, dacă tehnologia de execuție prevede reazemarea grinzilor metalice numai în secțiunile de reazem finale.

Acțiunile și încărcările permanente de la pct. b și c se consideră preluate întotdeauna de structura compusă oțel-beton.

5.2. Acțiuni variabile

5.2.1. Convoiu de calcul

Convoiu de calcul se consideră conform STAS 1489 (Poduri de cale ferată. Acțiuni) dacă nu este altfel precizat.

5.2.2. Alte acțiuni variabile

Încărcările datorate acțiunii vântului se consideră conform STAS 1489 (Poduri de cale ferată. Acțiuni).

Efectele datorate temperaturii se neglijează la calculul structurii, dar trebuie considerate la calculul aparatelor de reazem.

Efectele datorate zăpezii se neglijează.

5.2.3. Gruparea încărcărilor și acțiunilor

Gruparea acțiunilor și încărcărilor se face conform prevederilor din STAS 10101/0B (Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea pentru poduri de cale ferată și șosea).

6. CALCULUL EFORTURILOR ȘI DEFORMAȚIILOR

6.1. Modele de calcul

Eforturile și deformațiile structurii se calculează, considerând comportarea liniar elastică a materialelor.

Structura de rezistență poate fi modelată ca o placă ortotropă.

Calculul eforturilor poate fi făcut utilizând tabelele Guyon-Massonnet Bares sau cu ajutorul metodei elementului finit. Metoda elementului finit se utilizează în special în cazul structurilor oblice și a structurilor în care raportul lungime/lățime este aproximativ egal cu 1.

Modelarea structurii sub formă de grinzi independente, calculate cu teoria clasică a încovoierii este permisă dacă încovoierea transversală sau torsiunea structurii este preluată prin armătura transversală. Acesta este cazul structurilor pentru calea ferată simplă și cu oblicitate mai mare de 70 grade (grade centesimale), la care armătura transversală inferioară este alcătuită din bare de oțel cu mare aderență (profilate) distribuite la maximum 300 mm distanță și cu diametrul de 16 mm când deschiderea este mai mare de 5,0 m și cu diametrul de 20 mm când deschiderea este mai mică de 5,0 m.

6.2. Calculul eforturilor și deformațiilor din încovoierea longitudinală

Verificările pentru încovoierea longitudinală se vor efectua pentru grinzele cel mai defavorabil încărcate și pentru secțiunile lor transversale cele mai solicitate.

Eforturile și săgețile structurii pot fi determinate considerând un moment de inerție cu valoare constantă pe toată lungimea structurii.

Pentru încărcările și acțiunile aplicate după întărirea betonului, momentul de inerție I se determină astfel:

$$I = \frac{I' + I''}{2}$$

unde:

I' = momentul de inerție al secțiunii transversale compuse (secțiunea echivalentă) solicitată la încovoiere la care se neglijează betonul din zona întinsă.

I'' = momentul de inerție al secțiunii transversale compuse (secțiunea echivalentă) solicitată la încovoiere la care nu se neglijează betonul din zona întinsă (beton nefisurat).

Lățimea secțiunii de beton asociată fiecărei grinzi metalice este egală cu distanța "e" dintre grinzi.

Armăturile longitudinale pot fi neglijate.

Coefficientul de echivalență se consideră conform pct. 4.4.

Deformațiile verticale ale structurii, care se folosesc și pentru determinarea contrasăgeții grinzilor metalice, se calculează în conformitate cu prevederile aliniatelor de mai sus.

7. STĂRI LIMITĂ DE EXPLOATARE

7.1. Elemente generale

Stările limită de exploatare sunt în conformitate cu STAS 10101/0B.

În afara de starea limită de deformație se vor verifica și următoarele stări limită:

- * valoarea eforturilor unitare în materiale;
- * deschiderea fisurilor.

Combinarea și gruparea acțiunilor considerate pentru stările limită de exploatare, se va face în conformitate cu prevederile din STAS 10101/0B.

7.2. Deformații

Pentru deformații, la verificarea stării limită de exploatare, se consideră regulile precizate la pct. 6.2.

