

Horia CONSTANTINESCU

Laura-Catinca LEȚIA

Oana-Eugenia GHERMAN

ÎNDRUMĂTOR PENTRU DIMENSIONAREA ELEMENTELOR STRUCTURALE DIN BETON ARMAT



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2023
ISBN 978-606-737-687-6

Horia CONSTANTINESCU

Laura-Catinca LEȚIA

Oana-Eugenia GHERMAN

**ÎNDRUMĂTOR PENTRU DIMENSIONAREA
ELEMENTELOR STRUCTURALE DIN BETON ARMAT**



UTPRESS

Cluj-Napoca, 2023

ISBN 978-606-737-687-6



Editura UTPRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>

Director: Ing. Dan Colțea

Recenzia: Ș.l.dr.ing. Vladimir Marusceac
 Conf.dr.ing. Bogdan Horea Hegheș

Pregătire tipar: Gabriela Groza

Copyright © 2023 Editura UTPRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii UTPRESS.

Tiparul executat la Tipografia UTCN.

ISBN 978-606-737-687-6

PREFAȚĂ

Prin conținutul și modul de abordare a subiectelor, acest îndrumător se adresează studenților constructori din anul III, din cadrul specializării Căi ferate, drumuri și poduri. Punând bază pe principiile de proiectare actuale și noțiunile teoretice de la curs îndrumătorul urmărește să prezinte un punct de vedere în ceea ce privește proiectarea structurilor de beton armat prin exemple de calcul și reprezentări grafice care să completeze imaginea de ansamblu a informațiilor transmise către studenți.

Capitolele îndrumătorului sunt astfel structurate pentru a exemplifica cum se efectuează operațiile de predimensionare, apoi cum se realizează modelarea structurii pentru calcul, cum se stabilesc încărcările de calcul și cum se distribuie acestea pentru obținerea eforturilor secționale maxime, cum se efectuează dimensionarea elementelor din beton armat monolit. Se tratează toate elementele care alcătuiesc structura: plăcile, antretoazele/grinzile secundare, grinzile principale și pilele.

O atenție specială se acordă alcătuirii constructive a elementelor structurale și realizarea planurilor cu detaliile de execuție, inclusiv a extraselor de armături.

Sperăm că acest îndrumător se va dovedi util studenților la elaborarea proiectelor de an.

Autorii

CUPRINS

Cap 1.	Alegerea materialelor și configurarea structurii.....	1
1.1	Alegerea materialelor	1
1.2	Rezistența de calcul a materialelor	1
1.3	Configurarea structurii.....	1
Cap 3.	Predimensionarea elementelor structurale	4
3.1	Predimensionarea plăcii.....	4
3.2	Predimensionarea grinzii principale	4
3.3	Predimensionarea antretoazei	5
3.4	Predimensionarea pilei.....	5
Cap 4.	Calculul static.....	6
Cap 5.	Dimensionarea plăcii	8
5.1	Analiza ochiului de placă. Principii și verificarea preliminară.....	8
5.2	Stabilirea eforturilor de dimensionare.....	10
5.3	Calculul cantităților de armătură pentru preluarea momentului încovoietor din placă	14
5.4	Calculul cantităților de armătură pentru preluarea forței tăietoare din placă.....	23
5.5	Întocmirea schițelor pentru realizarea planului cofraj și armare a plăcii	24
Cap 6.	Dimensionarea grinzilor (antretoaze și grinzi principale).....	26
6.1	Dimensionarea antretoazei (grinzii secundare) centrale	26
6.2	Dimensionarea grinzii principale	38
Cap 7.	Dimensionarea pilelor	55
7.1	Stratul de acoperire cu beton al etrierului $c_{nom,sw}$	55
7.2	Dimensionare armăturilor pentru preluarea momentului încovoietor	55
7.3	Verificarea la flambaj a pilei	59
7.4	Pila se verifică la compresiune excentrică oblică:	61
7.5	Dimensionarea armăturilor pentru preluarea forței tăietoare	65
Anexe	67

Tema proiectului

Se cere proiectarea supra-structurii de rezistență pentru o pasarelă realizată din beton armat monolit, ținând cont de următoarele aspecte:

- zona rezervată traficului pietonal este delimitată de cele două grinzi principale. De o parte și de alta a zonei pietonale sunt prevăzute benzi pentru biciclete.
- pasarela va avea structura de rezistență alcătuită din plăci care reazemă pe grinzi principale și antretoaze realizate din beton armat, în variantă monolită.
- grinzile principale se vor considera grinzi continue cu două deschideri egale „L”
- antretoazele sunt dispuse transversal și au deschiderea „l”
- benzile pentru biciclete se consideră console ale plăcii, cu lungime egală cu „l_c”
- reazemele intermediare vor fi două pile din beton armat monolit, de înălțime „H”.
- peste placa de beton armat se va considera un strat de asfalt (binder + strat de uzură).
- încărcarea utilă va fi o sarcină uniform distribuită pe toată suprafața pasarelei „q”.
- încărcare dată de oameni (pietoni și bicicliști) se consideră egală cu 5 kN/m².
- benzile pentru biciclete vor fi prevăzute cu parapeti la extremități. Încărcarea dată de parapeti va fi distribuită liniar pe capetele consolei
- se vor lua în considerare sarcinile gravitaționale și nu se vor trata fundațiile.
- se va utiliza clasa de expunere XF2 și clasa structurală S5.

Date geometrice și încărcări caracteristice

L= 15 m

l= 6.5 m

l_c=1.2 m

H= 8 m

Încărcare utilă, „q”= 5 kN/m²

Încărcare transmisă de parapeti=12.5 kN/m

Încărcare transmisă de oameni (pietoni și bicicliști)=5.0 kN/m²

Clasa beton: C35

Tipul de oțel: B500

Conținutul proiectului

Proiectul se bazează pe calculul eforturilor și dimensionarea elementelor la starea limită ultimă de rezistență, în gruparea fundamentală. Se va lua în considerare acțiunea încărcărilor verticale, precum și o încărcare laterală.

Piese scrise:

1. predimensionarea elementelor de rezistență
2. dimensionarea elementelor de rezistență – placă, antretoază, grindă principală și pilă

Piese desenate:

R01. Plan cofraj placă	sc. 1:50
R02. Plan armare placă	sc. 1:50
R03. Plan cofraj și armare antretoaze	sc. 1:50
R04. Plan cofraj și armare grinzi principale	sc. 1:50
R05. Plan cofraj și armare pile	sc. 1:50

Cap 1. Alegerea materialelor și configurarea structurii

1.1 Alegerea materialelor

Valorile limită ale compozițiilor betonului și clasa minimă a acestuia se alege în funcție de clasa de expunere bazată pe ipoteza unei durate de viață și întreținere a structurii [1]. În Anexa 1 sunt prezentate clasele de expunere. Acestea sunt definite în funcție de tipurile de degradări care pot să apară pe durata de viață a betonului din structură. Conform normativului NE 012/1-2022 [1], încadrarea structurii se face în raport cu caracteristicile ce conduc la agresiunea cea mai defavorabilă.

Structura se încadrează în clasa de expunere XF2. Pentru această clasă de expunere, clasa minimă de beton este C30/37, conform Tabelului I.2.

Armăturile utilizate la structuri de poduri trebuie să aibă o ductilitate adecvată (raportul dintre rezistența la întindere și limita de curgere). Pentru a îndeplini această condiție se propune utilizarea oțelurilor de clasă B și/sau clasă C. În consecință, pentru structura prezentă s-a ales oțel de timp B500 B.

1.2 Rezistența de calcul a materialelor

a. Beton

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \cdot \frac{30}{1.5} = 17,00 \text{ MPa}$$

f_{cd} – valoarea rezistenței de calcul la compresiune

α_{cc} – coeficient ce ține seama de efectele de lungă durată asupra rezistenței la compresiune (se recomandă $\alpha_{cc}=0.85$ conform [2])

f_{ck} – valoarea rezistenței caracteristice la compresiune (Tabelul II.1)

γ_c – coeficient parțial de siguranță pentru beton; $\gamma_c = 1.5$ pentru situații permanente și tranzitorii

b. Oțel

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

f_{yd} – limita de curgere de calcul a armăturilor pentru beton armat

f_{yk} – limita de curgere caracteristică (Tabelul II.3)

γ_s – coeficient parțial pentru oțel; $\gamma_s = 1.15$ pentru situații permanente și tranzitorii

1.3 Configurarea structurii

În tema proiectului s-au menționat toate elementele de rezistență care alcătuiesc structura, dar nu s-a detaliat concepția de alcătuire a acesteia. Atunci când distanța dintre grinzile principale este cuprinsă între 3÷7 m, pentru menținerea grosimii plăcii în limite economice avantajoase, se recomandă plăci rezemate pe contur, iar distanța dintre antretoaze se recomandă să nu depășească 4.0 - 6.0 m. Procedând în acest fel, se vor prevedea antretoaze suplimentare conform schiței din Fig. 1.2, placa fiind împărțită în mai multe panouri a căror raport al laturilor este mai mic decât 2.

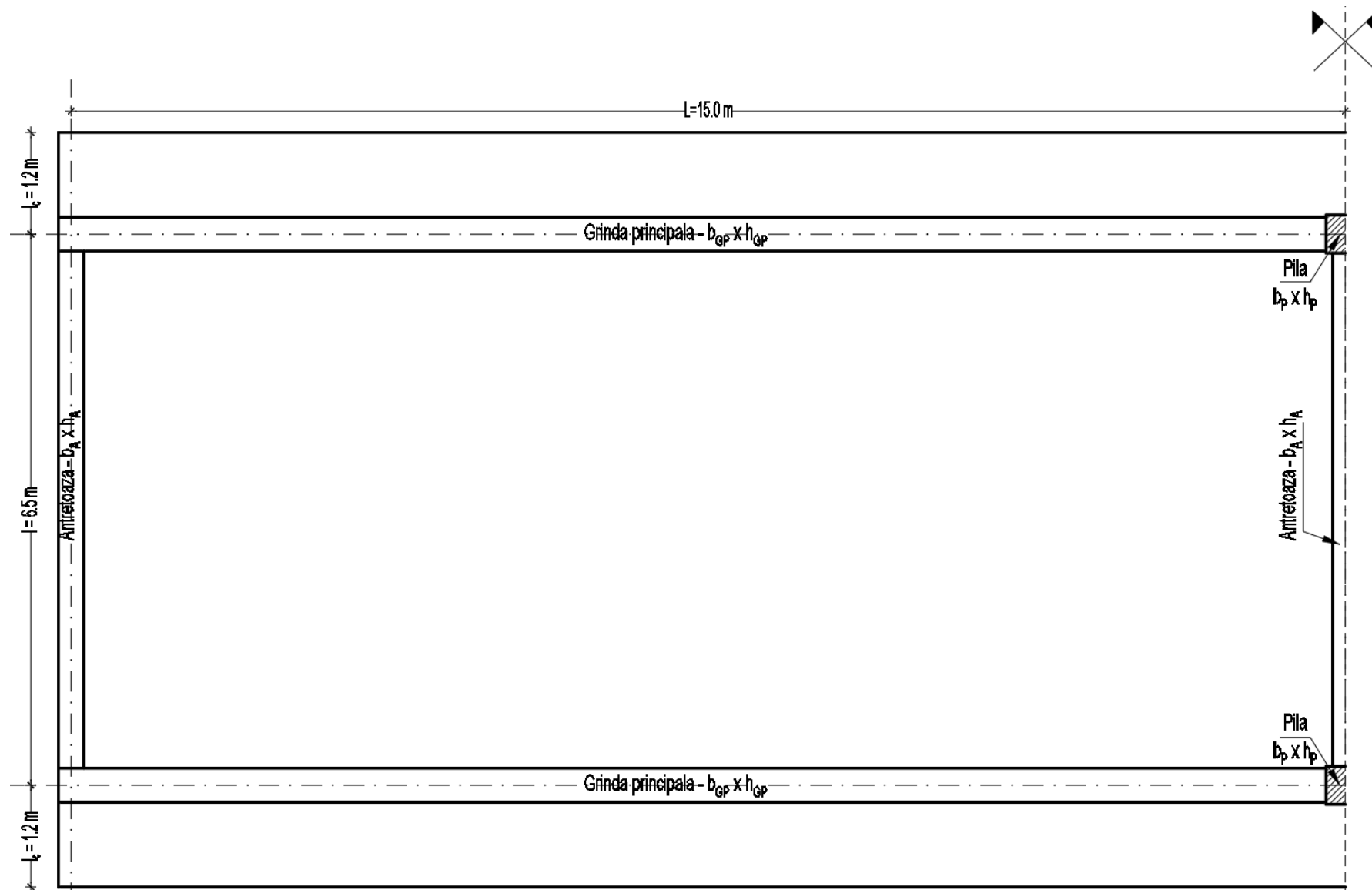


Fig. 1.1 Schița inițială a structurii

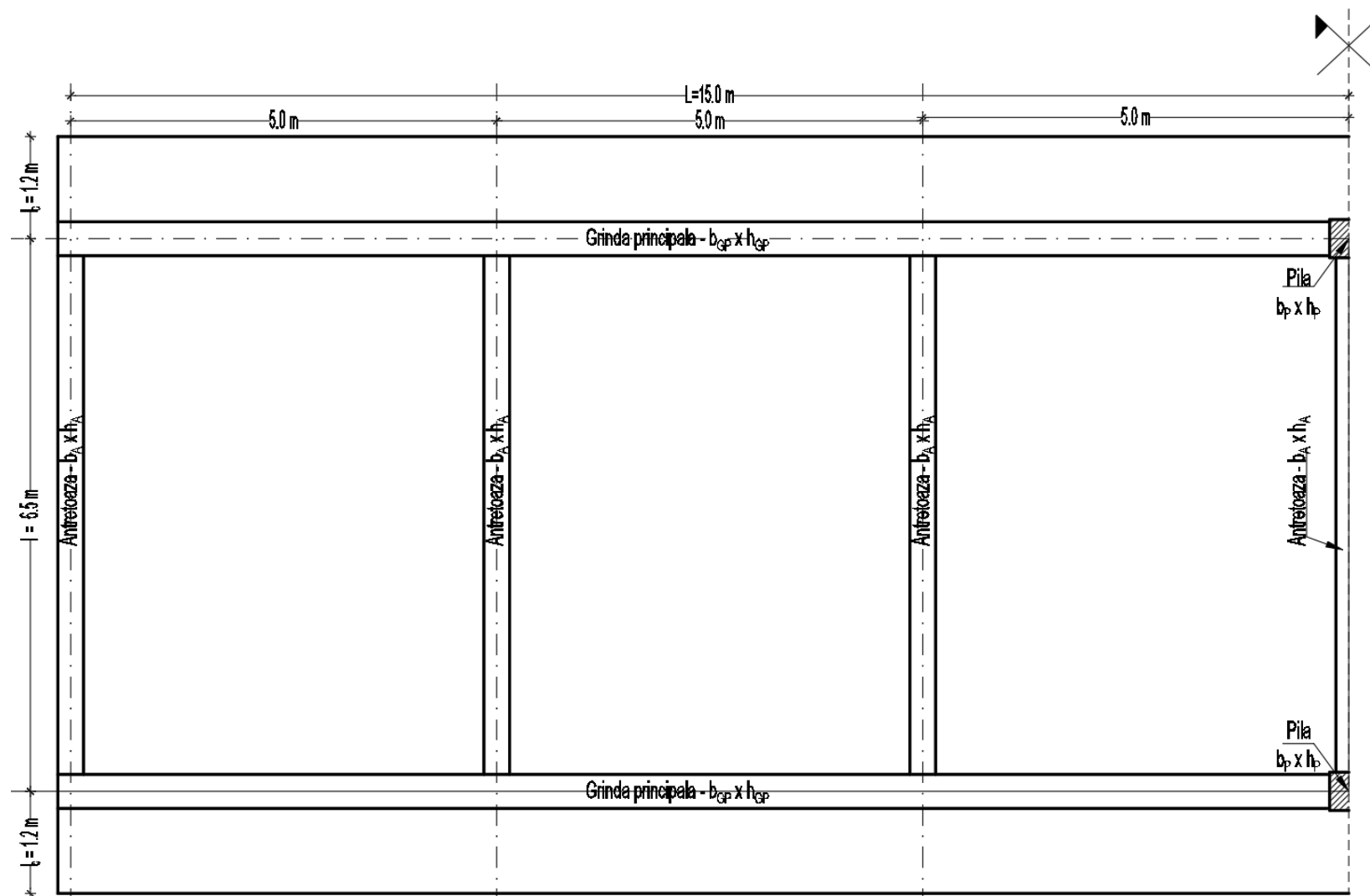


Fig. 1.2 Introducerea antretoazelor suplimentare

Cap 2. Predimensionarea elementelor structurale

Faza inițială a etapei de proiectare se numește predimensionare. Această etapă urmărește stabilirea inițială a dimensiunilor secțiunilor transversale ale elementelor structurale. O apreciere inițială bună a dimensiunilor necesare, conduce către cât mai puține modificări în următoarea fază ale proiectării, care presupune dimensionarea elementelor de rezistență.

Lipsa informațiilor privind starea de eforturi în elemente, în faza de predimensionare, implică utilizarea unor relații simplificate care vizează asigurarea rigidității prin limitarea deformațiilor și a criteriilor tehnologice.

2.1 Predimensionarea plăcii

Introducerea antretoazelor suplimentare în structură a condus la obținerea unor ochiuri de placă dreptunghiulare, rezemate pe patru laturi și cu raportul laturilor < 2. În categoria acestor ochiuri de placă, cu raportul laturilor < 2, se încadrează plăcile armate pe două direcții. Prin armarea pe două direcții se înțelege că armătura de rezistență este dispusă pe două direcții paralele cu laturile ochiului de placă. Grosimea plăcii poate varia între 12÷25 cm, conform [3].

Dimensiunea ochiului de placă 6.4 m x 5.0 m.

Condiția de rigiditate

$$h_{pl} = \frac{l}{30 \div 35} = \frac{5000 \text{ mm}}{30 \div 35} = 142.86 \div 166.67 \text{ mm}$$

h_{pl} – grosimea plăcii (mm)

l – latura scurtă a ochiului de placă (mm)=5000 mm

Condiția tehnologică

h_{pl} – **multiplu de 10 mm**

Pentru placă se alege grosimea de 160 mm → $h_{pl} = 160 \text{ mm}$

2.2 Predimensionarea grinzii principale

Înălțimea și lățimea grinzilor principale depind în general de tipul secțiunii, de dimensiunea deschiderii și de schema statică. Grinzile principale ale structurii sunt grinzi continue, cu două deschideri egale, cu dimensiunea L . Înălțimea minimă a grinzilor principale se consideră o fracțiune din deschiderea de calcul L .

Condiția de rigiditate

$$h_{GP} = \frac{L}{14 \div 18} = \frac{15000 \text{ mm}}{14 \div 18} = 833.33 \div 1071.43 \text{ mm}$$

L – deschiderea grinzii principale (mm)=15000 (mm)

aleg $h_{GP} = 900 \text{ mm}$

$b_{GP} = \text{min. } 200 \text{ mm}$

$$b_{GP} = \frac{h_{GP}}{1.5 \div 3} = \frac{900 \text{ mm}}{1.5 \div 3} = 300 \div 600 \text{ mm}$$

aleg $b_{GP}=450$ mm

Condiția tehnologică

h_{GP}, b_{GP} – **multiplu de 50 mm**;

Pentru grinda principală se aleg următoarele dimensiuni ale secțiunii transversale:

$$h_{GP}=900 \text{ mm}$$

$$b_{GP}=450 \text{ mm}$$

2.3 Predimensionarea antretoazei

Lățimea antretoazelor poate varia între 15-30 cm, iar înălțimea lor, trebuie să fie de cel puțin 2/3 din înălțimea grinzilor principale. Dimensiunile secțiunii transversale se aleg ca multipli de 50 mm.

Condiția de rigiditate

$$h_A \geq \frac{2}{3} h_{GP} \geq \frac{2}{3} 900 \text{ mm} \geq 600 \text{ mm}$$

aleg $h_A=600$ mm

$$b_A=(150 \div 300) \text{ mm}$$

$$b_A = \frac{h_A}{1.5 \div 3} = \frac{600 \text{ mm}}{1.5 \div 3} = 200 \div 400 \text{ mm}$$

Condiția tehnologică

h_A, b_A – **multiplu de 50 mm**;

Pentru antretoază se aleg următoarele dimensiuni ale secțiunii transversale:

$$h_A=600 \text{ mm}$$

$$b_A=300 \text{ mm}$$

2.4 Predimensionarea pilei

Latura minimă a stâlpilor este de 300 mm.

Condiția de flexibilitate

$$h_p = b_p \geq \frac{l_0}{30} \geq \frac{8000 \text{ mm}}{30} \geq 266.66 \text{ mm}$$

l_0 = lungimea efectivă a pilei

$l_0 = l$ (Fig. 2.1)

l - înălțimea pilei = $H=8$ m = 8000 mm

$l_0=8000$ mm

$$h_p = b_p \geq b_{GP} + 50 \text{ mm} \geq 450 \text{ mm} + 50 \text{ mm} \geq 500 \text{ mm}$$

Condiția tehnologică

h_p, b_p – **multiplu de 50 mm**;

Pentru pilă se aleg următoarele dimensiuni ale secțiunii transversale:

$$h_p=550 \text{ mm}$$

$$b_p=550 \text{ mm}$$

Cap 3. Calculul static

Calculul static se face în domeniul elastic, utilizând un program de calcul automat.

Pentru introducerea structurii în programul de calcul static este nevoie de următoarele date de intrare:

- Clasa de beton
- Dimensiunile secțiunii transversale, pentru toate elementele liniare
- Grosimea plăcii
- Valoarea caracteristică a încărcărilor

Tip încărcare	Denumire	Grosime strat (m)	Greutate specifică (kN/m ³)	Încărcare	UM încărcare
încărcări permanente	Greutate proprie	h_{pl}	2500	$h_{pl} \times 2500$	kN/m ²
	Înveliș asfaltic (binder + strat de uzură)	0,15	18	$0.15 \times 18 = 2.7$	kN/m ²
încărcări variabile / utile	Încărcare temă de proiect	-	-	5	kN/m ²
	Încărcare dată de oameni (pietoni și bicicliști)	-	-	5	kN/m ²
	Încărcare transmisă de parapeteți	-	-	12.5	kN/m
	Încărcare laterală	-	-	0.5	kN/m

Pentru stabilirea eforturilor secționale maxime se consideră că încărcarea permanentă acționează în toate ipotezele, iar încărcarea utilă/variabilă poate acționa după orice schemă posibilă. Combinațiile de încărcări semnificative, respectiv combinațiile care conduc la valorile înfășurătoare de eforturi sunt cele prezentate în continuare.

Combinatii de incarcari personalizate in functie de ipoteze de incarcare

	Nume	Tip	Greutate Proprie + Invelis asfaltic (PERM1) ▲	Parapet (PERM1)	Tema 1 (Utile)	Tema 2 (Utile)	Oameni 1 (Utile)	Oameni 2 (Utile)	Laterala 1 (Utile)	Laterala 2 (Utile) ▲
1	Ci 1	SLU	1.35	1.35	1.50	1.50	0	0	0	0
2	Ci 2	SLU	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50	0	0	0
3	Ci 3	SLU	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50	0	1.50	0
5	Ci 5	SLU	1.35	1.35	0	1.50	0	0	0	0
6	Ci 6	SLU	1.35	1.35	0	1.50	1.50	0	0	0
7	Ci 7	SLU	1.35	1.35	0	1.50	1.50	1.50	0	0
8	Ci 8	SLU	1.35	1.35	0	1.50	1.50	1.50	1.50	0
9	Ci 9	SLU	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0
10	Ci 10	SLU	1.35	1.35	1.50	0	0	0	0	0
11	Ci 11	SLU	1.35	1.35	1.50	0	0	1.50	0	0
12	Ci 12	SLU	1.35	1.35	1.50	0	1.50	1.50	0	0
14	Ci 14	SLU	1.35	1.35	1.50	0	1.50	1.50	1.50	0
4	Ci 4	SLU	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50	0	0	1.50
13	Ci 13	SLU	1.35	1.35	1.50	0	1.50	1.50	0	1.50
15	Ci 15	SLU	1.35	1.35	0	1.50	1.50	1.50	0	1.50

Fig. 3.1 Combinații de încărcări utilizate în calculul static

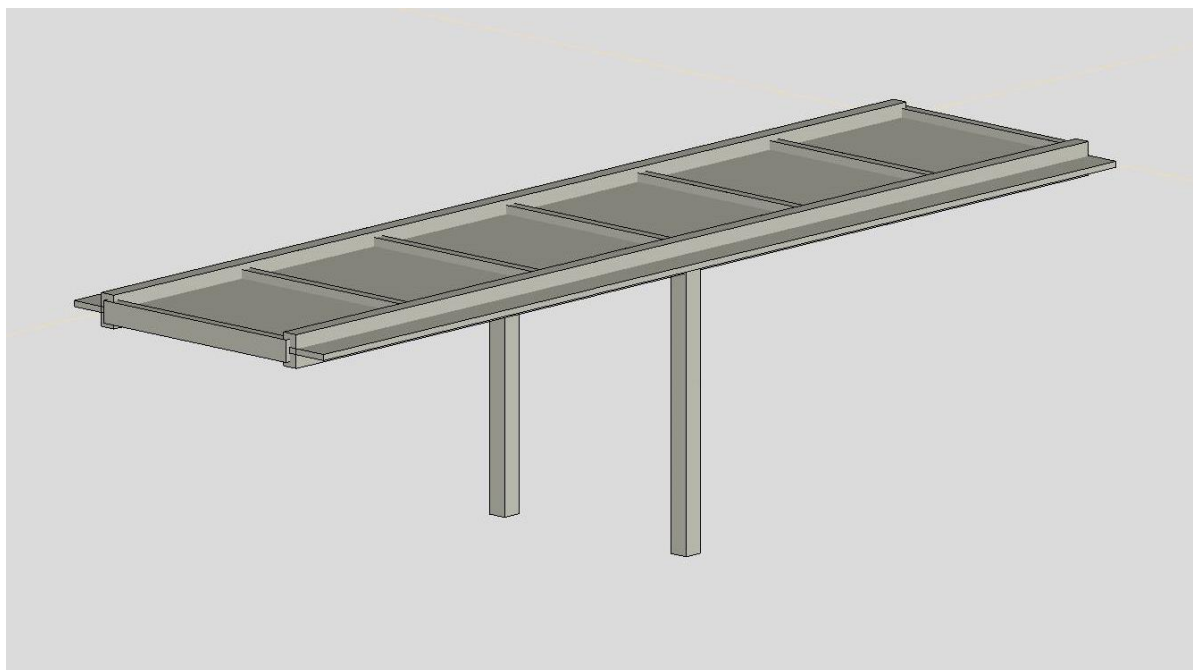


Fig. 3.2 Structură 3D

Cap 4. Dimensionarea plăcii

4.1 Analiza ochiului de placă. Principii și verificarea preliminară

Planșeul realizat monolit se consideră ca fiind o structură spațială, deoarece este alcătuit din armături, care, împreună cu betonul, creează o legătură între elemente.

Placa este un element de suprafață, în care armătura se dispune după cele două direcții ortogonale din planul său, orizontal, care alcătuiesc plase. Plasele, utilizate în aceasta lucrare, sunt alcătuite din bare independente, având un anumit diametru și care se leagă în punctele de intersecție a barelor. Acest tip de plase se numesc plase legate.

Se definește ca „ochi de placă”, acea porțiune din planșeul de beton armat cuprinsă între două antretoaze consecutive și grinzile principale. De obicei, are formă ortogonală.

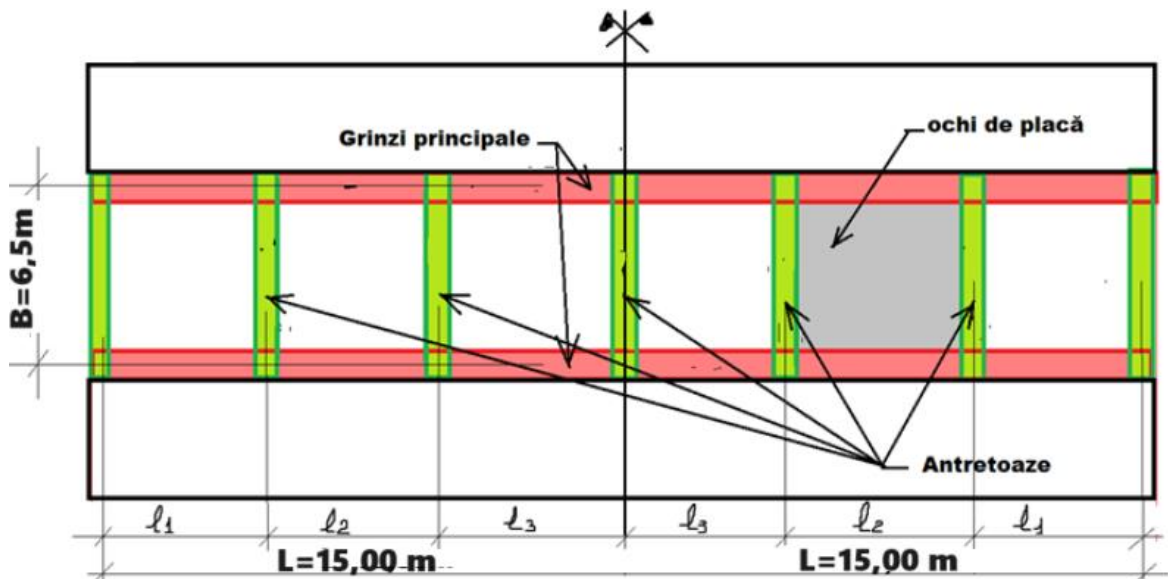


Fig. 4.1 Definirea ochiului de placă

Fie relația de verificare:

$$l_{\max}/l_{\min} < 2$$

Unde:

l_{\max} , l_{\min} - sunt dimensiunile ochiului de placă format de antretoaze și grinzile principale.

Având în vedere că distanțele între antretoaze sunt $l_1=l_2=l_3=5\text{m}$, iar distanța între grinzile principale este $B=6,5\text{m}$, relația de verificare devine:

$$\frac{l_{\max}}{l_{\min}} = \frac{B}{l_i} = \frac{6,5\text{m}}{5\text{m}} = 1,3 < 2$$

Deci toate ochiurile de placă pot fi armate pe două direcții.

Schema de transmitere a încărcărilor la grinzile presupune formarea unor suprafețe aferente acestora, considerate la un unghi de 45° , adică bisectoarea unghiului format de antretoaze și grinzile principale.

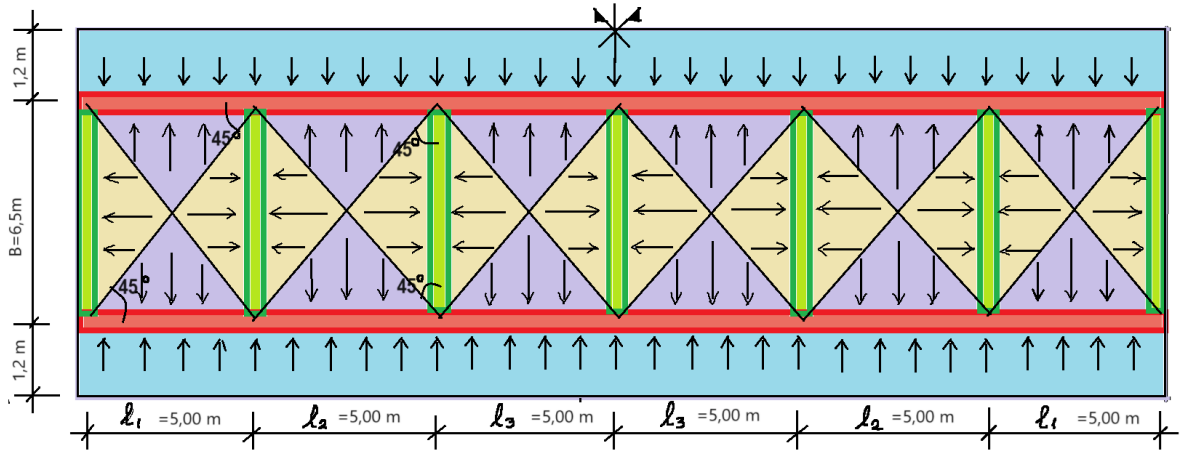


Fig. 4.2 Schema de descărcare a plăcii pe grinzi

Dacă se respectă $l_{max}/l_{min} < 2$, atunci ochiul de placă este aproximativ pătrat și se poate realiza armarea pe două direcții a plăcii.

Armarea pe două direcții a plăcii, presupune dispunerea armăturilor de rezistență, calculate, pe cele două direcții ortogonale ale plăcii, adică ale ochiului de placă rezultat.

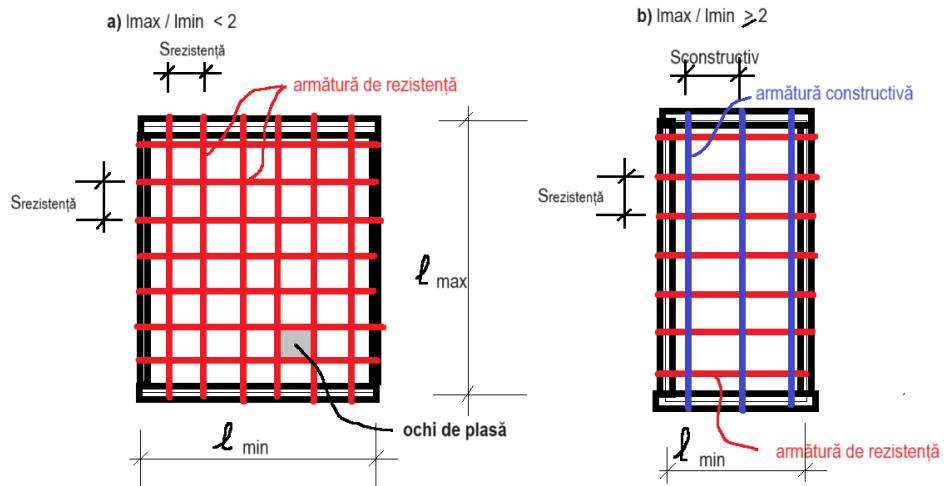


Fig. 4.3 Dispunerea armaturii de rezistență a) pe două direcții; b) pe o direcție

Placa, pe zona cuprinsă între grinzi principale, se dimensionează considerându-se încastrată în antretoaze și în grinzi principale. La nivelul trotuarului, se va considera ca fiind o consolă, încastrată în grinda principală.

Ochiurile de placă ce sunt cuprinse între grinzi principale și antretoaze, respectiv aparatele de reazem, se analizează considerând că se decupează fâșii late de 1m, pe cele două direcții ortogonale, paralele cu laturile, după direcțiile X și Y. Acestea se analizează asemeni unor grinzi, încastate pe reazeme. Secțiunea transversală a fâșiilor de placă, asimilate grinzilor, va avea dimensiunile secțiunii transversale: lățimea de 1m și înălțimea h_{pl} .

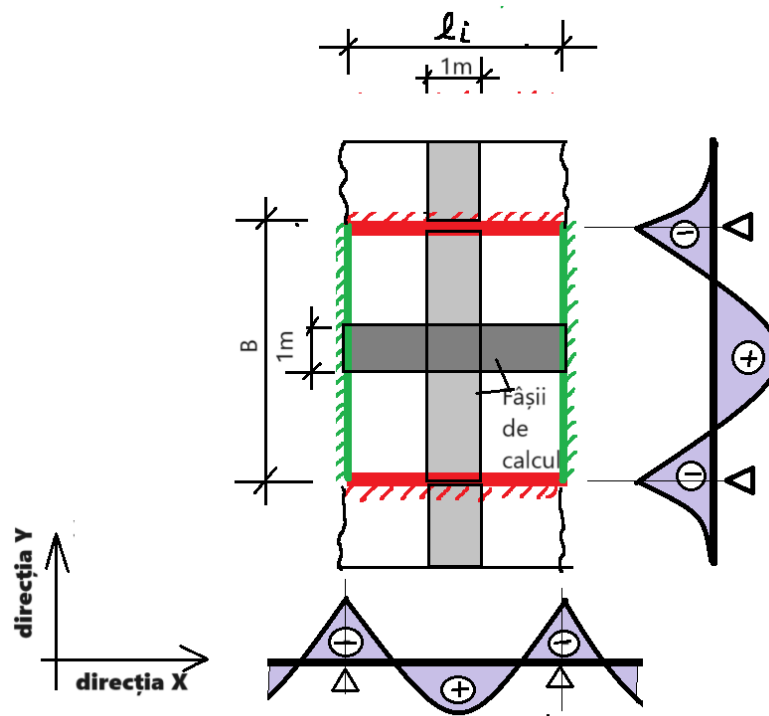


Fig. 4.4 Analiza ochiurilor de placă

4.2 Stabilirea eforturilor de dimensionare

4.2.1 Secțiuni caracteristice de dimensionare

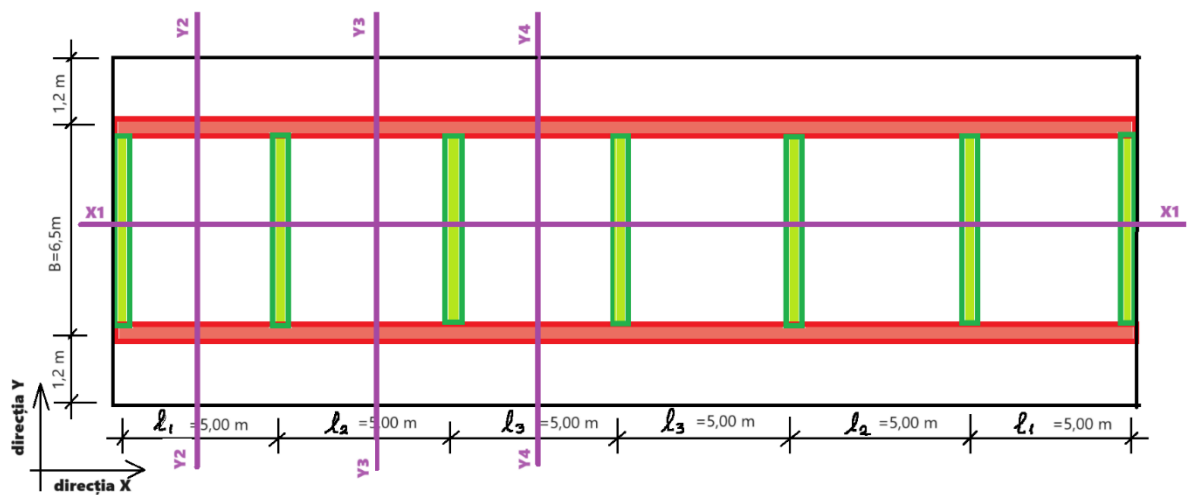


Fig. 4.5 Secțiuni caracteristice de dimensionare

4.2.2 Momentul încovoiator

4.2.2.1 Distribuția momentelor încovoiatoare după direcția X

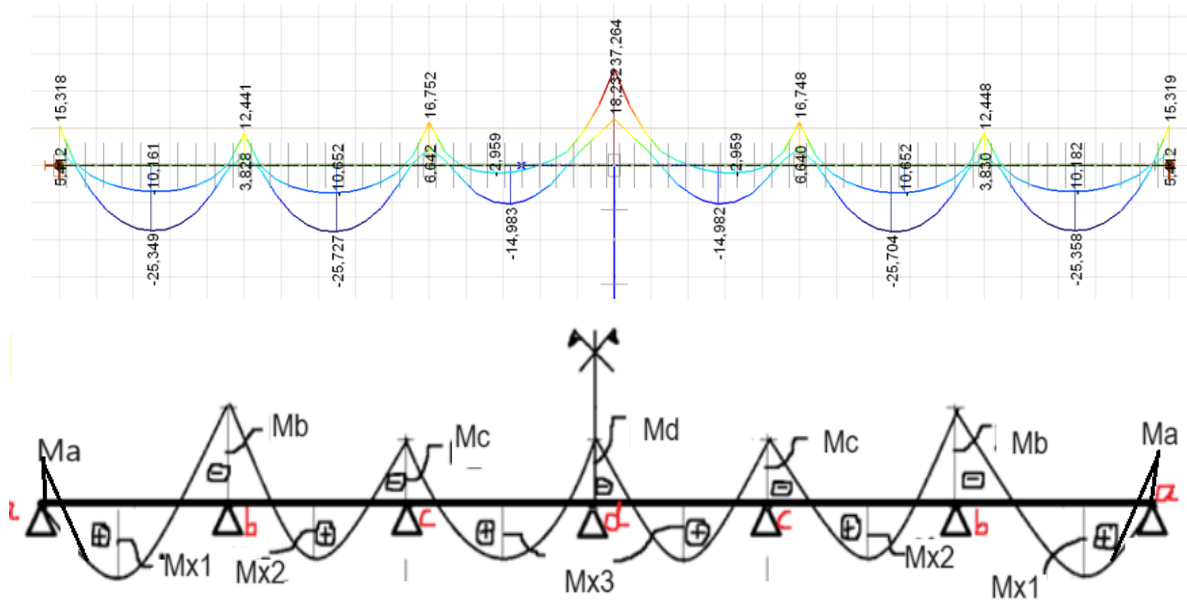


Fig. 4.6 Distribuția momentelor încovoiatoare după direcția x și notații

4.2.2.2 Distribuția momentelor încovoiatoare după direcția Y

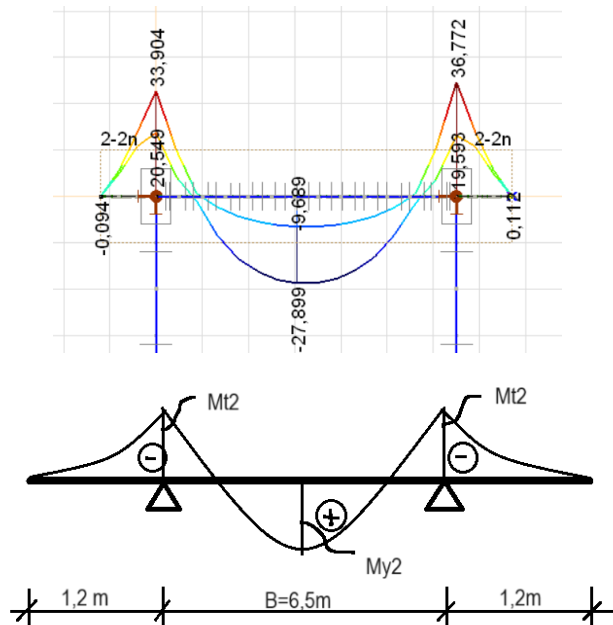


Fig. 4.7 Distribuția momentelor încovoiatoare după direcția Y, secțiunea 2-2 și notații

4.2.2.3 Distribuția momentelor încovoietoare după direcția Y, secțiunea 3-3, prin al doilea panou și penultimul

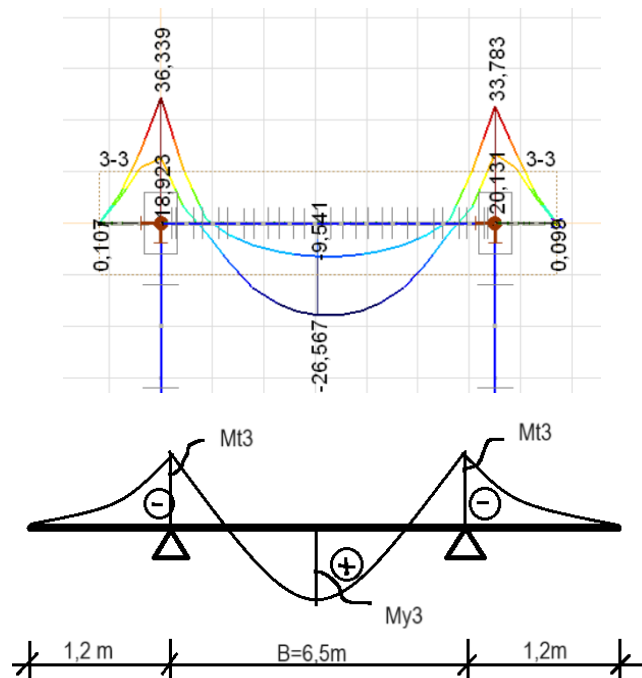


Fig. 4.8 Distribuția momentelor încovoietoare după direcția Y, secțiunea 3-3 și notații

4.2.2.4 Distribuția momentelor încovoietoare după direcția Y, secțiunea 4-4, prin panourile centrale

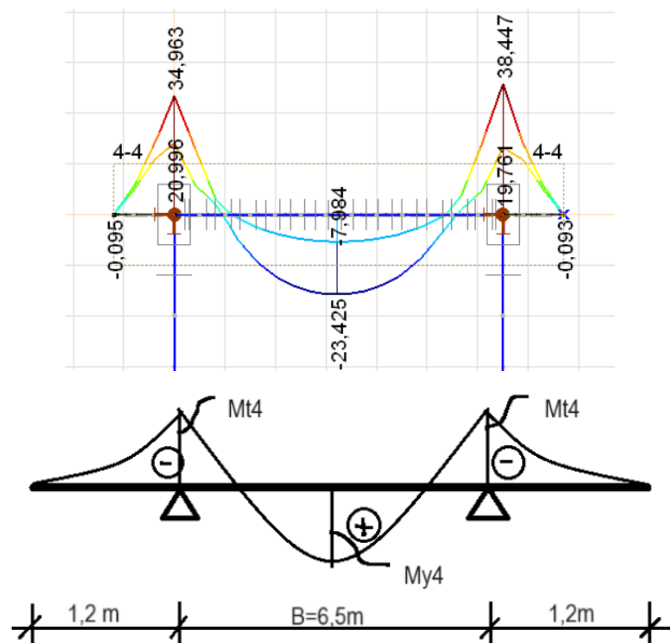


Fig. 4.9 Distribuția momentelor încovoietoare după direcția Y, secțiunea 4-4 și notații

4.2.2.5 Momente încovoietoare de dimensionare pe cele două direcții

Având în vedere că pe toată lungimea consolei se va arma constant, monoton, cu aceeași cantitate de armătură, dintre momentele considerate pe direcția Y, în dreptul grinzilor principale, în toate secțiunile, se va considera, acoperitor, valoarea maximă.