7.3. Limitarea eforturilor unitare

7.3.1. Principiul verificării

Se urmărește ca eforturile unitare în materialele structurii de rezistență (betonul comprimat și oțelul), determinate prin calcul, să nu provoace deformații ireversibile pentru orice combinație posibilă a acțiunilor; prin urmare această limitare a eforturilor unitare asigură comportarea liniar elastică a structurii.

În nici un punct al structurii eforturile unitare maxime (totale) nu vor depăși valorile limită ale eforturilor unitare precizate la pct. 7.3.3; această condiție se verifică pentru fiecare fază de execuție și în exploatare.

Eforturile unitare datorate încărcărilor aplicate înainte de întărirea betonului vor fi determinate considerând numai secțiunea grinzilor metalice.

Eforturile unitare datorate încărcărilor permanente aplicate structurii după întărirea betonului vor fi determinate considerând caracteristicile mecanice ale secțiunii compuse oțel-beton (vezi pct. 4.4) corespunzătoare încărcărilor de lungă durată.

Eforturile unitare datorate încărcărilor variabile se determină considerând caracteristicile mecanice ale secțiunii compuse oțel-beton durată (vezi pct. 4.4.) corespunzătoare încărcărilor de scurtă durată.

7.3.2. Secțiuni considerate pentru calculul eforturilor unitare

Pentru grinzile interioare ale structurii, lățimea secțiunii de beton care conlucrează cu grinda metalică, se consideră egală cu distanța între axele a două grinzi metalice adiacente.

Pentru grinzile marginale ale structurii, lățimea secțiunii de beton care conlucrează cu grinda metalică se consideră egală cu suma dintre jumătatea distanței dintre axele a două grinzi metalice adiacente și distanța dintre axa grinzii marginale și fața exterioară verticală a structurii, dar nu mai mult decât jumătate din distanța între axele a două grinzi metalice adiacente.

La secțiunile transversale solicitate la momente încovoietoare pozitive (în câmp), eforturile unitare trebuie calculate neglijând betonul (fisurat) din zona întinsă.

La secțiunile transversale solicitate la momente încovoietoare negative (reazeme intermediare la grinzi continui) eforturile unitare trebuie calculate neglijând betonul (fisurat) din zona întinsă dar luând în considerare armătura întinsă (longitudinală) situată deasupra grinzilor metalice.

7.3.3. Eforturi unitare limită în materiale

7.3.3.1. În grinzi metalice

Eforturile unitare normale în grinzi metalice (σ_s) nu vor depăși valoarea $f_y/1,15$.

Eforturile unitare tangențiale maxime (τ_t) se calculează considerând că forța este preluată numai de secțiunea netă a inimii grinzii (se scad găurile din secțiunea inimii). Eforturile unitare tangențiale maxime trebuie să îndeplinească condiția:

$$\tau_t \leq 0,45f_y$$

Dacă la nivelul găurilor din inimă există și eforturi unitare normale (σ) trebuie îndeplinită și condiția:

$$\sigma^2 + 3,7\tau_t^2 \leq (\sigma_s)^2$$

În relațiile de mai sus, f_y reprezintă limita de curgere a oțelului din care sunt confecționate grinziile.

7.3.3.2. În beton

Efortul unitar de compresiune în beton nu va depăși $0,6 f_{ck}$, unde f_{ck} reprezintă rezistența caracteristică a betonului determinată pe cilindru.

Eforturile unitare normale de întindere în beton nu sunt limitate.

7.3.3.3. În armătură

Eforturile unitare normale în armătura longitudinală întinsă nu va depăși valoarea $f_y/1,15$.

7.4. Deschiderea fisurilor

La structuri continui, în zona momentelor încovoietoare negative (reazeme intermediare), pentru limitarea deschiderii fisurilor se va prevedea armătură longitudinală corespunzătoare (Fig. 2). Aria armăturii longitudinale necesare (A_s) trebuie să îndeplinească condiția:

$$A_s \geq 0,65 \cdot A_c \cdot f_{tc} / \sigma_s$$

in care:
 A_c = aria betonului întins, situat deasupra tălpilor superioare ale grinzilor metalice

f_{ct} = rezistența betonului la întindere (în MPa)* pentru care se presupune că apar fisuri. Această rezistență se ia egală cu dublul valorii rezistenței de calcul la întindere a betonului conform STAS 10111/2.