Tabel 4.1 Momentul încovoietor considerat din calculul static

Secțiunea	Localizare	Denumire moment	Valoare moment încovoietor [kNm]
X 1-1	câmp	M_{x1}	25,358
	câmp	M_{x2}	25,727
	câmp	M_{x3}	14,983
	reazem	M_a	15,319
	reazem	M_b	12,448
	reazem	M_c	16,752
	reazem	M_d	37,264
Y 2-2	câmp	M_{y2}	27,900
Y3-3	câmp	M_{y3}	26,570
Y4-4	câmp	M_{y4}	23,420
Y consola	reazem	$M_t = \max(M_{t2}, M_{t3}, M_{t4})$	38,450

4.2.3 Forța tăietoare

4.2.3.1 Distribuția forței tăietoare după direcția X

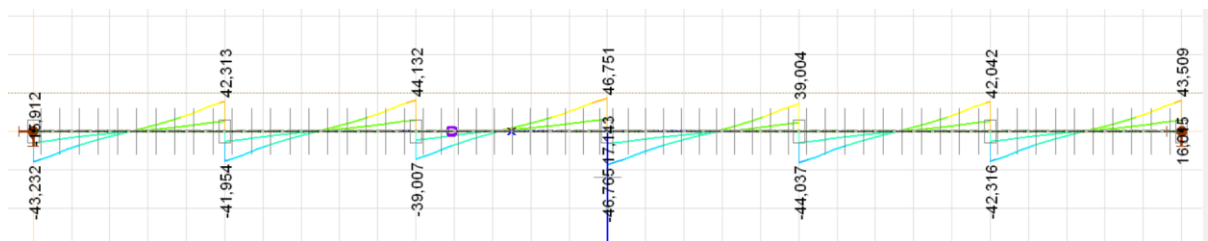


Fig. 4.10 Distribuția forței tăietoare după direcția x

4.2.3.2 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 2-2, prin panourile marginale

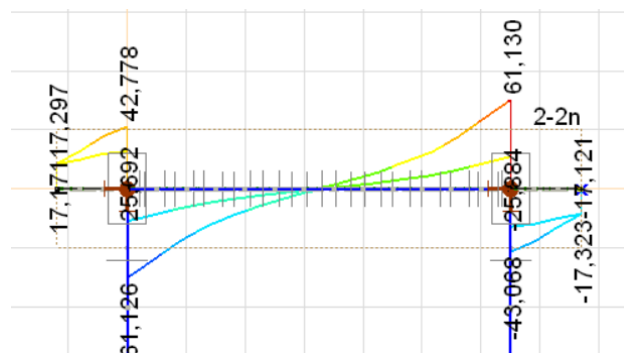


Fig. 4.11 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 2-2

4.2.3.3 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 3-3, prin al doilea panou și penultimul

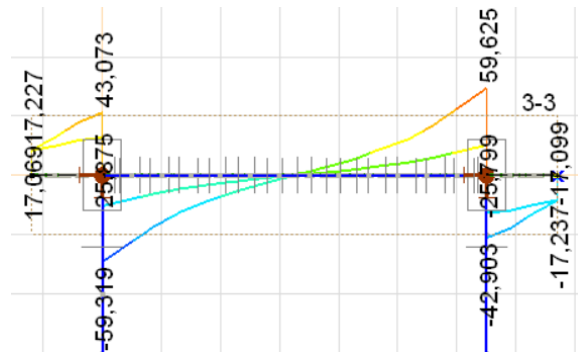


Fig. 4.12 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 3-3

4.2.3.4 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 4-4, prin panourile centrale

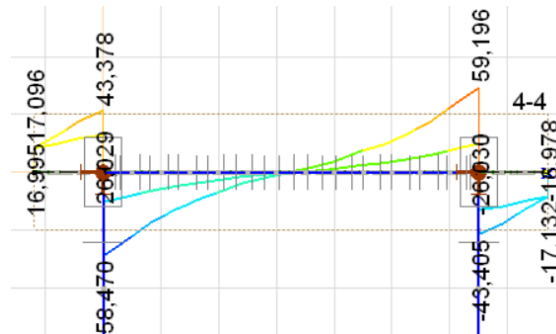


Fig. 4.13 Distribuția forței tăietoare după direcția Y, secțiunea 4-4

4.3 Calculul cantităților de armătură pentru preluarea momentului încovoietor din placă

4.3.1 Stratul de acoperire cu beton la nivelul primului rând de armătură al plasei

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

Pentru elemente cu geometria tip dală, deci și pentru această placă, este permisă reducerea clasei cu una. Din acest motiv, coeficientul $C_{min, dur}$, se va adopta în consecință.

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min, b} = 14 \text{ mm} \\ c_{min, dur} + \Delta c_{dur, y} - \Delta c_{dur, st} - \Delta c_{dur, add} = 35 \text{ mm} + 0 - 0 - 0 = 35 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

4.3.2 Determinarea cantității de armătură la moment încovoietor

Înălțimea utilă a plăcii

- Pe direcția X:

$$d_x = h_{pl} - c_{nom} - \frac{\phi_{sl, estimat}}{2} = 160 - 45 - \frac{16}{2} = 107 \text{ mm}$$

- Pe direcția Y:

$$d_y = h_{pl} - c_{nom} - \varnothing_{sl, estimat} - \frac{\varnothing_{sl, estimat}}{2} = 160 - 45 - 16 - \frac{16}{2} = 91 \text{ mm}$$

Pentru determinarea cantității necesare de armătură în diferite zone ale plăcii se vor considera fâșiile de calcul, cu înălțimea $h_{pl}=160\text{mm}$ și lățimea $b=1000\text{mm}$, pe cele două direcții ortogonale, și se vor dimensiona asemeni unor grinzi, cu secțiunea $h_{pl} \times 1000 \text{ mm}$. Se vor utiliza următoarele expresii:

$$\mu = \frac{M}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M}{1000 \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \leq \mu_{lim} = 0,372$$

unde: $b=1000\text{mm}$.

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} \rightarrow A_s = b \cdot d \cdot \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 1000 \cdot d \cdot \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot 10^{-2}$$

Aria minimă necesară se determină cu relația:

- Pe direcția X:

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 107 = 161,356 \text{ mm}^2 = 1,61 \text{ cm}^2 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d_x = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 107 = 139,1 \text{ mm}^2 = 1,39 \text{ cm}^2 \\ 0,0015 \cdot b \cdot d_x = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 107 = 160,5 \text{ mm}^2 = 1,61 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 1,61 \text{ cm}^2$$

- Pe direcția Y:

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 91 = 68,614 \text{ mm}^2 = 0,69 \text{ cm}^2 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d_y = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 91 = 118,3 \text{ mm}^2 = 1,19 \text{ cm}^2 \\ 0,0015 \cdot b \cdot d_y = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 91 = 136,5 \text{ mm}^2 = 1,37 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 1,37 \text{ cm}^2$$

Se determină aria maximă de armătură:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c, \quad A_c = b \cdot h_{pl}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot 1000 \cdot 160 = 6400 \text{ mm}^2 = 64 \text{ cm}^2$$

Dintre aria minimă și cea calculată se va alege cantitatea cea mai mare.

Rezultatele obținute aplicând expresiile de mai sus sunt prezentate în următorul tabel centralizator:

Tabel 4.2 Determinarea ariei necesare de armătură, la moment încovoietor

Moment	Valoare [kNm]	d [mm]	μ [-]	ω [-]	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Aria necesară [cm ²]
M_{x1}	25,4	107	0,111	0,118	5,79	1,61	5,79
M_{x2}	25,7	107	0,112	0,119	5,88	1,61	5,88
M_{x3}	15,0	107	0,065	0,068	3,33	1,61	3,33
M_a	15,3	107	0,067	0,069	3,41	1,61	3,41
M_b	12,4	107	0,054	0,056	2,75	1,61	2,75
M_c	16,8	107	0,073	0,076	3,74	1,61	3,74
M_d	37,3	107	0,163	0,179	8,80	1,61	8,80
M_{y2}	27,9	91	0,168	0,186	7,77	1,37	7,77
M_{y3}	26,6	91	0,160	0,176	7,36	1,37	7,36

M_{y4}	23,4	91	0,141	0,153	6,41	1,37	6,41
M_t	38,5	91	0,232	0,268	11,22	1,37	11,22

4.3.3 Alegerea armăturii pentru preluarea momentului încovoietor din placă

- Pentru a alege armătura se vor avea în vedere anumite condiții constructive:
- Diametrul minim al armăturii în placă: $\Phi_{sl,min}=8\text{mm}$;
- Diametrul maxim al armăturii în placă:

$$\Phi_{sl,max}=0,1 \cdot h_{pl}+2\text{mm}=0,1 \cdot 160+2\text{mm}=18\text{mm}$$

unde h_f se consideră în mm;

- Distanța minimă dintre axele barelor de armătură: $s_{min}=70\text{ mm}$;
- Distanța maximă dintre axele barelor de armătură:
 - Pentru armătura de rezistență:

$$s_{max}=3 \cdot h_{pl} \leq \begin{cases} 200 \text{ mm la plăci cu } h_{pl} \leq 300 \text{ mm}; \\ 250 \text{ mm la plăci cu } 300 \text{ mm} < h_{pl} < 400 \text{ mm}; \\ 330 \text{ mm la plăci cu } h_{pl} > 400 \text{ mm}; \end{cases}$$

$$s_{max}=3 \cdot h_{pl}=3 \cdot 160=480 \leq 200 \text{ mm la plăci cu } h_{pl} \leq 300 \text{ mm}$$

$$s_{max}=200 \text{ mm}$$

- Pentru armătura de repartiție:

$$s_{max}=3,5 \cdot h_{pl} \leq \begin{cases} 250 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm (la plase sudate)} \end{cases}$$

$$s_{max}=3,5 \cdot h_{pl}=3,5 \cdot 160=560 \leq 250 \text{ mm}$$

$$s_{max}=250 \text{ mm}$$

Limitările constructive care se vor avea în vedere la alegerea armăturii în placă sunt centralizate în continuare:

Tabel 4.3 Condiții constructive rezultate

Diametru	$\Phi_{sl,min}$	8 mm
	$\Phi_{sl,max}$	18 mm
Pas armătură	S_{min}	100 mm
	$S_{max, rezistență}$	200 mm
	$S_{max, repartiție}$	250 mm

Aria de armătură efectivă se alege din Tabelul VI.2 din anexa VI, pentru fâșia de placă lată de 1 m, adică uniform distribuite pe această lățime. Aria de armătură efectiv aleasă, adică bare cu un anumit diametru așezate la o distanță una față de cealaltă, numită pas, trebuie să fie mai mare sau egală decât maximul dintre; aria necesară calculată, aria minimă și aplicând toate condițiile enunțate în acest capitol.

$$A_{seff} \geq \max \{A_s; A_{s_{min}}; \text{alte condiții constructive}\}$$

De asemenea, se va urmări alegerea aceleiași pas al armăturii de la partea inferioară a plăcii, pe fiecare direcție, din rațiuni tehnologice.

Se permite realizarea de combinații de diametre, dacă se respectă condițiile de mai sus. Pentru exemplificare, se consideră:

- aria necesară de armătură din câmpul secțiunii Y, 2-2, care este $A_s=7,70\text{cm}^2$.
- dacă se alege $\Phi 12/170$, cu $A_{seff}=6,65\text{cm}^2$, aceasta nu este suficientă.

- dacă se alege armătură cu același pas, dar cu diametrul mai mare, adică Ø14/170, cu $A_{seff}=9,06\text{cm}^2$, aceasta este o cantitate excesivă.
- din cele două arii efective considerate se poate elimina jumătate din numărul de bare de armătură, rămânând astfel, între două bare consecutive, cu același diametru, pasul de 340mm. Vor rezulta armături:

- Ø12/340, cu

$$A_{seff, \phi 12/340} = \frac{A_{seff, \phi 12/170}}{2} = \frac{6,65}{2} = 3,33 \text{ cm}^2$$

- respectiv Ø14/340, cu

$$A_{seff, \phi 14/340} = \frac{A_{seff, \phi 14/170}}{2} = \frac{9,06}{2} = 4,53 \text{ cm}^2$$

- suprapunând, prin însumare cele două arii, se obține aria efectivă pentru combinația Ø12/340+Ø14/340, $A_{seff} = 3,33+4,53 = 7,85 \text{ cm}^2$. Astfel, între bare cu diametru diferit, pasul este 170mm.

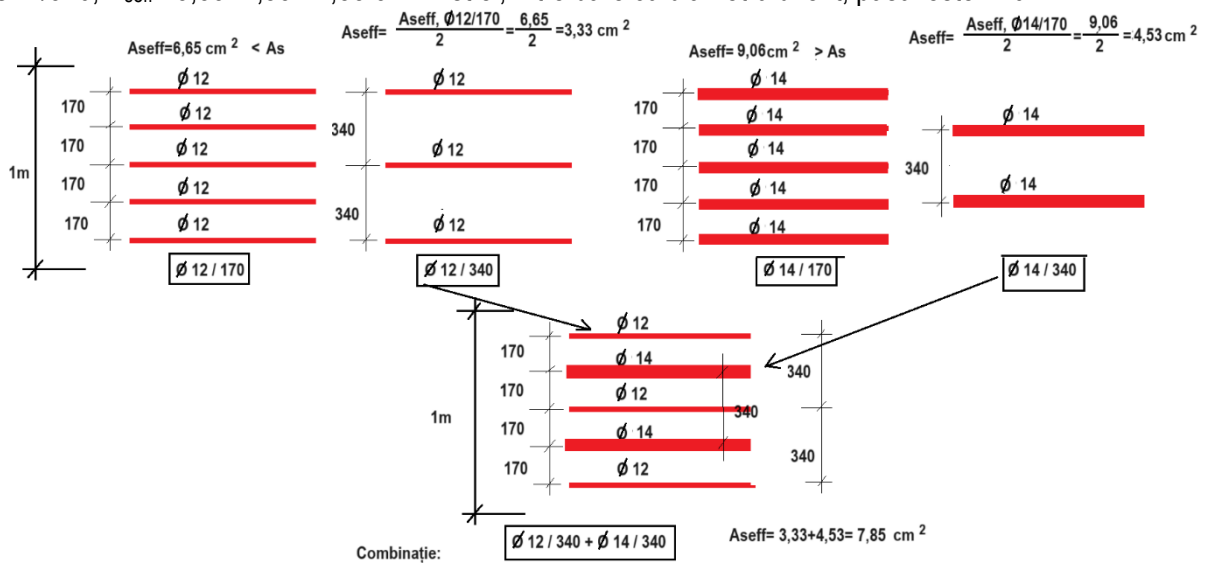


Fig. 4.14 Combinație de armături pentru placă

Tabel 4.4 Alegerea ariei de armătură pentru preluarea momentului încovoietor din placă

Secțiunea	Localizare	Moment	Aria necesară [cm ²]	Diametru [mm] / Pas bare [mm]	+	Diametru [mm] / Pas bare [mm]	A _{seff} [cm ²]
X 1-1	câmp	M _{x1}	5,79	10 / 130			6,04
	câmp	M _{x2}	5,88	10 / 130			6,04
	câmp	M _{x3}	3,33	8 / 130			3,87
	reazem	M _a	3,41	8 / 130			3,87
	reazem	M _b	2,75	8 / 180			2,79
	reazem	M _c	3,74	8 / 130			3,87
	reazem	M _d	8,80	14 / 170			9,06
Y 2-2	câmp	M _{y2}	7,77	12 / 340	+	14 / 340	7,85
Y 3-3	câmp	M _{y3}	7,36	12 / 340	+	14 / 340	7,85
Y 4-4	câmp	M _{y4}	6,41	12 / 170	+		6,65

ÎNDRUMĂTOR PENTRU DIMENSIONAREA ELEMENTELOR STRUCTURALE DIN BETON ARMAT

Y con- solă	reazem	M_t	11,22	14 / 130	11,84
-------------------	--------	-------	-------	----------	-------

ÎNDRUMĂTOR PENTRU DIMENSIONAREA ELEMENTELOR STRUCTURALE DIN BETON ARMAT

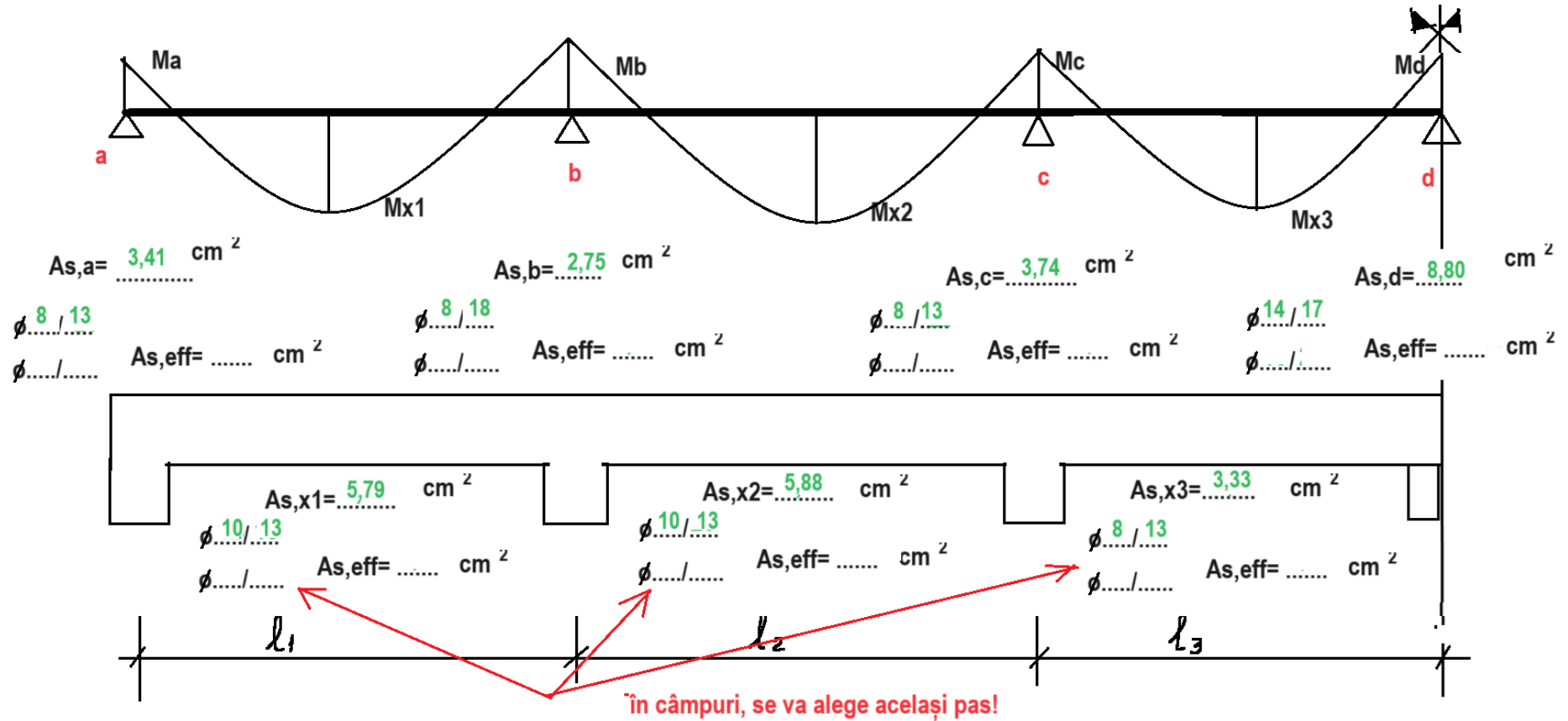


Fig. 4.15 Schița alegerii armăturii pe direcția X

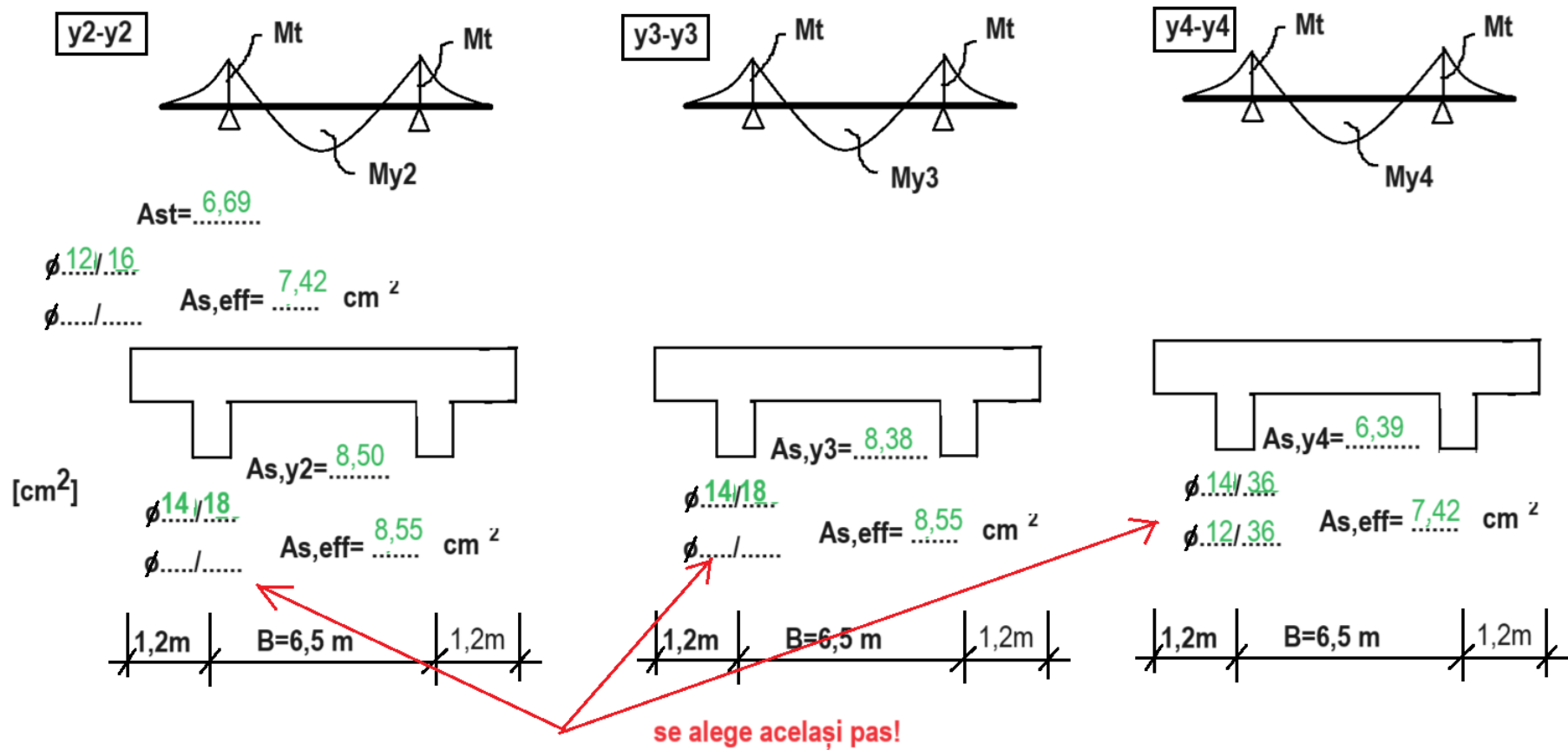


Fig. 4.16 Schița alegerii armăturii pe direcția Y

4.3.4 Verificarea momentului capabil al secțiunii, M_{Rd}

- Pe direcția X

$$d_{real,X} = h_{pl} - c_{nom} - \frac{\varnothing_{sl, \text{ direcția X}}}{2}$$

Unde:

$\varnothing_{sl, \text{ direcția X}}$ este diametrul din secțiunea pentru care se calculează momentul capabil, de pe direcția X.

- Pe direcția Y

$$d_{real, Y} = h_{pl} - c_{nom} - \varnothing_{sl, \text{ direcția X}} - \frac{\varnothing_{sl, \text{ direcția Y}}}{2}$$

Unde:

$\varnothing_{sl, \text{ direcția Y}}$ este diametrul din secțiunea pentru care se calculează momentul capabil, de pe direcția Y.

$\varnothing_{sl, \text{ direcția X}}$ este diametrul din secțiune, de pe direcția X, din ochiul de placă în care se calculează momentul capabil. Astfel:

Tabel 4.5 Diametre de pe direcția X considerate pentru stabilirea $d_{real,Y}$

Momentul de pe direcția Y pentru care se efectuează calculul și se face verificarea:	Se va considera diametrul de pe direcția X calculat pentru momentul:	Diametrul de pe direcția X considerat, $\varnothing_{sl, \text{ direcția X}}$ [mm]
$M_{y2} \rightarrow$	M_{x1}	10
$M_{y3} \rightarrow$	M_{x2}	10
$M_{y4} \rightarrow$	M_{x3}	8
$M_t \rightarrow$	$\max \{M_a, M_b, M_c, M_d\}$	$\max \{8; 8; 8; 14\} = 14$

Pentru determinarea momentului capabil se vor considera următoarele expresii:

- se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b = A_{s, \text{ eff}} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s, \text{ eff}} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b} = \frac{A_{s, \text{ eff}} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 1000}$$

unde $b=1000\text{mm}$ (lățimea fâșiei de placă)

- se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_{real} - \frac{\lambda \cdot x}{2}$$

- se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$M_{Rd} = A_{s, \text{ eff}} \cdot f_{yd} \cdot z > M_{Ed}$, unde M_{Ed} este momentul încovoietor pentru direcția și pe fâșia de placă pentru care se efectuează calculul și se face verificarea.

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 4.6 Determinarea momentului capabil al armăturii din placă și verificare

Secțiunea	Localizare	Denumire moment	A_{seff} [cm ²]	\emptyset_{si} considerat [mm]	d_{real} [mm]	$x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b}$ [mm]	$z = d_{real} - \frac{\lambda \cdot x}{2}$ [mm]	$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot 10^{-6}$ [kNm]	M_{Ed} [kN]	Verificare $M_{Rd} \geq M_{Ed}$
X 1-1	câmp	M_{x1}	6,04	10	110	16,42	103,43	27,17	25,358	corect
	câmp	M_{x2}	6,04	10	110	16,42	103,43	27,17	25,727	corect
	câmp	M_{x3}	3,87	8	111	10,51	106,80	17,95	14,983	corect
	reazem	M_a	3,87	8	111	10,51	106,80	17,95	15,319	corect
	reazem	M_b	2,79	8	111	7,59	107,96	13,11	12,448	corect
	reazem	M_c	3,87	8	111	10,51	106,80	17,95	16,752	corect
	reazem	M_d	9,06	14	108	24,61	98,16	38,64	37,264	corect
Y 2-2	câmp	M_{y2}	7,85	14	98	21,34	89,46	30,55	27,9	corect
Y 3-3	câmp	M_{y3}	7,85	14	98	21,34	89,46	30,55	26,57	corect
Y 4-4	câmp	M_{y4}	6,65	12	101	18,08	93,77	27,12	23,42	corect
Y Consolă	reazem	M_t	11,84	14	94	32,18	81,13	41,77	38,45	corect

4.4 Calculul cantităților de armătură pentru preluarea forței tăietoare din placă

Pentru verificare, se va considera pe fiecare direcție valoarea maximă a forței tăietoare și aria de armătură la moment încovoietor din zona în care este poziționată această valoare maximă.

Pe direcția X:

- Forța tăietoare din calculul static: $V_{Ed,X}=46,8$ kN, poziționată în dreptul reazemului central.
- Aria efectivă de armătură întinsă corespunzătoare poziției: $A_{seff}=9,06$ cm².
- Înălțimea utilă a armăturii: $d_{real,X}=108$ mm
- Se calculează forța tăietoare capabilă de calcul a fâșiei de calcul, fără armături pentru forță tăietoare $V_{Rd,c}$ (forța tăietoare preluată de secțiunea de beton + armătura longitudinală):

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d_{real,X} \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{real,X}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{108}} = 1.36$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d_{real,X}} = \frac{9,06 \cdot 10^2}{1000 \cdot 108} = 0.008 \leq 0,02$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (efort axial)} \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c,X} = [0.12 \cdot 1.36 \cdot (100 \cdot 0.008 \cdot 30)^{1/3} + 0] \cdot 1000 \cdot 108 = 516741 \text{ N} = 516,7 \text{ kN} < V_{Ed,X} = 46,8 \text{ kN}$$

$V_{Ed,X} < V_{Rd,c,X} \rightarrow$ NU ESTE necesară armătură specifică pentru preluarea forței tăietoare.

Pe direcția Y:

- Forța tăietoare din calculul static: $V_{Ed,Y}=61,1$ kN, poziționată pe panourile marginale.
- Aria efectivă de armătură întinsă corespunzătoare poziției: $A_{seff}=11,84$ cm².
- Înălțimea utilă a armăturii: $d_{real,Y}=94$ mm
- Se calculează forța tăietoare capabilă de calcul a fâșiei de calcul, fără armături pentru forță tăietoare $V_{Rd,c}$ (forța tăietoare preluată de secțiunea de beton + armătura longitudinală):

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d_{real,Y} \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{real,X}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{94}} = 1.46$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d_{real,X}} = \frac{11,84 \cdot 10^2}{1000 \cdot 94} = 0.0126 \leq 0,02$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (efort axial)} \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c,Y} = [0.12 \cdot 1.46 \cdot (100 \cdot 0.0126 \cdot 30)^{1/3} + 0] \cdot 1000 \cdot 94 = 552152 \text{ N} = 552,2 \text{ kN} < V_{Ed,Y} = 61,1 \text{ kN}$$

$V_{Ed,Y} < V_{Rd,c,Y} \rightarrow$ NU ESTE necesară armătură specifică pentru preluarea forței tăietoare la placă

4.5 Întocmirea schițelor pentru realizarea planului cofraj și armare a plăcii

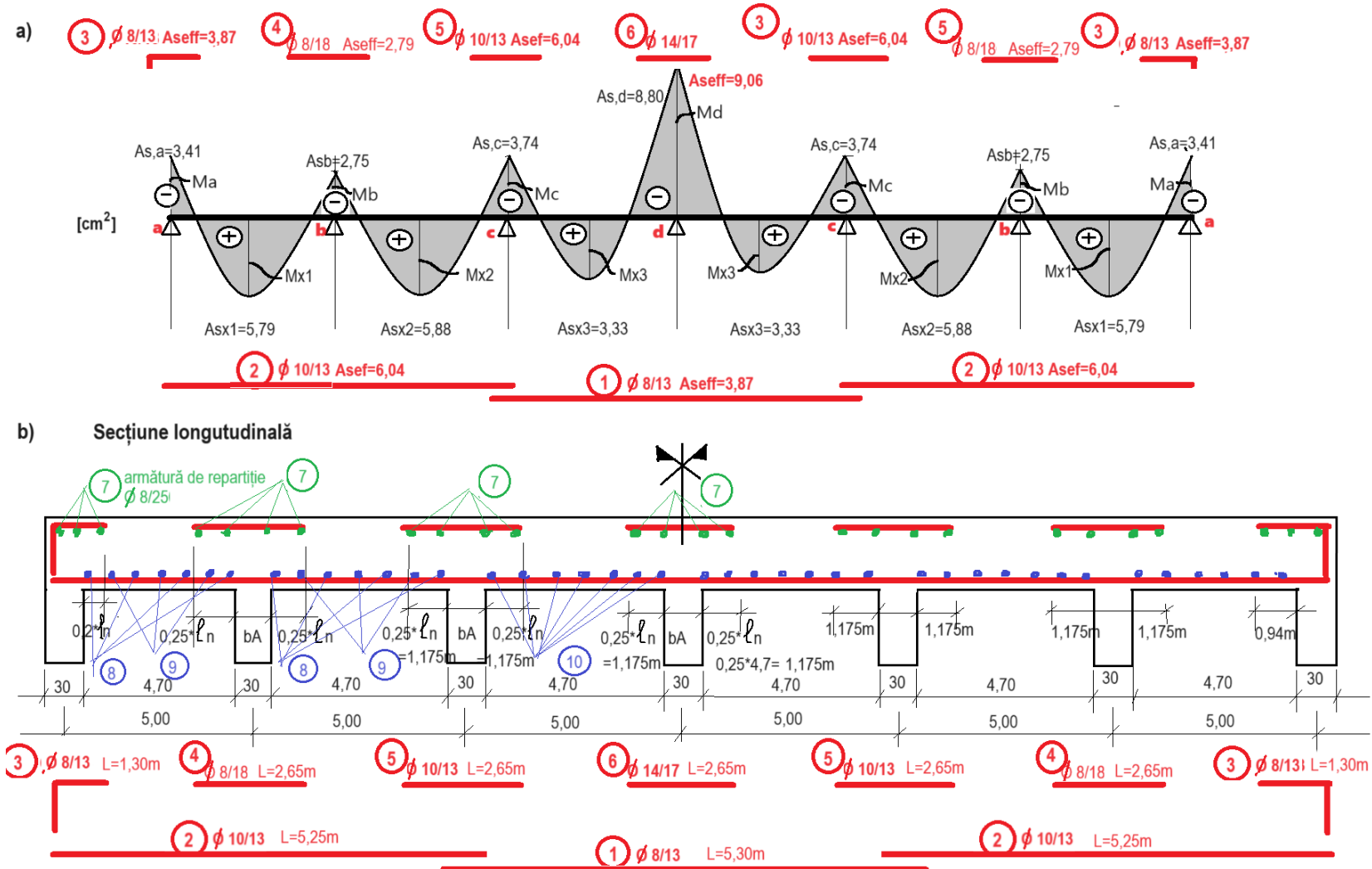


Fig. 4.17 Dispunerea armăturii după direcția X: a) Respectarea diagramei de momente încovoietoare b) Secțiune longitudinală prin placă

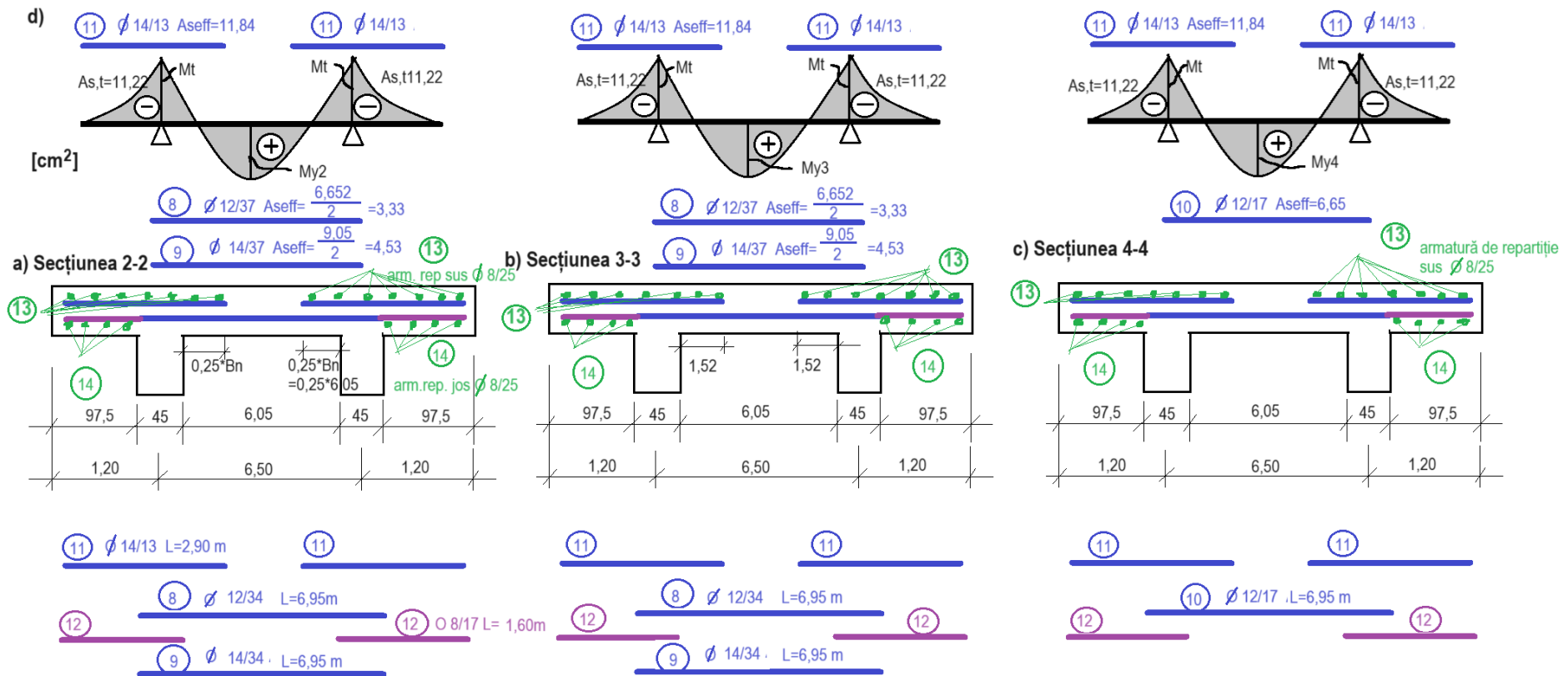


Fig. 4.18 Dispunerea armăturii după direcția Y: a) Secțiunea transversală 2-2; b) Secțiunea transversală 3-3; c) Secțiunea transversală 4-4; d) Respectarea diagramei de momente încovoietoare

Cap 5. Dimensionarea grinzilor (antretoaze și grinzi principale)

Încărcările antretoazei rezultă din schema de descărcare a încărcărilor din placă la reazemele acesteia, definite prin linii înclinate la 45°, pornite din colțurile plăcii, conform Fig. 5.2. Antretoazele preiau încărcările transmise de trotuar și plăci (parțial) și o transmit mai departe grinzilor principale.

5.1 Dimensionarea antretoazei (grinzii secundare) centrale

5.1.1 Stratul de acoperire cu beton al etrierului $c_{nom,sw}$

$$c_{nom,sw} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min,b} = 8 \text{ mm} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 40 \text{ mm} + 0 - 0 - 0 = 40 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

5.1.2 Dimensionare armăturilor pentru preluarea momentului încovoietor

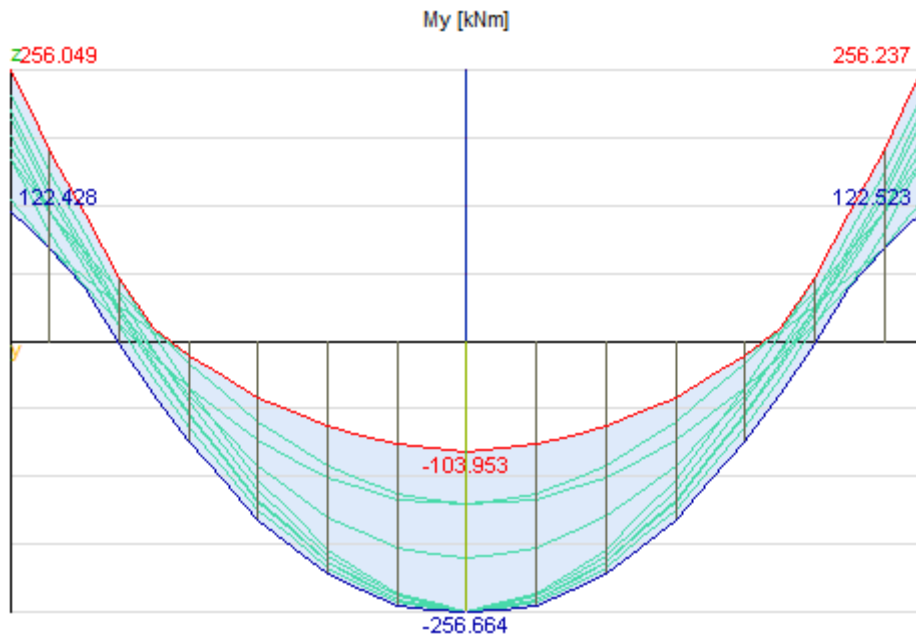


Fig. 5.1 Diagrama de moment încovoietor - M_{Ed}

5.1.2.2 Dimensionarea armăturilor care preiau momentul încovoietor din câmp

a) Lățimea activă a plăcii comprimate - b_{eff}

Deoarece placa este situată în zona comprimată a antretoazei, antretoaza se dimensionează, în câmp, ca și o grindă cu secțiune T, simplu armată

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_w b_{eff,1} \leq b \rightarrow b_{eff} = 0.91 \text{ m} + 0.3 \text{ m} + 0.91 \text{ m} = 2.12 \text{ m} \leq b = 5.0 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 \leq 0.2 \cdot l_0 \leq b_i \rightarrow \begin{cases} b_{eff,1} = 0.2 \cdot 2.35 \text{ m} + 0.1 \cdot (0.7 \cdot 6.5 \text{ m}) = 0.925 \text{ m} \leq 0.91 \leq 2.35 \text{ m} \\ b_{eff,2} = 0.2 \cdot 2.35 \text{ m} + 0.1 \cdot (0.7 \cdot 6.5 \text{ m}) = 0.925 \text{ m} \leq 0.91 \leq 2.35 \text{ m} \end{cases}$$

Se verifică poziția axei neutre: dacă raportul $b_{eff}/b_A > 5$, în general axa neutră este în placă, iar secțiunea T se dimensionează ca și o secțiune dreptunghiulară, înlocuind lățimea grinzii cu lățimea activă a plăcii ($b_A=b_{eff}$)

$$\frac{b_{eff}}{b_A} = \frac{2.12 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} = 7.07 > 5 \rightarrow \text{axa neutră este în placă}$$

b) Înălțimea utilă a secțiunii antretoazei, d_A

$$\begin{aligned} d_A &= h_A - c_{nom,sw} - \frac{\varnothing_{sl}}{2} \\ &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 538 \text{ mm} \end{aligned}$$

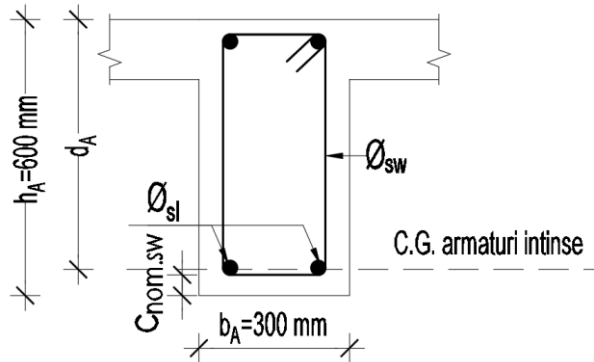


Fig. 5.2 Înălțime utilă antretoază

c) Determinarea ariei necesare de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

- Se calculează momentul redus “ μ ”