σ_s = eforturile unitare în armătura longitudinală din Tabelul 1 (în MPa) sunt funcție de diametrul armăturii și depind de valoarea admisă a deschiderii fisurii (F)

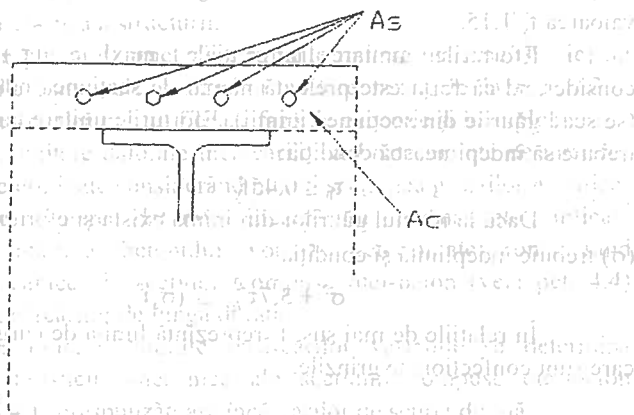


Fig. 2

Tabelul 1

ϕ_s (mm)	10	12	16	20	25
F=0,3 mm	360	320	280	240	200
F=0,2 mm	280	240	200	180	160

În Tabelul 1 $\phi_s = \phi_s \cdot 2,5 / f_{ct}$, unde ϕ_s este diametrul barelor necesare pentru zona întinsă a betonului.

Valoarea maximă a deschiderii fisurilor (F) se consideră conform STAS 10111/2.

in care: *MP_s = N/mm²

8. STĂRI LIMITĂ ULTIME

8.1. Starea limită ultimă de rezistență

8.1.1. Combinarea încărcărilor care se iau în considerare

Verificarea la starea limită ultimă de rezistență a structurilor cu grinzi metalice înglobate în beton se face numai la momentele încovoietoare. Combinația principală este dată de relația:

$$M_{sd} = 1,35M_c + 1,45 M_o + 0,9 M_w$$

M_{sd} = momentul încovoietor de proiectare la starea limită ultimă de rezistență;

M_c = momentul încovoietor datorat încărcărilor permanente, cu excepția tasărilor de reazeme; Momentele încovoietoare datorate tasărilor de reazeme vor fi multiplicare cu un coeficient parțial de siguranță egal cu 1,0 în loc de 1,35;

M_o = momentul încovoietor datorat convoiului de calcul;

M_w = momentul încovoietor datorat acțiunii vântului.

8.1.2. Verificări

La starea limită ultimă, momentele încovoietoare, în secțiunile reazemelor intermediare ale structurilor continue, se pot reduce cu valoarea

$$\Delta M = \frac{R \cdot a}{8} \text{ în care:}$$

R = reacțiunea la reazemul intermediar

a=b+h, unde:

MP_s = N/mm²

b = lățimea aparatului de reazem

h = înălțimea secțiunii transversale a structurii de rezistență, pe reazemul intermediar.

Momentele încovoietoare pe reazemele intermediare ale structurilor continue pot fi reduse și prin deformații impuse (denivelări de reazeme).

În toate secțiunile transversale ale structurii de rezistență momentul încovoietor trebuie să îndeplinească următoarea condiție:

$$M_{sl} \leq M_{Rd}$$

unde:

M_{Rd} = momentul capabil al structurii de rezistență în secțiunea verificată.

Pentru structuri continue, în cazul reducerii momentelor încovoietoare din secțiunea reazemelor intermediare prin deformații impuse, redistribuirea momentelor încovoietoare datorită comportării inelastice a materialelor la starea ultimă poate fi luată în considerare în următoarele condiții:

a) Momentele încovoietoare în secțiunea reazemelor intermediare nu se vor reduce în funcție de lățimea aparatului de reazem ($\Delta M = \frac{R \cdot a}{8}$)

b) Reducerea momentului încovoietor pe un reazem intermediar "i" (δM_i) nu va depăși 15%; Aceasta se realizează dacă este satisfăcută relația:

$$M_{Rdi} \leq M_{sdi} \leq \frac{M_{Rdi}}{0,85} \quad \text{unde}$$

M_{Rdi} = momentul capabil al structurii de rezistență în secțiunea reazemului intermediar "i"

c) Momentele încovoietoare în câmpuri trebuie majorate astfel încât să fie satisfăcută condiția de echilibru dintre eforturile interioare și încărcări (Fig. 3)

$$M_i^* = M_i - \delta M_i$$

$$M_{jk}^*(x) = M_{jk}(x) - \delta M_j + \frac{\delta M_j - \delta M_k}{l_k} x; \quad j, k \in (0, 1, 2, \dots, n)$$