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \cdot d_A^2 \cdot f_{cd}} = \frac{256.664 \cdot 10^6}{2.12 \cdot 10^3 \cdot 538^2 \cdot 17.00} = 0.0243 < \mu_{lim} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

- Se determină valoarea coeficientului mecanic de armare “ ω ”

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.0243} = 0.0246$$

- Se determină aria necesară (din calcul) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

$$A_{s,nec,calc} = \omega \cdot b_{eff} \cdot d_A \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.0246 \cdot 2.12 \cdot 10^3 \cdot 538 \cdot \frac{17.00}{434.78} = 1104.79 \text{ mm}^2 = 11.05 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_A \cdot d_A = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 300 \cdot 538 = 243.39 \text{ mm}^2 = 2.43 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot b_A \cdot d_A = 0.0013 \cdot 300 \cdot 538 = 209.82 \text{ mm}^2 = 2.10 \text{ cm}^2 \\ 0.0015 \cdot b_A \cdot d_A = 0.0015 \cdot 300 \cdot 538 = 242.10 \text{ mm}^2 = 2.42 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 2.43 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$\begin{aligned} A_{s,max} &= 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_A \cdot h_A \\ A_{s,max} &= 0.04 \cdot 300 \cdot 600 = 7200 \text{ mm}^2 = 72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoiător din câmp

$$A_{s,nec} = \max \begin{cases} A_{s,nec,calc} \\ A_{s,min} \end{cases} = \max \begin{cases} 11.05 \text{ cm}^2 \\ 2.43 \text{ cm}^2 \end{cases} = 11.05 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 3\emptyset 22 \text{ cu } A_{s,eff} = 11.40 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) la partea întinsă și se determină distanța dintre armăturile longitudinale

distanța dintre barele longitudinale

$$s_{nh,min} \geq \begin{cases} \emptyset_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \text{ mm} \geq \begin{cases} 22 \text{ mm} \\ 16 + 5 = 21 \text{ mm} \\ 20 \end{cases}$$

$$\rightarrow s_{nh,min} = 22 \text{ mm}$$

$$s_{nh} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 3 \cdot 22}{2} = 69 \text{ mm} > s_{nh,min} = 22 \text{ mm}$$

→ barele încap pe un singur rând

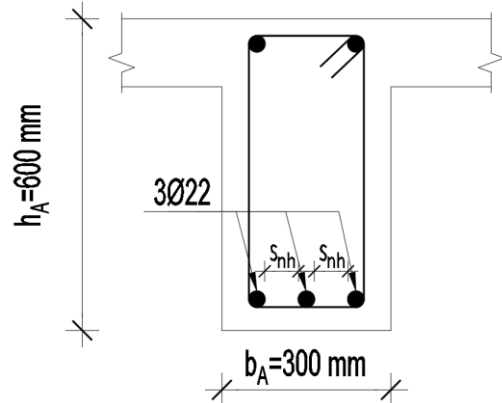


Fig. 5.3 Poziționarea barelor în antretoază

d) Determinarea valorii momentului capabil (M_{Rd})

- se recalculază înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 5.6)

$$d_A = h_A - c_{nom,sw} - \emptyset_{sw} - \frac{\emptyset_{sl}}{2} = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 541 \text{ mm}$$

- se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{11.40 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1.17 \cdot 2.12 \cdot 10^3} = 17.19 \text{ mm}$$

- se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_A - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 541 - \frac{0.8 \cdot 17.19}{2} = 534.12 \text{ mm}$$

- se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(11.40 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 534.12)}{10^6} = 264.74 \text{ kNm} > M_{Ed} = 256.664 \text{ kNm}$$

5.1.2.3 Dimensionarea armăturilor care preiau momentele încovoietoare din reazeme

a) Înălțimea utilă a secțiunii antretoazei, d_A

$$\begin{aligned} d_A &= h_A - c_{\text{nom,sw}} - \varnothing_{\text{sw}} - \frac{\varnothing_{\text{sl}}}{2} \\ &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 538 \text{ mm} \end{aligned}$$

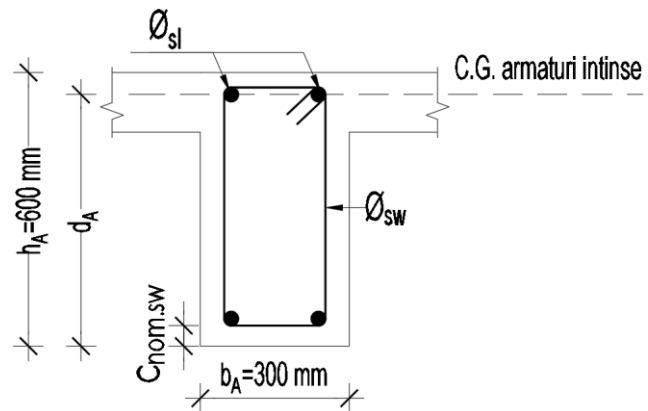


Fig. 5.4 Secțiune utilă antretoază

b) Determinarea ariei necesare de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

- Se calculează momentul redus " μ "

$$\mu = \frac{M_{\text{ed}}}{b_A \cdot d_A^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{256.237 \cdot 10^6}{300 \cdot 538^2 \cdot 17.00} = 0.1692 < \mu_{\text{lim}} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

- Se determină valoarea coeficientului mecanic de armare " ω "

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.1692} = 0.1866$$

- Se determină aria necesară (din calcul) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

$$A_{\text{s,nec.calc}} = \omega \cdot b_A \cdot d_A \cdot \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} = 0.1866 \cdot 300 \cdot 538 \cdot \frac{17.00}{434.78} = 1192.61 \text{ mm}^2 = 11.93 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{\text{s,min}} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_A \cdot d_A = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 300 \cdot 538 = 243.39 \text{ mm}^2 = 2.43 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot b_A \cdot d_A = 0.0013 \cdot 300 \cdot 538 = 209.82 \text{ mm}^2 = 2.10 \text{ cm}^2 \\ 0.0015 \cdot b_A \cdot d_A = 0.0015 \cdot 300 \cdot 538 = 242.10 \text{ mm}^2 = 2.42 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{\text{s,min}} = 2.43 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$\begin{aligned} A_{\text{s,max}} &= 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_A \cdot h_A \\ A_{\text{s,max}} &= 0.04 \cdot 300 \cdot 600 = 7200 \text{ mm}^2 = 72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor din câmp

$$A_{\text{s,nec}} = \max \begin{cases} A_{\text{s,nec.calc}} \\ A_{\text{s,min}} \end{cases} = \max \begin{cases} 11.93 \text{ cm}^2 \\ 2.43 \text{ cm}^2 \end{cases} = 11.93 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 4\varnothing 20 \text{ cu } A_{\text{s,eff}} = 12.56 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) la partea întinsă și se determină distanța dintre armăturile longitudinale

$$s_{nh,min} \geq \left\{ \begin{array}{l} \varnothing_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{ mm} \geq \left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ mm} \\ 16+5=21 \text{ mm} \\ 20 \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow s_{nh,min} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{nh} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 4 \cdot 20}{3} = 41.33 \text{ mm} > s_{nh,min} = 21 \text{ mm}$$

→ barele încap pe un singur rând

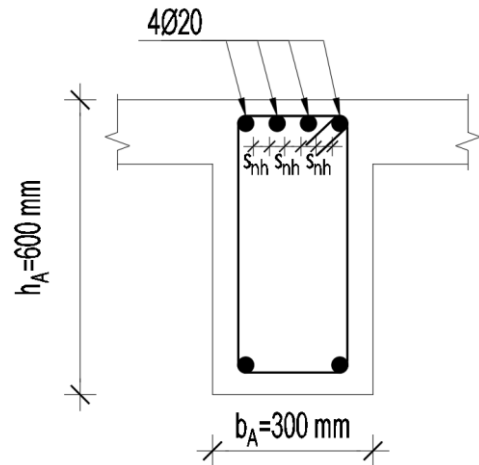


Fig. 5.5 Poziționarea barelor în reazemul antretoazei

c) Determinarea valorii momentului capabil (M_{Rd})

- Se recalculează înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 5.6)

$$d_A = h_A - c_{nom,sw} - \varnothing_{sw} - \frac{\varnothing_{sl}}{2} = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{20 \text{ mm}}{2} = 542 \text{ mm}$$

- Se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_A = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_A} = \frac{12.56 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1.17 \cdot 300} = 133.84 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_A - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 542 - \frac{0.8 \cdot 133.84}{2} = 488.46 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(12.56 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 488.46)}{10^6} = 266.74 \text{ kNm} > M_{Ed} = 256.237 \text{ kNm}$$

5.1.3 Dimensionarea armăturilor pentru preluarea forței tăietoare

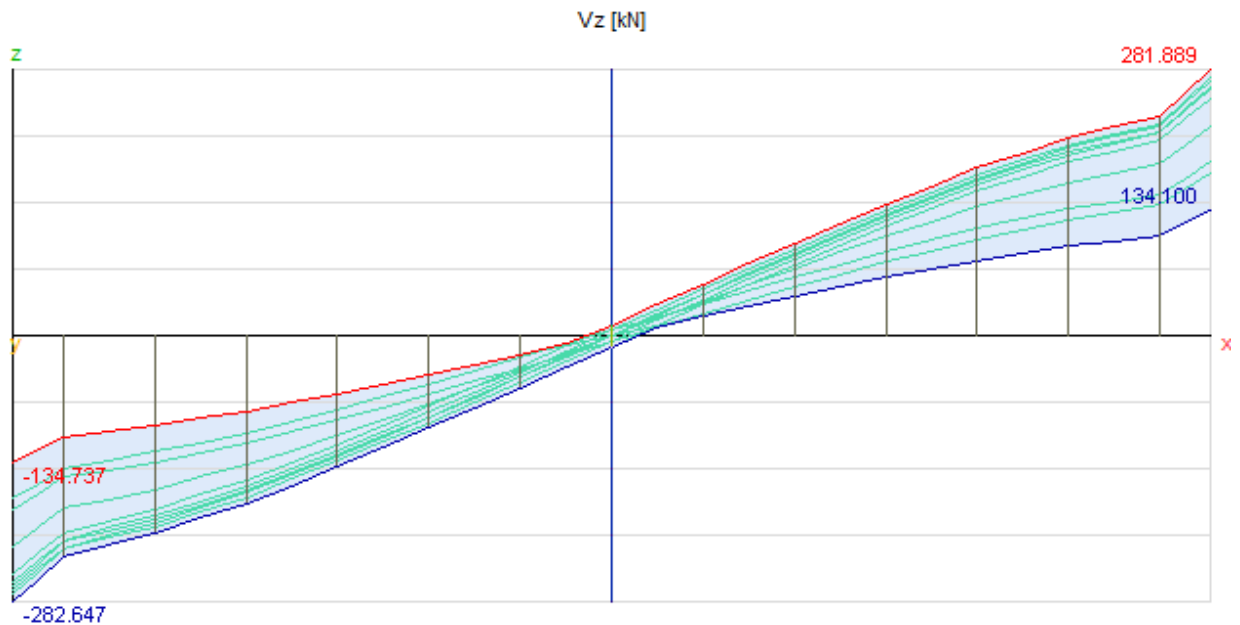


Fig. 5.6 Diagrama de forță tăietoare - V_{Ed}

- a) Se calculează forța tăietoare capabilă de calcul a elementului, fără armături pentru forță tăietoare $V_{Rd,c}$ (forță tăietoare preluată de secțiunea de beton + armătura longitudinală):

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_A \cdot d_A \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_A}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{541}} = 1.61$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_A d_A} = \frac{11.40 \cdot 10^2}{300 \cdot 541} = 0.007$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (efort axial)} \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.61 \cdot (100 \cdot 0.007 \cdot 30)^{1/3} + 0] \cdot 300 \cdot 541 = 86502.1 \text{ N} = 86.5 \text{ kN} < V_{Ed} = 282.647 \text{ kN}$$

$V_{Ed} > V_{Rd,c} \rightarrow$ SUNT necesare armături din calcul pentru preluarea forței tăietoare (se ține cont și de prevederile constructive atunci când se alege armătura transversală)

- b) Se calculează $V_{Rd,max}$, forța tăietoare maximă (capabilă) care poate fi preluată la zdrobirea bielor (diagonalelor) comprimate de beton, considerând înclinarea maximă a acestora, adică $\theta = 21.8^\circ$ sau $\text{ctg}\theta = 2.5$:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_A \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta} = \frac{1 \cdot 300 \cdot 487 \cdot 0.528 \cdot 17}{2.5 + 0.4} = 452.11 \text{ kN}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \text{ – pentru structuri fără precomprimare}$$

$$z = 0.9 \cdot d_A = 0.9 \cdot 541 = 487 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\text{ctg}\theta=2.5$$

- c) Se calculează unghiul θ , prin interpolare:

$V_{Rd,c}$	V_{Ed}	$V_{Rd,max}$
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
2.5 ($\theta=21.8^\circ$)	ctgθ	1 ($\theta=45^\circ$)

$$\text{ctg}\theta=2.5+\frac{(V_{Ed}-V_{Rd,c})(1-2.5)}{(V_{Rd,max}-V_{Rd,c})}=2.5+\frac{(282.647-86.5)(1-2.5)}{(452.11-86.5)}=1.70$$

- d) Se calculează cantitatea de armătură transversală - etrierii (A_{sw} , s) astfel încât să se respecte condiția $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$

$$V_{Rd,s} \leq V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s}$$

$V_{Rd,s}$ – forța tăietoare capabilă a elementului cu armătură transversală (armat cu etrieri), N
 A_{sw} – aria secțiunii armăturilor pentru forța tăietoare= aria tuturor ramurilor/brațelor de forfecare, mm²
s – distanța între doi etrieri consecutivi, mm
 f_{ywd} – rezistența de calcul a armăturii transversale, N/mm²

$$\begin{cases} V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s} \\ V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \end{cases}$$

Înlocuind valoarea lui $V_{Rd,s}$ cu valoarea lui V_{Ed} obținem:

$$V_{Ed} \leq A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s}$$

Necunoscutele sunt A_{sw} și s.

De obicei, se impune diametrul etrierilor, respectiv A_{sw} (se începe cu 8 mm, iar A_{sw} reprezintă aria tuturor ramurilor de etrieri care se opun forței tăietoare). Dacă se impune A_{sw} din relația de mai sus rezultă că:

$$s \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}}$$

Impunem etrieri cu diametrul de 8 mm cu 2 brațe de forfecare (din condiții de durabilitate și disponibilitate pe piață a oțelului profilat cu diametrul de 6mm) $\rightarrow A_{sw}=101 \text{ mm}^2$

$f_{ywd}=f_{yd}$ (alegem același tip de oțel pentru armătura transversală ca și pentru armătura longitudinală)
 $\rightarrow f_{ywd}=434.78 \text{ MPa}$

$$s_{\text{calc}} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{101 \cdot 434.78 \cdot 487 \cdot 1.70}{282.647 \cdot 10^3} = 128 \text{ mm}$$

Valoarea lui s (distanța dintre doi etrieri consecutivi) se rotunjește **ÎN JOS**, la multiplu de 50 mm.

- e) Distanța longitudinală (s) între doi etrieri consecutivi ținând cont și de prevederile constructive:

$$s = \min \begin{cases} s_{\text{calc}} = 128 \text{ mm} \\ 0.75d_A = 0.75 \cdot 541 = 405.75 \text{ mm} \rightarrow \text{aleg } s = 100 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

f) Procentul de armături din forță tăietoare trebuie să fie mai mare decât cel minim:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_A \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,\min} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\frac{101}{100 \cdot 300 \cdot 1} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{30}}{500} \rightarrow 0.0034 > 0.0009$$

g) Se calculează valoarea lui $V_{Rd,s}$ utilizând diametrul/aria efectivă (A_{sw}) și distanța efectivă (s) dintre etrieri

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \operatorname{ctg} \theta}{s} = 101 \cdot 434.78 \cdot \frac{487 \cdot 1.70}{100} = 362.5 \text{ kN}$$

h) Pentru o reverificare a dimensionării și o asigurarea unei rupei ductile este necesară satisfacerea următoarei inegalități

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \leq V_{Rd,\max} \rightarrow 282.647 \text{ kN} \leq 362.5 \text{ kN} \leq 452.11 \text{ kN}$$

5.1.4 Ancorarea armăturilor longitudinale

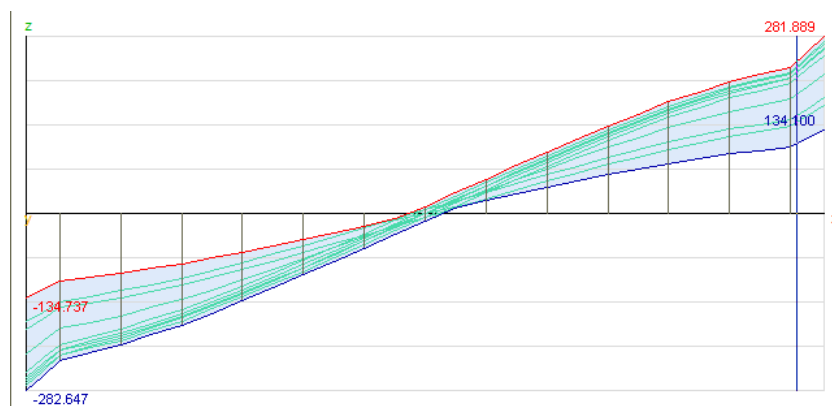
a) În câmp

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.35 = 3.04$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{22}{4}\right) \cdot \left(\frac{181.69}{3.04}\right) = 328.18 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{\Delta F_{td}}{A_{s,\text{eff}}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed} (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha)}{A_{s,\text{eff}}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed} (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha)}{A_{s,\text{eff}}} = \frac{0.5 \cdot 243.684 \cdot 10^3 (1.70 - 0)}{11.40 \cdot 10^2} = 181.69 \text{ MPa}$$



Linear - Infasuratoare Min,Max.			
x[m]	=		0.225
Nx [kN]	=	-19.598	-4.226
Vy [kN]	=	0	0
Vz [kN]	=	-243.684	-111.969
Tx [kNm]	=	-7.341	7.349
My [kNm]	=	93.874	194.214
Mz [kNm]	=	0	0
Mya [kNm]	=	93.874	194.214

Fig. 5.7 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1.0 \cdot 0.915 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 328.18 \text{ mm} = \mathbf{300.21 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(69 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 8 \text{ mm}) = \min(34.5 \text{ mm}, 48 \text{ mm}) = 34.5 \text{ mm} < 3\phi = 66 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi) / \phi = 1 - 0.15(34.5 \text{ mm} - 22 \text{ mm}) / 22 \text{ mm} = 0.915$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

b) În reazem

- Față de axul reazemului

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35 = 2.13$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{22}{4}\right) \cdot \left(\frac{404.60}{2.13}\right) = 1043.96 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{Ed}/z + \Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{M_{Ed}/z + 0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{(194.214 \cdot 10^6) / 488.46 + 0.5 \cdot 243.684 \cdot 10^3 (1.7 - 0)}{12.56 \cdot 10^2} = 481.5 \text{ MPa}$$

$> f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$

Pentru că efortul unitar de întindere în cele 4 bare cu diametrul de 20 mm depășește limita de curgere a oțelului, se mărește $A_{s,eff}$ din reazem astfel încât $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$.

Se alege $A_{s,eff} = 15.20 \text{ cm}^2$ (4Ø22) pentru armătura care preia momentul încovoiator din reazem.

distanța dintre barele longitudinale

$$s_{nh,min} \geq \left\{ \begin{array}{l} \varnothing_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{ mm} \geq \left\{ \begin{array}{l} 22 \text{ mm} \\ 16 + 5 = 21 \text{ mm} \\ 20 \end{array} \right\}$$

→ $s_{nh,min} = 22 \text{ mm}$

$$s_{nh} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 4 \cdot 22}{3} = 38.67 \text{ mm} > s_{nh,min} = 22 \text{ mm}$$

→ barele încap pe un singur rând

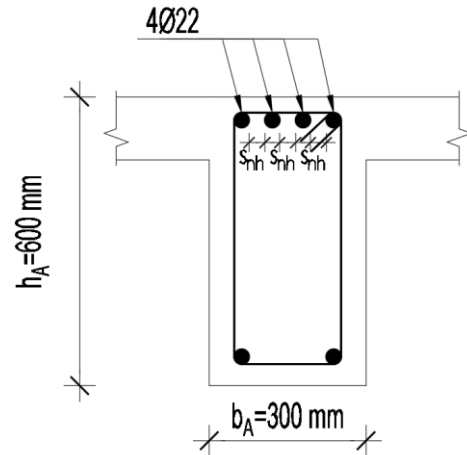


Fig. 5.8 Poziționarea barelor în reazemul antretoazei

Se determină valoarea Momentului capabil (M_{Rd})

- se recalculează înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 5.11)

$$d_A = h_A - c_{nom,sw} - \varnothing_{sw} - \frac{\varnothing_{sl}}{2} = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 541 \text{ mm}$$

- se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_A = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_A} = \frac{15.20 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 300} = 161.98 \text{ mm}$$

- se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_A - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 541 - \frac{0.8 \cdot 161.98}{2} = 476.21 \text{ mm}$$

- se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(15.20 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 476.21)}{10^6} = 314.71 \text{ kNm} > M_{Ed} = 256.237 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{Ed}/z + \Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{M_{Ed}/z + 0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{(194.214 \cdot 10^6)/476.21 + 0.5 \cdot 243.684 \cdot 10^3(1.7 - 0)}{15.20 \cdot 10^2} = 404.60 \text{ MPa}$$

$< f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1.0 \cdot 0.915 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1043.96 \text{ mm} = \mathbf{1044 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(38.67 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 8 \text{ mm}) = \min(19.34 \text{ mm}, 48 \text{ mm}) = 19.34 \text{ mm} < 3\varnothing = 66 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \varnothing)/\varnothing = 1 - 0.15(19.34 \text{ mm} - 22 \text{ mm})/22 \text{ mm} = 1.018 \rightarrow \alpha_2 = 1.0$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

- Față de punctul de anulare al momentului

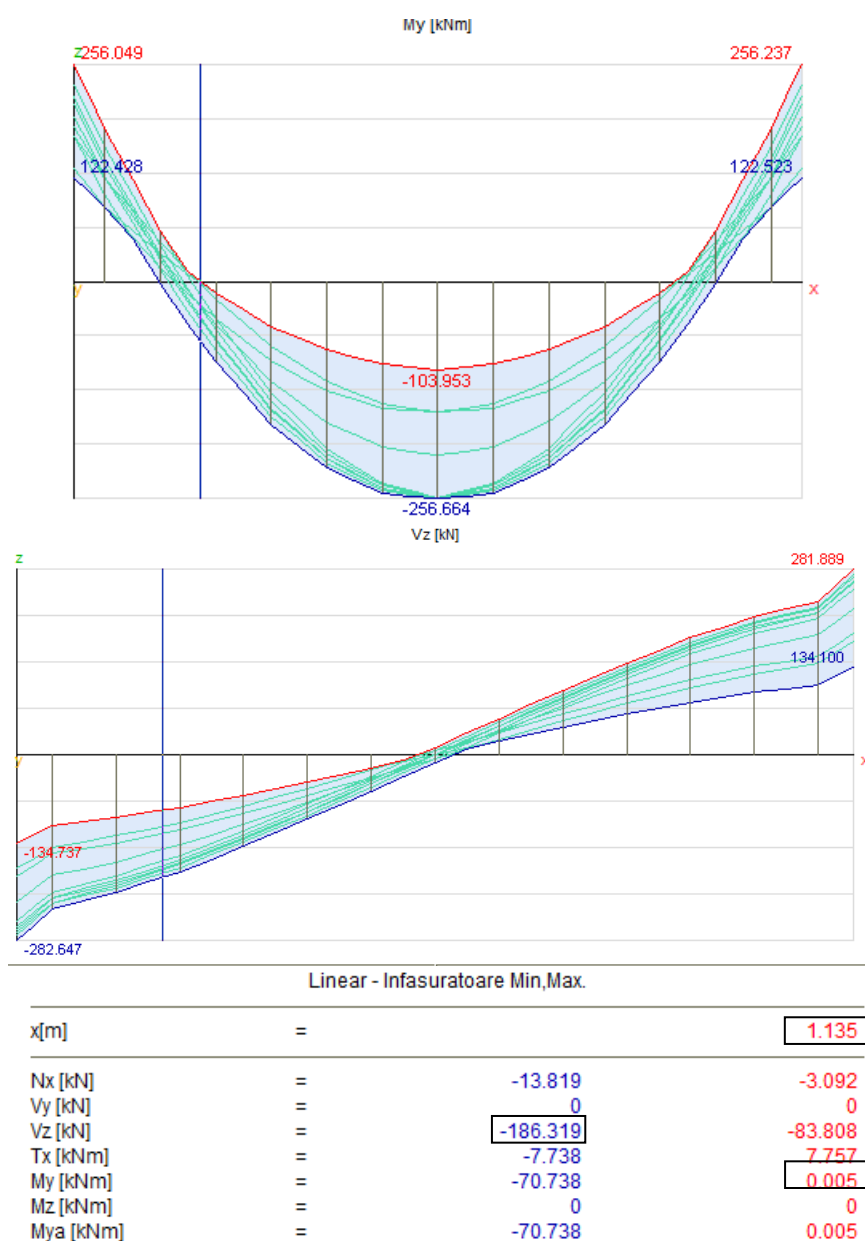


Fig. 5.9 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35 = 2.13$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rd} = \left(\frac{\sigma}{f_{bd}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{22}{4}\right) \cdot \left(\frac{104.19}{2.13}\right) = 244.41 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{\Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot 186.319 \cdot 10^3 (1.70 - 0)}{15.20 \cdot 10^2} = 104.19 \text{ MPa}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 244.41 \text{ mm} = 244.41 \text{ mm} - \text{aleg } l_{bd} = \mathbf{280 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(38.67 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 8 \text{ mm}) = \min(19.34 \text{ mm}, 48 \text{ mm}) = 19.34 \text{ mm} < 3\phi = 66 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi) / \phi = 1 - 0.15(19.34 \text{ mm} - 22 \text{ mm}) / 22 \text{ mm} = 1.018 \rightarrow \alpha_2 = 1.0$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

5.1.5 Înădirea prin suprapunere a barelor de montaj

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

$$f_{ctd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35 = 2.13$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{14}{4}\right) \cdot \left(\frac{0}{2.13}\right) = 0$$

$\sigma_{sd} = 0$ - bară comprimată

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot 0 = 0$$

Pentru înădirea armăturii de montaj cu armătura de rezistență, prin suprapunere, se utilizează valoarea lui $l_{o,min}$.

$$l_{o,min} > \max \begin{cases} 0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 0.3 \cdot 0 = 0 \\ 15\phi = 15 \cdot 14 = 210 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

→ aleg $l_o = \mathbf{250 \text{ mm}}$

5.2 Dimensionarea grinzii principale

5.2.1 Stratul de acoperire cu beton al etrierului $c_{nom,sw}$

$$c_{nom,sw} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min,b} = 8 \text{ mm} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 40 \text{ mm} + 0 - 0 - 0 = 40 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

5.2.2 Dimensionare armăturilor pentru preluarea momentului încovoietor

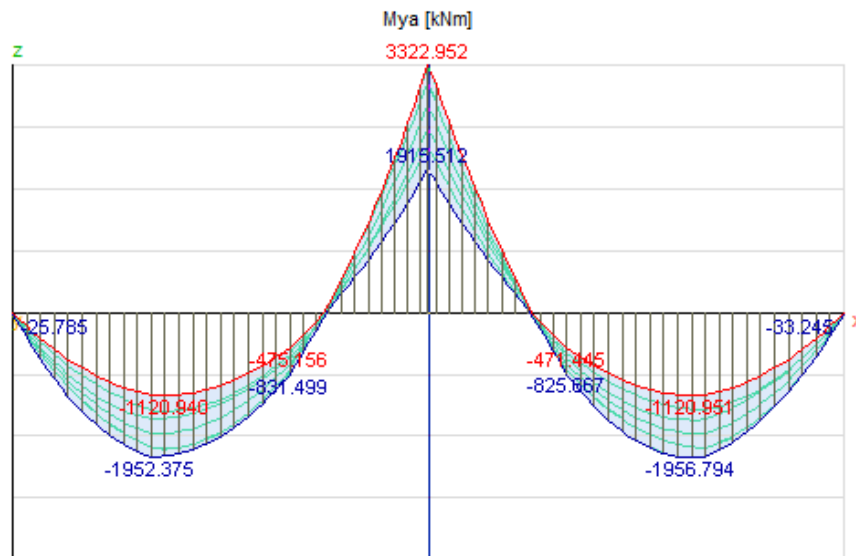


Fig. 5.10 Diagrama de moment încovoietor - M_{Ed}

5.2.2.1 Dimensionarea armăturilor care preiau momentul încovoietor din reazemul central

a) Înălțimea utilă a secțiunii grinzii principale, d_{GP}

$$\begin{aligned} d_{GP} &= h_{GP} - c_{nom,sw} - \varnothing_{sw} - \varnothing_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} \\ &= 900 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 28 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 808 \text{ mm} \end{aligned}$$

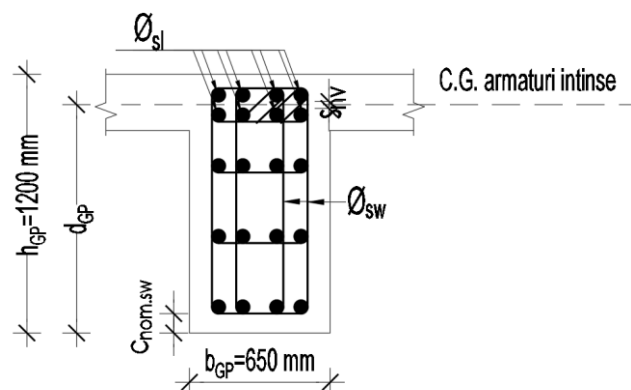


Fig. 5.11 Înălțimea utilă grindă principală

b) Determinarea ariei necesare de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

- Se calculează momentul redus "μ"

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b_{GP} \cdot d_{GP}^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3322.952 \cdot 10^6}{450 \cdot 808^2 \cdot 17.00} = 0.6653 > \mu_{lim} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

→ se mărește secțiunea de beton astfel încât $\mu \leq \mu_{lim}$

$$d_{nec} = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b_{GP} \cdot f_{cd} \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{3322.952 \cdot 10^6}{450 \cdot 17.00 \cdot 0.33}} = 1147.30 \text{ mm}$$

$$h_{nec.GP} = d_{nec.GP} + c_{nom,sw} + \varnothing_{sw} + \varnothing_{sl} + \frac{s_{nv}}{2}$$

$$= 1147.30 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 28 \text{ mm} + 14 \text{ mm} = 1239.30 \text{ mm}$$

Se aleg noi dimensiuni ale secțiunii transversale pentru următoarele elemente:

Grindă principală: $h_{GP} = 1200 \text{ mm}$

Pilă: $h_P = 700 \text{ mm}$

$b_{GP} = 650 \text{ mm}$

$b_P = 700 \text{ mm}$

și se reia calculul static.

c) Se recalculează înălțimea utilă a secțiunii grinzii principale, d_{GP}

$$d_{GP} = h_{GP} - c_{nom,sw} - \varnothing_{sw} - \varnothing_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} = 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 28 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} = 1108 \text{ mm}$$

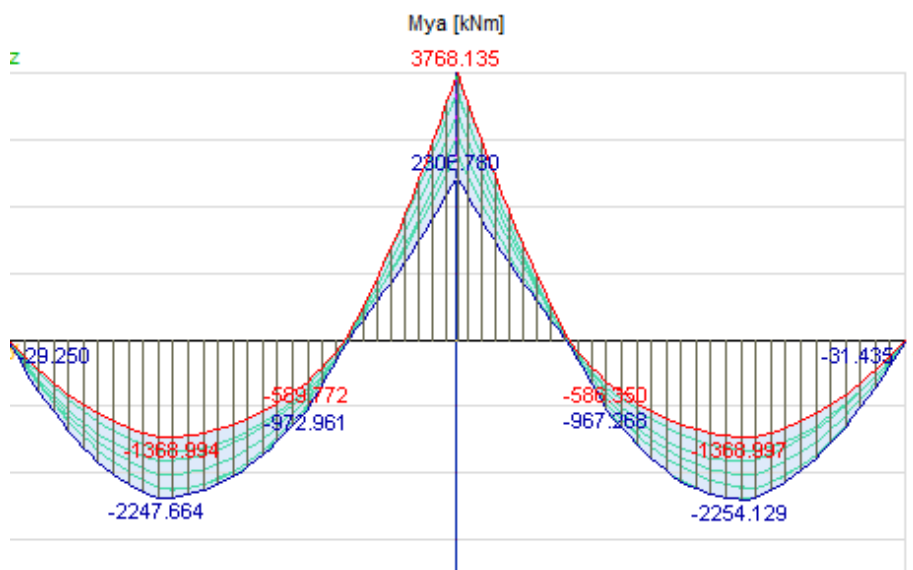


Fig. 5.12 Diagrama de moment încovoietor - M_{Ed} , după modificarea dimensiunilor secțiunii transversale ale grinzii principale și ale pilei

- Se recalculează momentul redus " μ "

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b_{GP} \cdot d_{GP}^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3768.135 \cdot 10^6}{650 \cdot 1108^2 \cdot 17.00} = 0.2778 < \mu_{lim} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

- Se determină valoarea coeficientului mecanic de armare " ω "

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.2778} = 0.3333$$

- Se determină aria necesară (din calcul) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

$$A_{s,nec.calc} = \omega \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.3333 \cdot 650 \cdot 1108 \cdot \frac{17.00}{434.78} = 9386.26 \text{ mm}^2 = 93.86 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 650 \cdot 1108 = 1086.06 \text{ mm}^2 = 10.86 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0013 \cdot 300 \cdot 538 = 936.26 \text{ mm}^2 = 9.36 \text{ cm}^2 \\ 0.0015 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0015 \cdot 300 \cdot 538 = 1080.30 \text{ mm}^2 = 10.80 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 10.86 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_{GP} \cdot h_{GP}$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 650 \cdot 1200 = 31200 \text{ mm}^2 = 312 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor din câmp

$$A_{s,nec} = \max \begin{cases} A_{s,nec.calc} \\ A_{s,min} \end{cases} = \max \begin{cases} 93.86 \text{ cm}^2 \\ 10.86 \text{ cm}^2 \end{cases} = 93.86 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 12\emptyset 32 \text{ cu } A_{s,eff} = 96.51 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) la partea întinsă și se determină distanța dintre armăturile longitudinale

distanța dintre barele longitudinale

$$s_{nh,min} \geq \begin{cases} \emptyset_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \text{ mm} \geq \begin{cases} 32 \text{ mm} \\ 16 + 5 = 21 \text{ mm} \\ 20 \end{cases}$$

$$\rightarrow s_{nh,min} = 32 \text{ mm}$$

$$s_{nh} = \frac{650 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 8 \cdot 32}{7} = 42 \text{ mm} > s_{nh,min} = 32 \text{ mm}$$

→ barele încap pe un singur rând

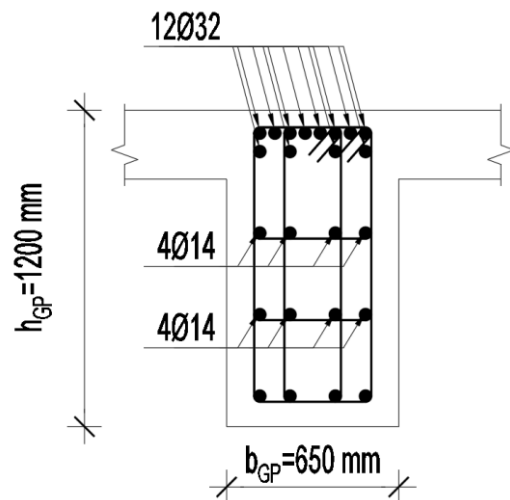


Fig. 5.13 Poziționarea barelor în reazemul grinzii principale

- d) Se determină valoarea Momentului capabil (M_{Rd})

- se recalculează înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 6.13)

$$d_{GP} = h_{GP} - c_{nom,sw} - \emptyset_{sw} - \emptyset_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} = 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 1102 \text{ mm}$$

- se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{GP} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{GP}} = \frac{96.51 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 650} = 474.67 \text{ mm}$$

- se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_{GP} - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1102 - \frac{0.8 \cdot 474.67}{2} = 912.13 \text{ mm}$$

- se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(96.51 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 912.13)}{10^6} = 3827.38 \text{ kNm} > M_{Ed} = 3768.135 \text{ kNm}$$

5.2.2.2 Dimensionarea armăturilor care preiau momentul încovoiator din câmp

- a) Lățimea activă a plăcii comprimate - b_{eff}

Deoarece placa este situată în zona comprimată a grinzii principale, grinda principală se dimensionează, în câmp, ca și o grindă cu secțiune T, simplu armată

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 \leq 0.2 \cdot l_0 \leq b_i \rightarrow \begin{cases} b_{eff,1} = l_c = 0.875 \text{ m} \leq 2.55 \text{ m} \leq 3.05 \text{ m} \\ b_{eff,2} = 0.2 \cdot 2.925 \text{ m} + 0.1 \cdot (0.85 \cdot 15.00 \text{ m}) = 1.86 \text{ m} \leq 2.55 \text{ m} \leq 3.05 \text{ m} \end{cases}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_w b_{eff,1} \leq b \rightarrow b_{eff} = 0.875 \text{ m} + 0.65 \text{ m} + 1.86 \text{ m} = 3.385 \text{ m} \leq b = 4.45 \text{ m}$$

Se verifică poziția axei neutre: dacă raportul $b_{eff}/b_A > 5$, în general axa neutră este în placă, iar secțiunea T se dimensionează ca și o secțiune dreptunghiulară, înlocuind lățimea grinzii cu lățimea activă a plăcii ($b_{GP} = b_{eff}$)

$$\frac{b_{eff}}{b_{GP}} = \frac{3.385 \text{ m}}{0.65 \text{ m}} = 5.21 > 5 \rightarrow \text{axa neutră este în placă}$$

- b) Înălțimea utilă a secțiunii grinzii principale, d_{GP}

$$\begin{aligned} d_{GP} &= h_{GP} - c_{nom,sw} - \varnothing_{sw} - \varnothing_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} \\ &= 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - 28 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 1108 \text{ mm} \end{aligned}$$

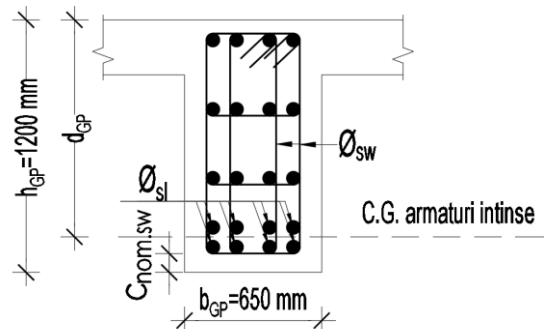


Fig. 5.14 Înălțimea utilă grindă principală

- c) Determinarea ariei necesare de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoiator

- Se calculează momentul redus “ μ ”

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d_{GP}^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2254.128 \cdot 10^6}{3.385 \cdot 10^3 \cdot 1108^2 \cdot 17.00} = 0.0319 < \mu_{lim} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

- Se determină valoarea coeficientului mecanic de armare “ ω ”

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.0319} = 0.0324$$

- Se determină aria necesară (din calcul) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoiător

$$A_{s,nec,calc} = \omega \cdot b_{eff} \cdot d_{GP} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.0324 \cdot 3.385 \cdot 10^3 \cdot 1108 \cdot \frac{17.00}{434.78} = 4756.28 \text{ mm}^2 = 47.56 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 650 \cdot 1108 = 1086.06 \text{ mm}^2 = 10.86 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0013 \cdot 300 \cdot 538 = 936.26 \text{ mm}^2 = 9.36 \text{ cm}^2 \\ 0.0015 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0015 \cdot 300 \cdot 538 = 1080.30 \text{ mm}^2 = 10.80 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 10.86 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_{GP} \cdot h_{GP}$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 650 \cdot 1200 = 31200 \text{ mm}^2 = 312 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoiător din câmp

$$A_{s,nec} = \max \begin{cases} A_{s,nec,calc} \\ A_{s,min} \end{cases} = \max \begin{cases} 47.56 \text{ cm}^2 \\ 10.86 \text{ cm}^2 \end{cases} = 47.56 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 8\phi 28 \text{ cu } A_{s,eff} = 49.28 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) la partea întinsă și se determină distanța dintre armăturile longitudinale

distanța dintre barele longitudinale de pe un rând

$$s_{nh,min} \geq \begin{cases} \phi_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \text{ mm} \geq \begin{cases} 28 \text{ mm} \\ 16 + 5 = 21 \text{ mm} \\ 20 \end{cases}$$

$$\rightarrow s_{nh,min} = 28 \text{ mm}$$

$$s_{nh} = \frac{650 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 28}{2} = 146 \text{ mm} > s_{nh,min} = 28 \text{ mm}$$

→ barele încap pe un singur rând

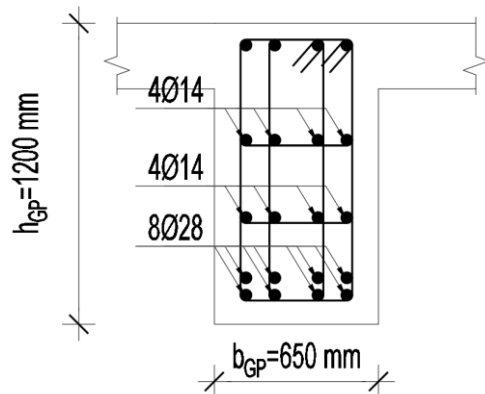


Fig. 5.15 Poziționarea barelor în grinda principală

d) Se determină valoarea Momentului capabil (M_{Rd})

- Se recalculează înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 5.6)

$$d_{GP} = h_{GP} - c_{nom,sw} - \phi_{sw} - \phi_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} = 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 28 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} = 1108 \text{ mm}$$

- Se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{49.28 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1.17 \cdot 3.385 \cdot 10^3} = 46.54 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_{GP} - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1108 - \frac{0.8 \cdot 46.54}{2} = 1089.38 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(49.28 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 1089.38)}{10^6} = 2334.12 \text{ kNm} > M_{Ed} = 2254.128 \text{ kNm}$$

5.2.2.3 Aria necesară de armătură în reazemele marginale

Momentele încovoietoare în reazemele marginale ale grinzii principale sunt egale cu 0. Conform [4], în cazul unei grinzi care formează o construcție monolită cu reazemele sale, secțiunea de reazem se dimensionează la un moment încovoietor, rezultat dintr-o încăstrare parțială, egal cu cel puțin 0.15 ori momentul încovoietor maxim din câmp.