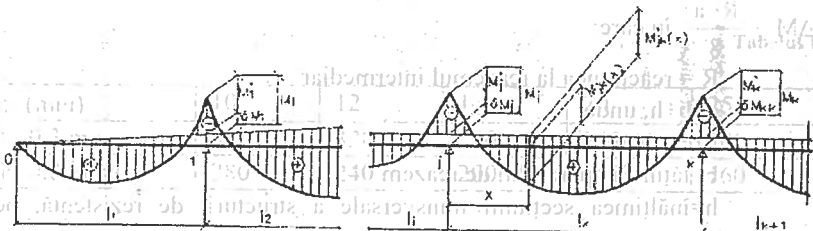


Fig. 3 Exemplu de redistribuire a momentelor încovoietoare pentru structură continuă cu 3 deschideri inegale

Momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) se determină folosind o distribuție dreptunghiulară a eforturilor unitare (σ) atât pentru grinzile metalice cât și pentru betonul care le înglobează. Pentru cele două materiale (oțel și beton) se consideră următoarele valori limită ale eforturilor unitare:

- pentru beton, eforturile unitare limită de compresiune se iau egale cu $\lambda \cdot f_{ck} / 1,5$ în cazul grupării fundamentale de acțiuni și $\lambda \cdot f_{ck} / 1,15$ în cazul grupării fundamentale suplimentată. Pentru betoane normale se consideră $\lambda=0,85$.

f_{ck} este rezistența caracteristică a betonului determinată pe cilindru.

- rezistența la întindere a betonului se neglijează

- pentru oțelul grinzilor metalice, efortul unitar limită este $f_y / 1,15$, în care f_y este limita de curgere.

- pentru armături, eforturile unitare limită sunt $f_y / 1,15$, în care f_y este limita de curgere a oțelului din armături.

La starea limită ultimă, axa neutră a secțiunii compuse (oțel-beton) trebuie să fie situată între tălpile grinzilor metalice.

Se neglijează aportul cofrajului pierdut dintre grinzile metalice asupra rezistenței.

8.1.3. Calculul momentului încovoietor capabil M_{rd}

Momentul încovoietor capabil la starea limită ultimă se consideră momentul încovoietor pentru care secțiunea transversală (oțel-beton) poate rezista înainte de rupere. Acest moment încovoietor se obține considerând că cele două materiale ale secțiunii transversale se plasticizează (Fig. 4).

a) Poziția axei neutre

Poziția axei neutre rezultă din condiția de echilibru a forțelor interioare; rezultanta eforturilor unitare de întindere din grinda metalică trebuie să fie egală cu suma rezultatelor eforturilor unitare de compresiune din beton și grinda metalică (Fig. 4)

$$F_{s_i} = F_{B_c} + F_{S_c}$$

$$F_{s_i} = \frac{f_y}{1,15} [b \cdot t + t_a (x_G - t)]$$

$$F_{S_c} = \frac{f_y}{1,15} [b \cdot t + t_a (h - t - x_G)]$$

$$F_{B_c} = \frac{\lambda \cdot f_{ck}}{1,5} [B(H - x_G) - b \cdot t - t_a (h - t - x_G)]$$