- a) Înălțimea utilă a secțiunii grinzii principale, d_{GP}

$$\begin{aligned} d_{GP} &= h_{GP} - c_{nom,sw} - \phi_{sw} - \phi_{sl} - \frac{s_{nv}}{2} \\ &= 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 28 \text{ mm} - \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 1108 \text{ mm} \end{aligned}$$

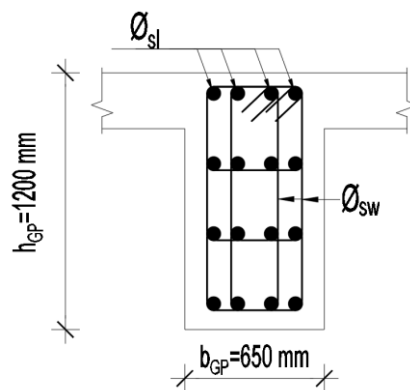


Fig. 5.16 Înălțimea utilă grindă principală

- b) Determinarea ariei necesare de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

- Se calculează momentul redus " μ "

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{GP} \cdot d_{GP}^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0.15 \cdot 2254.128 \cdot 10^6}{650 \cdot 1108^2 \cdot 17.00} = 0.0249 < \mu_{lim} (0.372 \text{ pentru oțel B500})$$

- Se determină valoarea coeficientului mecanic de armare " ω "

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.0249} = 0.0252$$

- Se determină aria necesară (din calcul) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoietor

$$A_{s,nec,calc} = \omega \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.0252 \cdot 650 \cdot 1108 \cdot \frac{17.00}{434.78} = 710.84 \text{ mm}^2 = 7.11 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 650 \cdot 1108 = 1086.06 \text{ mm}^2 = 10.86 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0013 \cdot 300 \cdot 538 = 936.26 \text{ mm}^2 = 9.36 \text{ cm}^2 \\ 0.0015 \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} = 0.0015 \cdot 300 \cdot 538 = 1080.30 \text{ mm}^2 = 10.80 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 10.86 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_{GP} \cdot h_{GP}$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 650 \cdot 1200 = 31200 \text{ mm}^2 = 312 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea momentului încovoiator din câmp

$$A_{s,nec} = \max \begin{cases} A_{s,nec,calc} \\ A_{s,min} \end{cases} = \max \begin{cases} 7.11 \text{ cm}^2 \\ 10.86 \text{ cm}^2 \end{cases} = 10.86 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 4\Phi 20 \text{ cu } A_{s,eff} = 12.56 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) la partea întinsă și se determină distanța dintre armăturile longitudinale

distanța dintre barele longitudinale

$$s_{nh,min} \geq \begin{cases} \Phi_{sl} \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \text{ mm} \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ 16 + 5 = 21 \text{ mm} \\ 20 \end{cases}$$

$$\rightarrow s_{nh,min} = 20 \text{ mm}$$

$$s_{nh} = \frac{650 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 20}{3} = 156.67 \text{ mm} > s_{nh,min} = 22 \text{ mm}$$

\rightarrow barele încap pe un singur rând

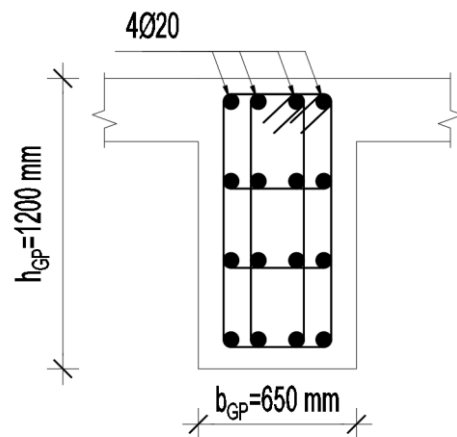


Fig. 5.17 Poziționarea barelor în reazemul grinzii principale

- c) Se determină valoarea Momentului capabil (M_{Rd})

- Se recalculează înălțimea utilă a secțiunii, ținând cont de diametrele efective (alese) și poziționarea armăturilor în secțiune (Fig. 6.13)

$$d_{GP} = h_{GP} - c_{nom,sw} - \Phi_{sw} - \frac{\Phi_{sl}}{2} = 1200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{20 \text{ mm}}{2} = 1140 \text{ mm}$$

- Se determină poziția axei neutre, x

$$\lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{GP} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \rightarrow x = \frac{A_{s,eff} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{GP}} = \frac{12.56 \cdot 10^2 \cdot 434.78}{0.8 \cdot 1.17 \cdot 650} = 61.77 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea brațului de pârghie, z

$$z = d_{GP} - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1140 - \frac{0.8 \cdot 61.77}{2} = 1115.29 \text{ mm}$$

- Se determină valoarea momentului capabil, M_{Rd}

$$M_{Rd} = A_{s,eff} \cdot f_{yd} \cdot z = \frac{(12.56 \cdot 10^2 \cdot 434.78 \cdot 1115.29)}{10^6} = 609.05 \text{ kNm}$$

5.2.3 Dimensionarea armăturilor pentru preluarea forței tăietoare

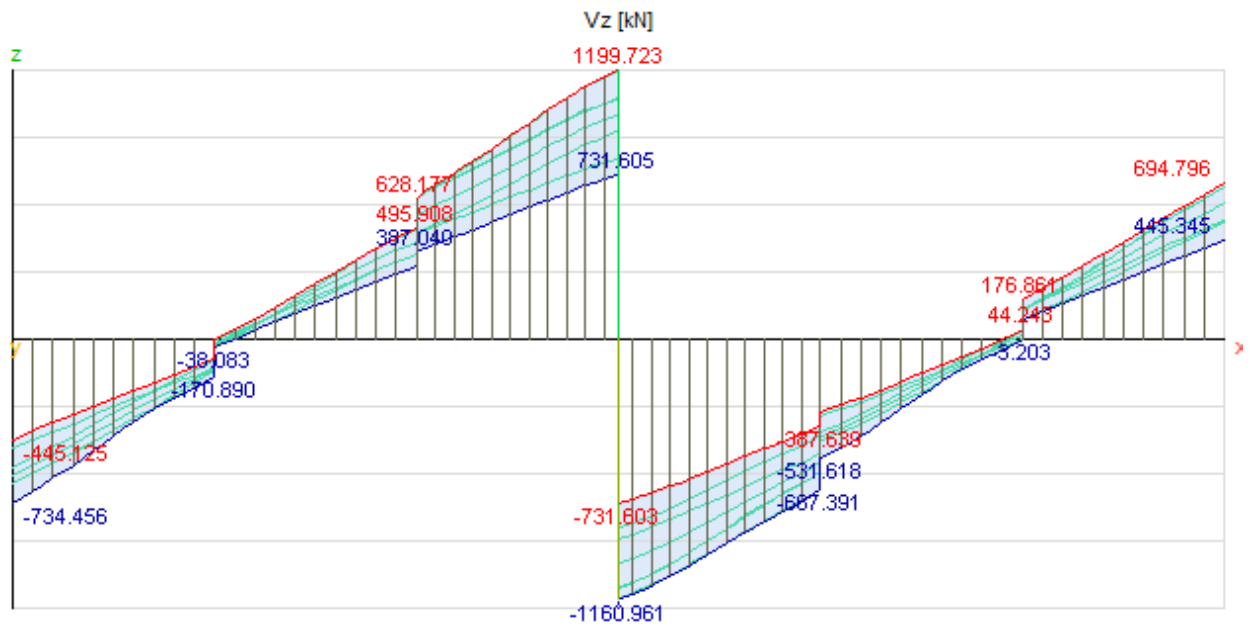


Fig. 5.18 Diagrama de forță tăietoare - V_{Ed}

5.2.3.1 Reazeme marginale

- a) Se calculează forța tăietoare capabilă de calcul a elementului, fără armături pentru forța tăietoare $V_{Rd,c}$ (forța tăietoare preluată de secțiunea de beton + armătura longitudinală):

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{GP}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1108}} = 1.42$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_{GP} d_{GP}} = \frac{49.28 \cdot 10^2}{650 \cdot 1108} = 0.007$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (efort axial)} \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.42 \cdot (100 \cdot 0.007 \cdot 30)^{1/3} + 0] \cdot 650 \cdot 1108 = 337172.9 \text{ N} = 337.2 \text{ kN} < V_{Ed} = 734.456 \text{ kN}$$

$V_{Ed} > V_{Rd,c} \rightarrow$ SUNT necesare armături din calcul pentru preluarea forței tăietoare (se ține cont și de prevederile constructive atunci când se alege armătura transversală)

- b) Se calculează $V_{Rd,max}$, forța tăietoare maximă (capabilă) care poate fi preluată la zdrobirea bielor (diagonalelor) comprimate de beton, considerând înclinarea maximă a acestora, adică $\theta = 21.8^\circ$ sau $\text{ctg}\theta = 2.5$:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{GP} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta} = \frac{1 \cdot 650 \cdot 997 \cdot 0.528 \cdot 17}{2.5 + 0.4} = 4012.46 \text{ kN}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \text{ – pentru structuri fără precomprimare}$$

$$z = 0.9 \cdot d_{GP} = 0.9 \cdot 1108 = 997 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\text{ctg}\theta = 2.5$$

- c) Se calculează cantitatea de armătură transversală - etrierii (A_{sw} , s) astfel încât să se respecte condiția $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$

$$V_{Rd,s} \leq V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s}$$

$V_{Rd,s}$ – forța tăietoare capabilă a elementului cu armătură transversală (armat cu etrieri), N

A_{sw} – aria secțiunii armăturilor pentru forță tăietoare = aria tuturor ramurilor/brațelor de forfecare, mm²

s – distanța între doi etrieri consecutivi, mm

f_{ywd} – rezistența de calcul a armăturii transversale, N/mm²

$$\begin{cases} V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s} \\ V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \end{cases}$$

Înlocuind valoarea lui $V_{Rd,s}$ cu valoarea lui V_{Ed} obținem:

$$V_{Ed} \leq A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s}$$

Necunoscutele sunt A_{sw} și s.

De obicei, se impune diametrul etrierilor, respectiv A_{sw} (se începe cu 8 mm, iar A_{sw} reprezintă aria tuturor ramurilor de etrieri care se opun forței tăietoare). Dacă se impune A_{sw} din relația de mai sus rezultă că:

$$s \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}}$$

Impunem etrieri cu diametrul de 10 mm cu 4 brațe de forfecare → $A_{sw} = 314 \text{ mm}^2$

$f_{ywd} = f_{yd}$ (alegem același tip de oțel pentru armătura transversală ca și pentru armătura longitudinală)

→ $f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$

$$s_{\text{calc}} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{314 \cdot 434.78 \cdot 997 \cdot 1}{734.456 \cdot 10^3} = 185 \text{ mm}$$

Valoarea lui s (distanța dintre doi etrieri consecutivi) se rotunjește **ÎN JOS**, la multiplu de 50 mm.

- d) Distanța longitudinală (s) între doi etrieri consecutivi ținând cont și de prevederile constructive:

$$s = \min \begin{cases} s_{\text{calc}} = 185 \text{ mm} \\ 0.75d_{GP} = 0.75 \cdot 1108 = 831 \text{ mm} \rightarrow \text{aleg } s = 150 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

- e) Procentul de armături din forță tăietoare trebuie să fie mai mare decât cel minim:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_{GP} \cdot \sin\alpha} \geq \rho_{w,\text{min}} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\frac{314}{150 \cdot 650 \cdot 1} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{30}}{500} \rightarrow 0.0032 > 0.0009$$

- f) Se calculează valoarea lui $V_{Rd,s}$ utilizând diametrul/aria efectivă (A_{sw}) și distanța efectivă (s) dintre etrieri

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \operatorname{ctg}\theta}{s} = 314 \cdot 434.78 \cdot \frac{997.1}{150} = 907.6 \text{ kN}$$

- g) Pentru o reverificare a dimensionării și o asigurarea unei rupei ductile este necesară satisfacerea următoarei inegalități

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \leq V_{Rd,max} \rightarrow 734.456 \text{ kN} \leq 907.6 \text{ kN} \leq 4012.46 \text{ kN}$$

5.2.3.2 Reazemul central

- a) Se calculează forța tăietoare capabilă de calcul a elementului, fără armături pentru forța tăietoare $V_{Rd,c}$ (forța tăietoare preluată de secțiunea de beton + armătura longitudinală):

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_{GP} \cdot d_{GP} \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{GP}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1102}} = 1.43$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_{GP} d_{GP}} = \frac{96.51 \cdot 10^2}{650 \cdot 1102} = 0.013$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (efort axial)} \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.43 \cdot (100 \cdot 0.013 \cdot 30)^{1/3} + 0] \cdot 650 \cdot 1102 = 420661.7 \text{ N} = 420.7 \text{ kN} < V_{Ed} = 1199.723 \text{ kN}$$

$V_{Ed} > V_{Rd,c} \rightarrow$ SUNT necesare armături din calcul pentru preluarea forței tăietoare (se ține cont și de prevederile constructive atunci când se alege armătura transversală)

- b) Se calculează $V_{Rd,max}$, forța tăietoare maximă (capabilă) care poate fi preluată la zdrobirea bielor (diagonalelor) comprimate de beton, considerând înclinarea maximă a acestora, adică $\theta = 21.8^\circ$ sau $\operatorname{ctg}\theta = 2.5$:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{GP} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\operatorname{ctg}\theta + \operatorname{tg}\theta} = \frac{1 \cdot 650 \cdot 992 \cdot 0.528 \cdot 17}{2.5 + 0.4} = 3990.73 \text{ kN}$$

$\alpha_{cw} = 1$ – pentru structuri fără precomprimare

$$z = 0.9 \cdot d_{GP} = 0.9 \cdot 1102 = 992 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\operatorname{ctg}\theta = 2.5$$

- c) Se calculează cantitatea de armătură transversală - etrierii (A_{sw} , s) astfel încât să se respecte condiția $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$

$$V_{Rd,s} \leq V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \operatorname{ctg}\theta}{s}$$

$V_{Rd,s}$ – forța tăietoare capabilă a elementului cu armătură transversală (armat cu etrieri), N

A_{sw} – aria secțiunii armăturilor pentru forța tăietoare = aria tuturor ramurilor/brațelor de forfecare, mm^2

s – distanța între doi etrieri consecutivi, mm

f_{ywd} – rezistența de calcul a armăturii transversale, N/mm²

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s} \\ V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \end{array} \right.$$

Înlocuind valoarea lui $V_{Rd,s}$ cu valoarea lui V_{Ed} obținem:

$$V_{Ed} \leq A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s}$$

Necunoscutele sunt A_{sw} și s.

De obicei, se impune diametrul etrierilor, respectiv A_{sw} (se începe cu 8 mm, iar A_{sw} reprezintă aria tuturor ramurilor de etrieri care se opun forței tăietoare). Dacă se impune A_{sw} din relația de mai sus rezultă că:

$$s \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}}$$

Impunem etrieri cu diametrul de 10 mm cu 4 brațe de forfecare → $A_{sw}=314 \text{ mm}^2$

$f_{ywd}=f_{yd}$ (alegem același tip de oțel pentru armătura transversală ca și pentru armătura longitudinală)

→ $f_{ywd}=434.78 \text{ MPa}$

$$s_{\text{calc}} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{314 \cdot 434.78 \cdot 992 \cdot 1}{1199.723 \cdot 10^3} = 113 \text{ mm}$$

Valoarea lui s (distanța dintre doi etrieri consecutivi) se rotunjește **ÎN JOS**, la multiplu de 50 mm.

d) Distanța longitudinală (s) între doi etrieri consecutivi ținând cont și de prevederile constructive:

$$s = \min \left\{ \begin{array}{l} s_{\text{calc}} = 113 \text{ mm} \\ 0.75d_{GP} = 0.75 \cdot 1102 = 827 \text{ mm} \rightarrow \text{aleg } s = 100 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right.$$

e) Procentul de armături din forță tăietoare trebuie să fie mai mare decât cel minim:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_{GP} \cdot \sin\alpha} \geq \rho_{w,\text{min}} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\frac{314}{100 \cdot 650 \cdot 1} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{30}}{500} \rightarrow 0.0048 > 0.0009$$

f) Se calculează valoarea lui $V_{Rd,s}$ utilizând diametrul/aria efectivă (A_{sw}) și distanța efectivă (s) dintre etrieri

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{z \cdot \text{ctg}\theta}{s} = 314 \cdot 434.78 \cdot \frac{992 \cdot 1}{100} = 1354.0 \text{ kN}$$

g) Pentru o reverificare a dimensionării și o asigurarea unei rupei ductile este necesară satisfacerea următoarei inegalități:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \leq V_{Rd,\text{max}} \rightarrow 1199.723 \text{ kN} \leq 1354.0 \text{ kN} \leq 3990.73 \text{ kN}$$

5.2.3.3 Verificarea grinzii principale la forțe concentrate – reacțiuni din antretoaze

Conform Fig. 6.16, valorile forțelor concentrate rezultate din reacțiunile transmise de antretoaze au următoarele valori:

F1=387.391 kN, respectiv F2=176.861 Kn.

$$A_{sw.Fi} = \frac{F_i}{f_{ywd}}$$

$$n_i = \frac{A_{sw.F}}{A_{sw.V}}$$

unde:

$A_{sw.F}$ – aria de armătură transversală necesară pentru preluarea forței concentrate, mm²

F_i – valoarea forței concentrate, N

f_{ywd} – rezistența de calcul a armăturii transversale, N/mm²

n – numărul necesar de etrieri pentru preluarea forței concentrate

$A_{sw.V}$ – aria de armătură transversală dimensionată pentru preluarea forței tăietoare, mm²

$$A_{sw.F1} = \frac{F_1}{f_{ywd}} = \frac{387.391 \cdot 10^3}{434.78} = 891 \text{ mm}^2$$

$$n_1 = \frac{A_{sw.F1}}{A_{sw.V}} = \frac{891}{314} = 2.84 \rightarrow 4 \text{ etrieri } \varnothing 10 \text{ cu 4 brațe de forfecare}$$

$$A_{sw.F2} = \frac{F_2}{f_{ywd}} = \frac{176.86 \cdot 10^3}{434.78} = 406.78 \text{ mm}^2$$

$$n_2 = \frac{A_{sw.F2}}{A_{sw.V}} = \frac{406.78}{314} = 1.29 \rightarrow 2 \text{ etrieri } \varnothing 10 \text{ cu 4 brațe de forfecare}$$

5.2.4 Ancorarea armăturilor longitudinale

a) Armătura longitudinală din câmp

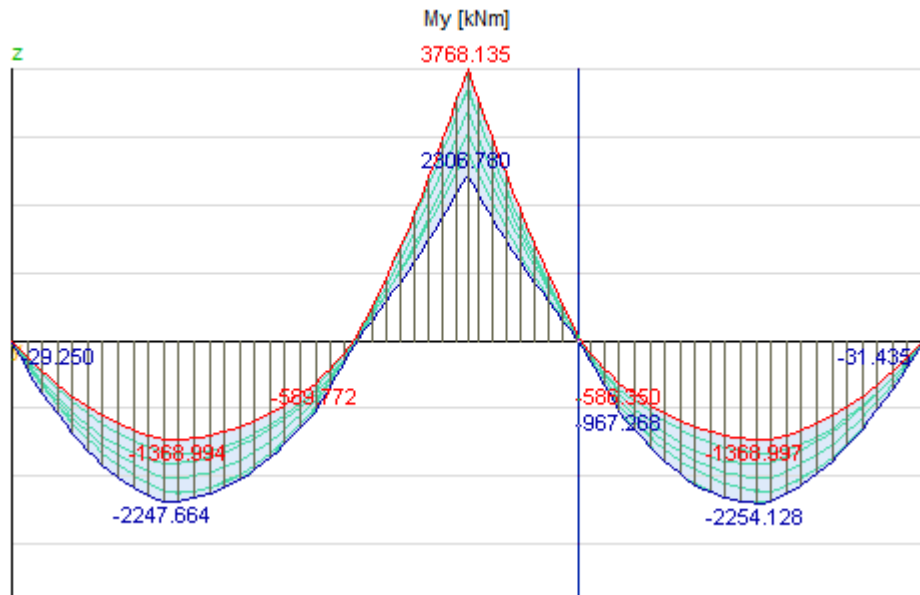
Față de punctul de anulare a momentului

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.35 = 3.05$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\varnothing}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{28}{4}\right) \cdot \left(\frac{81.95}{3.05}\right) = 188.40 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{\Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot 807.725 \cdot 10^3 (1-0)}{49.28 \cdot 10^2} = 81.95 \text{ MPa}$$



Linear - Infasuratoare Min,Max.

x[m]	=		18.643
Nx [kN]	=	-3.651	6.165
Vy [kN]	=	-0.288	-0.068
Vz [kN]	=	-807.725	-484.632
Tx [kNm]	=	33.146	126.762
My [kNm]	=	-0.808	67.265
Mz [kNm]	=	-0.572	-0.131
Mya [kNm]	=	-0.808	67.265

Fig. 5.19 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rd} = 1.0 \cdot 0.882 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 188.40 \text{ mm} = \mathbf{166.19 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(146 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm}) = \min(73 \text{ mm}, 50 \text{ mm}) = 50 \text{ mm} < 3\phi = 84 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi) / \phi = 1 - 0.15(50 \text{ mm} - 28 \text{ mm}) / 28 \text{ mm} = 0.882$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

- Față de reazemul marginal

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.35 = 3.05$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{28}{4}\right) \cdot \left(\frac{186.7}{3.05}\right) = 429.09 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{Ed}/z + \Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{M_{Ed}/z + 0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{(678.814 \cdot 10^6) / 41089.38 + 0.5 \cdot 593.413 \cdot 10^3 (1.0 - 0)}{49.28 \cdot 10^2} = 186.7 \text{ MPa}$$