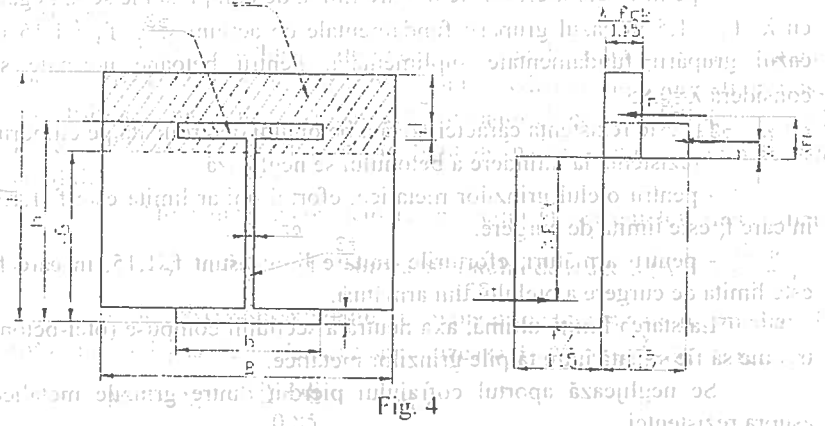


Fig. 4

Rezultă:

$$x_{Gc} = \frac{\lambda \cdot f_{ck} [B \cdot H - b \cdot t - t_a (h - t)] + \frac{f_y}{1,15} t_a \cdot h}{1,5 \lambda \cdot f_{ck} (B - t_a) + 2 \frac{f_y}{1,15} t_a}$$

Momentul încovoitor capabil la starea limită ultimă are expresia:

$$M_{Rd} = F_{s,c} \cdot x_{s,c} + F_{B,c} \cdot x_{B,c} + F_{s,t} \cdot x_{s,t}$$

unde $x_{s,c}$, $x_{B,c}$, $x_{s,t}$ - sunt distanțele de la axa neutră la

rezultantele $F_{s,c}$, $F_{B,c}$, $F_{s,t}$ și se obțin cu următoarele relații:

$$x_{s,t} = \frac{t_a (x_G - t)^2 + b \cdot t (x_G - t)}{2 t_a (x_G - t) + b \cdot t}$$

$$x_{B,c} = \frac{t_a (h - x_G - t)^2 + b \cdot t (h - x_G - t)}{2 t_a (h - x_G - t) + b \cdot t}$$

$$x_{FB,c} =$$

$$\frac{B(H-h) \left(\frac{h}{2} - x_G + \frac{H}{2} \right) + t(B-b) \left(h - x_G - \frac{t}{2} \right) + (B-t_a) \frac{(h-x_G-t)^2}{2}}{B(H-x_G) - b \cdot t - t_a (h-x_G-t)}$$

Momentul încovoitor capabil pe reazemele intermediare ale structurilor continue se calculează utilizând aceleași ipoteze dar luând în considerare și armătura longitudinală de la partea superioară.

8.2. Alte stări limită ultime

Rezistența și stabilitatea elastică (flambajul lateral) al grinzilor metalice trebuie verificate pentru toate situațiile de încărcare care preced întărirea completă a betonului.

Verificările de rezistență și stabilitate (de formă și poziție) trebuie efectuate ținând seama de etapele de execuție și/sau montaj.

9. STAREA LIMITĂ DE OBOSEALĂ

9.1. Grinzi metalice laminate

Grinzile metalice laminate care se încadrează în toleranțele și exigențele de execuție, (la tăiere, la găurire, etc.) nu se verifică la oboseală. Dacă în timpul execuției structurii se constată degradări ale grinzilor metalice se va efectua verificarea la oboseală în secțiunea care include degradarea chiar dacă a fost reparată. Verificarea trebuie să ia în considerare tehnologia aplicată la reparația efectuată.

9.2. Grinzi metalice sudate

Toate îmbinările sudate trebuie verificate la oboseală conform SR 1911. Ecarturile de eforturi unitare ($\Delta\sigma$) se vor calcula în secțiunile care se verifică din acțiunea convoiului de calcul T8,5.

9.3. Armătura

Armătura longitudinală din zona reazemelor intermediare ale structurilor continue trebuie verificată la oboseală în conformitate cu prevederile din STAS 10111/2.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

* UIC CODE 773 R-4 th edition 01.01.1997

Recomendations for the design of joist - in - concrete railway
bridges

* DS-804 Deutsche Bundesbahn - Vorschrift für Eisenbahnbrücken
und Sonstige Ingenieurbauwerke, 1 Januar 1983, Anlage 8.

* SNCF - Tabliers a poutrelles enrobées. Guide de conception et de
dimensionnement.