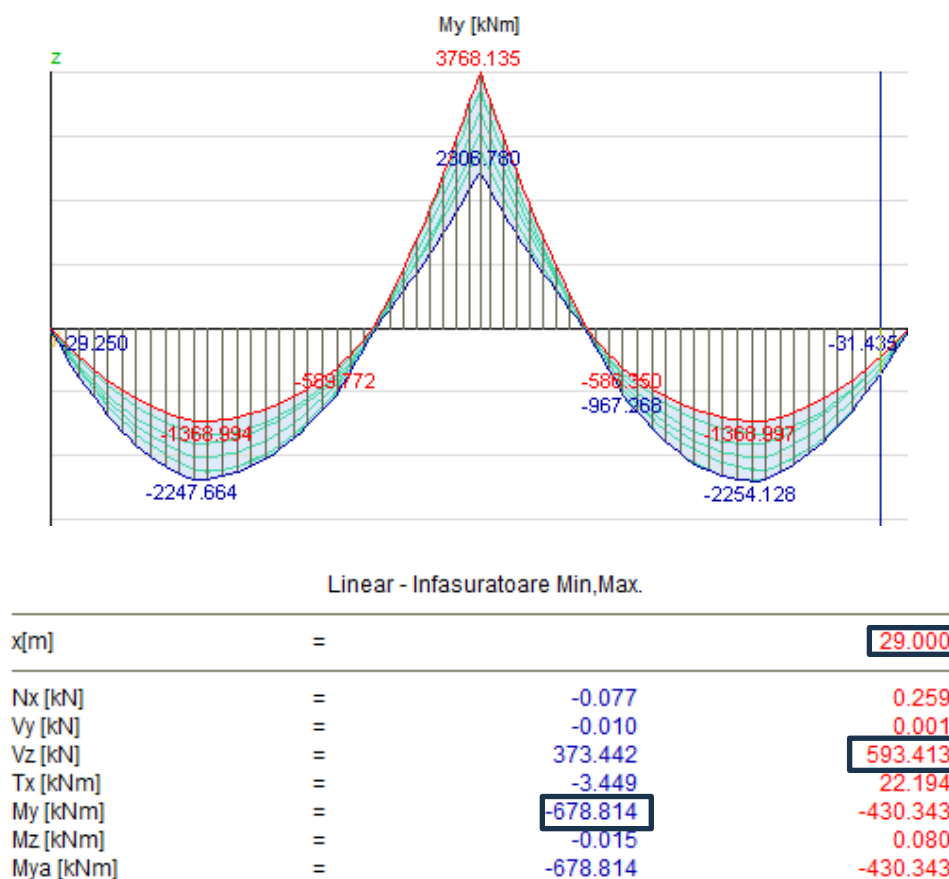


Fig. 5.20 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rd} = 1.0 \cdot 0.882 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 429.09 \text{ mm} = \mathbf{429.09 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(146 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm}) = \min(73 \text{ mm}, 50 \text{ mm}) = 50 \text{ mm} < 3\phi = 84 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi) / \phi = 1 - 0.15(50 \text{ mm} - 28 \text{ mm}) / 28 \text{ mm} = 0.882$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

b) Armătura longitudinală din reazemul central

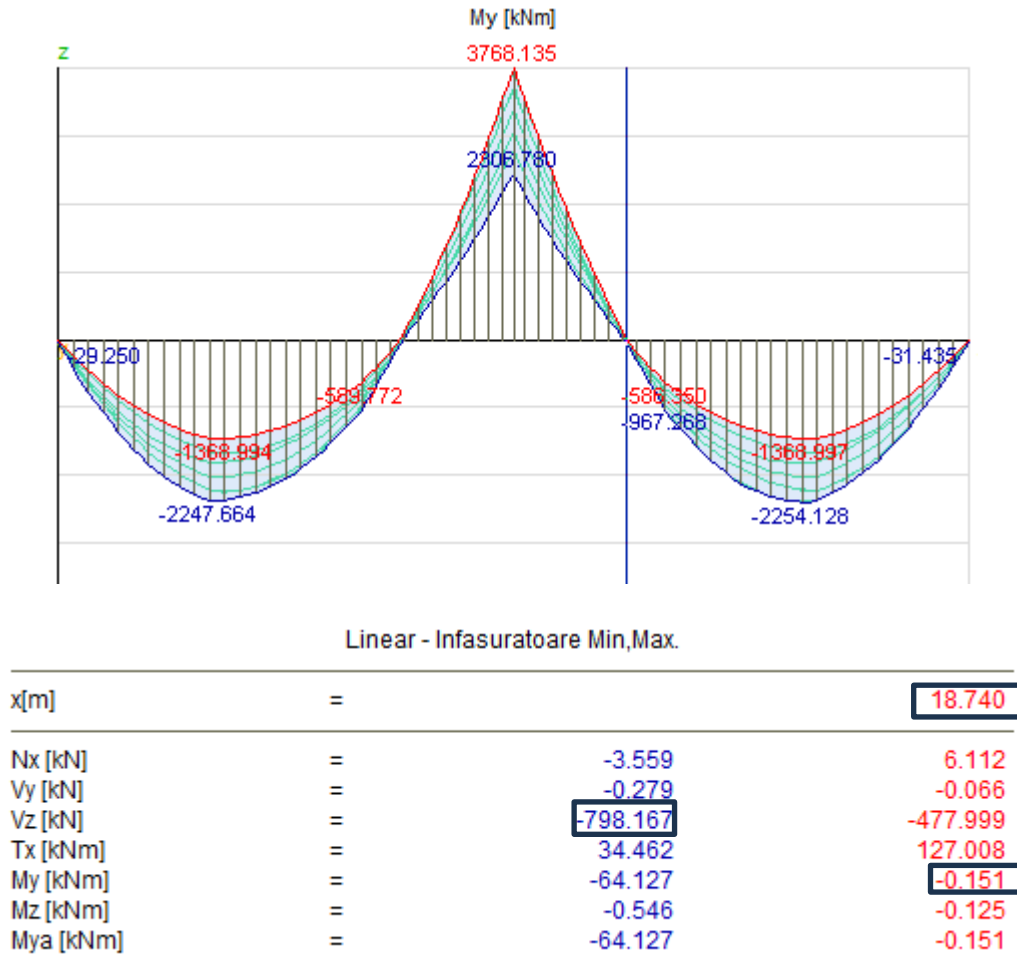


Fig. 5.21 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35 = 2.13$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{22}{4}\right) \cdot \left(\frac{41.35}{2.13}\right) = 155.20 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{\Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}} = \frac{0.5 \cdot 798.167 \cdot 10^3 (1.0 - 0)}{96.51 \cdot 10^2} = 41.35 \text{ MPa}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 155.20 \text{ mm} = \mathbf{155.20 \text{ mm}}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1) = \min(42 \text{ mm}/2, 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm}) = \min(21 \text{ mm}, 50 \text{ mm}) = 21 \text{ mm} < 3\phi = 96 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi)/\phi = 1 - 0.15(21 \text{ mm} - 32 \text{ mm})/32 \text{ mm} = 1.052 \rightarrow \alpha_2 = 1.0$$

$\alpha_3 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5=1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

c) Armătura longitudinală din reazemul marginal

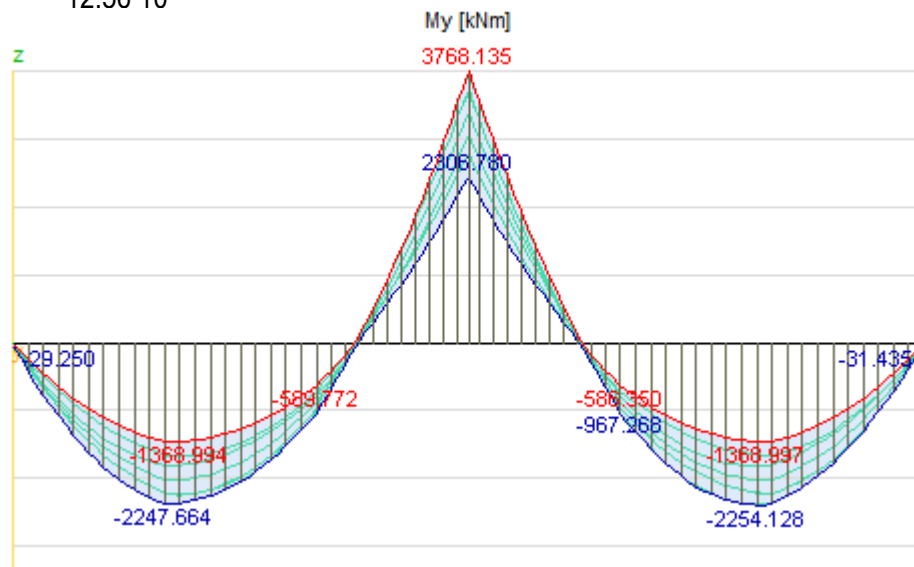
$$f_{bd}=2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}=2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35=2.13$$

$$f_{ctd}=\frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c}=\frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5}=1.35$$

$$l_{b,rqd}=\left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right)=\left(\frac{20}{4}\right) \cdot \left(\frac{313.3}{2.13}\right)=734.83 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd}=\frac{M_{Ed}/z + \Delta F_{td}}{A_{s,eff}}=\frac{M_{Ed}/z + 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}}$$

$$=\frac{(29.25 \cdot 10^6)/1115.29 + 0.5 \cdot 734.456 \cdot 10^3 \cdot (1.0 - 0)}{12.56 \cdot 10^2}=313.3 \text{ MPa}$$



Linear - Infasuratoare Min,Max.

x[m]	=		0
Nx [kN]	=	-0.011	0.039
Vy [kN]	=	-0.261	0.016
Vz [kN]	=	-734.456	-445.125
Tx [kNm]	=	-58.990	-0.093
My [kNm]	=	-29.250	-12.390
Mz [kNm]	=	-0.005	0.013
Mya [kNm]	=	-29.250	-12.390

Fig. 5.22 Efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

$$l_{bd}=\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}=1.0 \cdot 0.775 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 734.84 \text{ mm}=\mathbf{569.5 \text{ mm}}$$

$$c_d=\min(a/2, c_1)=\min(156.67 \text{ mm}/2, 40\text{mm}+10\text{mm})=\min(78.34 \text{ mm}, 50 \text{ mm})=50 \text{ mm} < 3\phi=60 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1=1.0$$

$$\alpha_2=1-0.15(c_d-\phi)/\phi=1-0.15(50 \text{ mm}-20 \text{ mm})/20 \text{ mm}=0.775$$

$\alpha_3=1.0$ - fără confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4=1.0$ - fără confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5=1.0$ - fără confinare prin compresiune transversală

5.2.5 Innădirea prin suprapunere a barelor

a) Armături longitudinale din câmp

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.35 = 3.05$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\emptyset}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{28}{4}\right) \cdot \left(\frac{0}{3.05}\right) = 0$$

$\sigma_{sd}=0$ - bară comprimată

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot 0 = 0$$

Pentru innădirea armăturii de montaj cu armătura de rezistență, prin suprapunere, se utilizează valoarea lui $l_{o,min}$.

$$l_{o,min} > \max \begin{cases} 0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 0.3 \cdot 0 = 0 \\ 15\emptyset = 15 \cdot 28 = 420 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

→ aleg $l_0 = 450 \text{ mm}$

b) Armături longitudinale în reazem

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.35 = 3.05$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.9}{1.5} = 1.35$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\emptyset}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{20}{4}\right) \cdot \left(\frac{0}{3.05}\right) = 0$$

$\sigma_{sd}=0$ - bară comprimată

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot 0 = 0$$

Pentru innădirea armăturii de montaj cu armătura de rezistență, prin suprapunere, se utilizează valoarea lui $l_{o,min}$.

$$l_{o,min} > \max \begin{cases} 0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 0.3 \cdot 0 = 0 \\ 15\emptyset = 15 \cdot 20 = 300 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

→ aleg $l_0 = 300 \text{ mm}$

Cap 6. Dimensionarea pililor

Încărcările pililor rezultă din eforturile transmise de grinzile principale, conform Fig. 7.1.

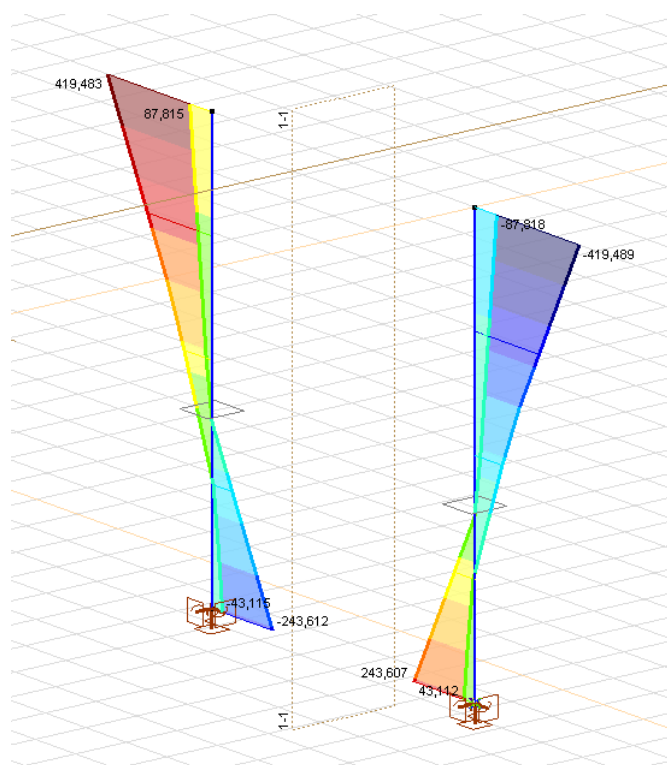
6.1 Stratul de acoperire cu beton al etrierului $c_{nom,sw}$

Pilele lucrează în același mediu ca restul elementelor, drept urmare se va folosi aceeași valoare a stratului de acoperire cu beton a etrierului.

$$c_{nom,sw} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

6.2 Dimensionare armăturilor pentru preluarea momentului încovoietor

În cazul elementelor care sunt solicitate la compresiune excentrică (N+M) determinarea cantității de armătură longitudinală se face utilizând nomograme Fig.7.2, nomogramele se aleg în funcție de raportul d_1/h și modul în care se va dispune armătura în secțiune.



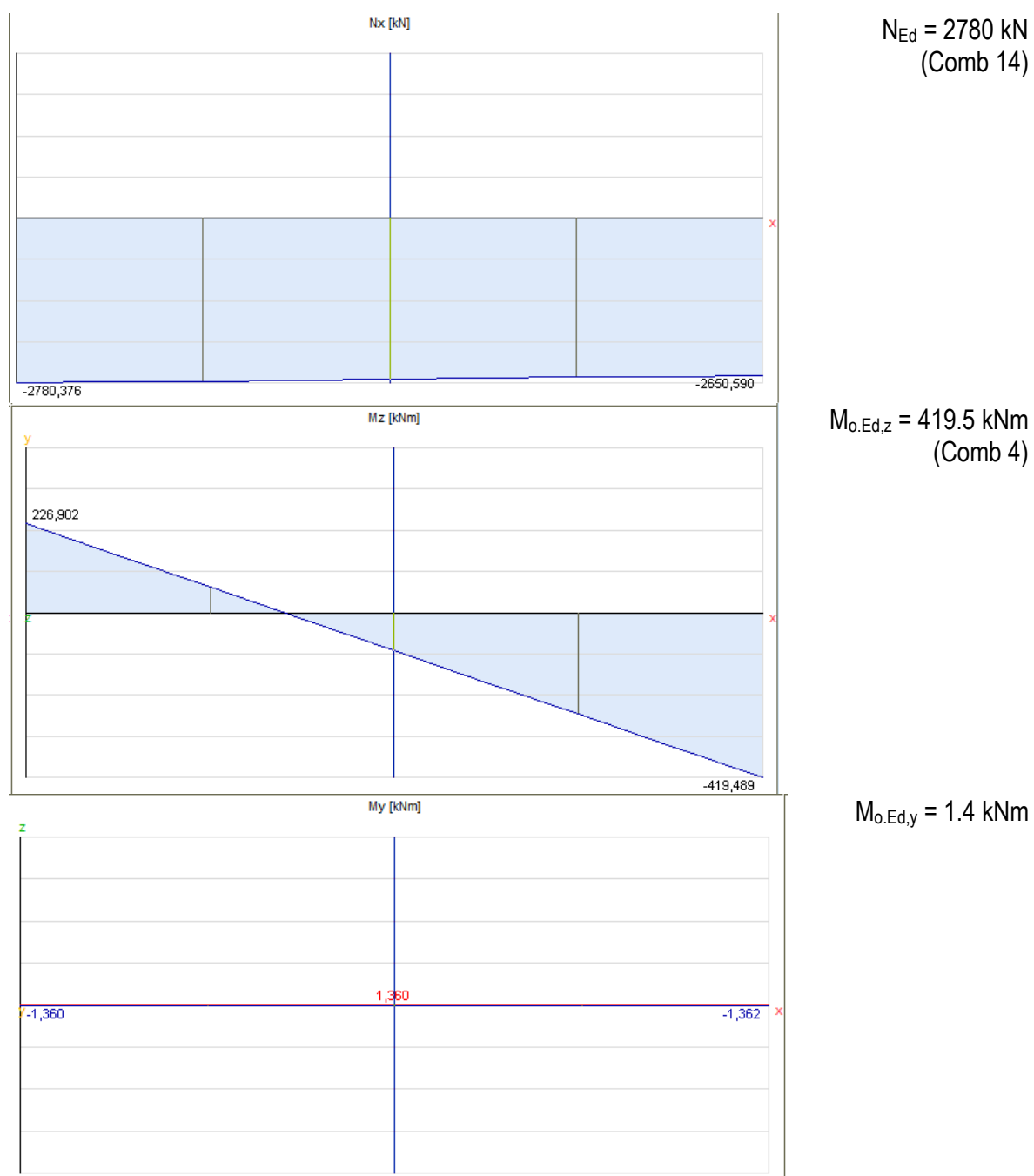


Fig. 6.1 Eforturi dimensionare pilă

La momentul încovoiator obținut în urma calculului static se adaugă efectul imperfecțiunilor geometrice prin relația:

$$M_{Ed} = M_{o.Ed} + N_{Ed} \cdot e_i$$

unde:

$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2}$ excentricitate datorată imperfecțiunilor de execuție; l_0 este lungimea elementului pe care pot să apară imperfecțiuni de execuție, iar pentru modul de rezemare din modelul de calcul considerat $l_0 = l = 8\text{m}$

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 40 \cdot 0.71 \cdot 0.87 = 24.71\text{mm}$$

$\theta_o = \frac{1}{200} = \frac{8}{200} = 0.04 \text{m} = 40 \text{mm}$ este valoarea de bază a deformațiilor datorate imperfecțiunilor de execuție

$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}} = \frac{2}{\sqrt{8}} = 0.71$ este un coeficient de reducere legat de înălțime

$\alpha_m = \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{2}\right)} = 0.87$ este un coeficient de reducere legat de numărul de elemente.

l este lungimea elementului în m

m este numărul de elemente verticale ce contribuie la efectul total, în structura considerată $m=2$

$$\theta_i = \theta_o \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 40 \cdot 0.71 \cdot 0.87 = 24.71 \text{mm}$$

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = 24.71 \cdot \frac{8}{2} = 98.84 \text{mm}$$

$$M_{Ed,z} = M_{o,Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_i = 419.5 \text{kNm} + 2780 \text{kN} \cdot 0.09884 = 694.3 \text{kNm}$$

$$M_{Ed,y} = M_{o,Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_i = 1.4 \text{kNm} + 2780 \text{kN} \cdot 0.09884 = 273.8 \text{kNm}$$

Pentru a determina cantitatea de armătură longitudinală necesară pilei, se presupune utilizarea de armătură longitudinală cu diametrul de 28mm, armătură transversală cu diametrul de 8mm și se determină $d_1 = d_2$:

$$\begin{aligned} d_1 = d_2 &= c_{\text{nom.sw}} + \phi_{\text{sw}} + \frac{\phi_{\text{sl}}}{2} \\ &= 50 \text{ mm} + 8 \text{ mm} + \frac{28 \text{ mm}}{2} \\ &= 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{72 \text{mm}}{700 \text{mm}} = 0.10, \text{ raportul care ne arată nomograma de calcul necesară}$$

Considerând și faptul că momente semnificative în stâlp există doar pe o direcție s-a ales nomograma din Fig.7.2.

Pe baza secțiunii transversale aleasă și solicitările calculate se determină v și μ cu ajutorul cărora se extrage valoarea lui ω_{tot} din nomograma aleasă, pentru cele două direcții (z și y)

$$v = \frac{N_{Ed}}{b h f_{cd}} = \frac{2780 \cdot 10^3}{700 \cdot 700 \cdot 17.00} = 0.33$$

$$\mu_z = \frac{M_{Ed,z}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{694.3 \cdot 10^6}{700 \cdot 700^2 \cdot 17.00} = 0.12$$

$$\mu_y = \frac{M_{Ed,y}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{273.8 \cdot 10^6}{700 \cdot 700^2 \cdot 17.00} = 0.05$$

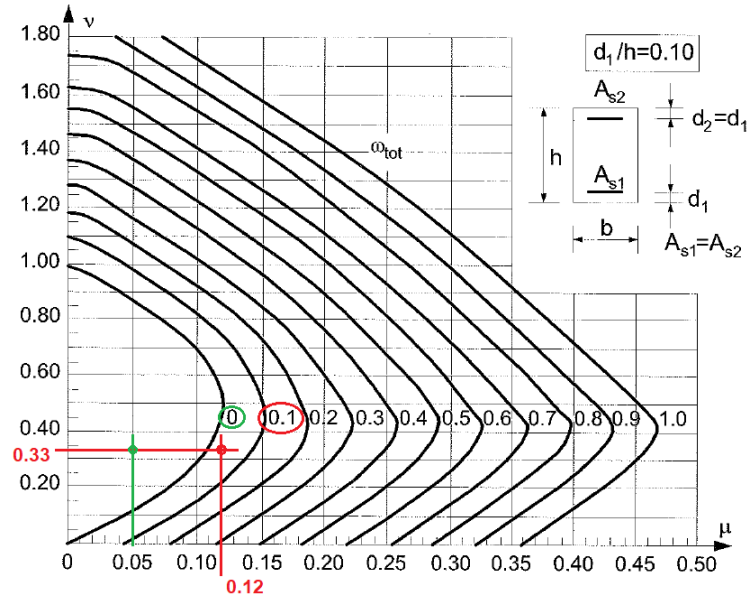


Fig. 6.2 Nomogramă utilizată pentru

Utilizarea valorilor calculate a dus la o valoare a lui $\omega_{tot,z} = 0.1$ și $\omega_{tot,y} = 0$ (se va alege întotdeauna curba care conține în interiorul ei punctul de intersecție a celor două valori). $\omega_{tot,y} = 0$ semnifică armare constructivă.

$$A_{s,tot,nec,z} = \omega_{tot,z} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.1 \cdot 700 \cdot 700 \cdot \frac{17}{435} = 1914.9 \text{ mm}^2 = 19.15 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} \frac{0.1 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0.1 \cdot 2780 \cdot 10^3}{435} = 639 \text{ mm}^2 \\ 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 700 \cdot 700 = 980 \text{ mm}^2 \end{cases} \rightarrow A_{s,min} = 980 \text{ mm}^2 = 9.8 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria maximă de armătură longitudinală

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c, \quad A_c = b_{st} \cdot h_{st}$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 700 \cdot 700 = 19600 \text{ mm}^2 = 196 \text{ cm}^2$$

- Se determină aria necesară (finală) de armătură longitudinală pentru preluarea compresiunii excentrice:

$$A_{s,nec,z} = \max \begin{cases} A_{s,tot,nec,calc} \\ A_{s,min} \end{cases} = \max \begin{cases} 19.15 \text{ cm}^2 \\ 9.8 \text{ cm}^2 \end{cases} = 19.15 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 8\phi 20 \text{ cu } A_{s,eff} = 25.12 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,nec,y} = A_{s,min} = 9.8 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{aleg } 4\phi 18 \text{ cu } A_{s,eff} = 10.16 \text{ cm}^2$$

- Se desenează secțiunea (dimensiuni și armare) - se poziționează armătura de rezistență (calculată) simetric pe 2 fețe paralele (conform nomogramei folosite)

distanța dintre barele longitudinale
 $s_{nh.min} = 50 \text{ mm}$
 $s_{nh.max} = 250 \text{ mm}$

$$s_{nh} = \frac{700 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 4 \cdot 20}{3} = 174 \text{ mm}$$

$s_{nh.min} < s_{nh} < s_{nh.max}$

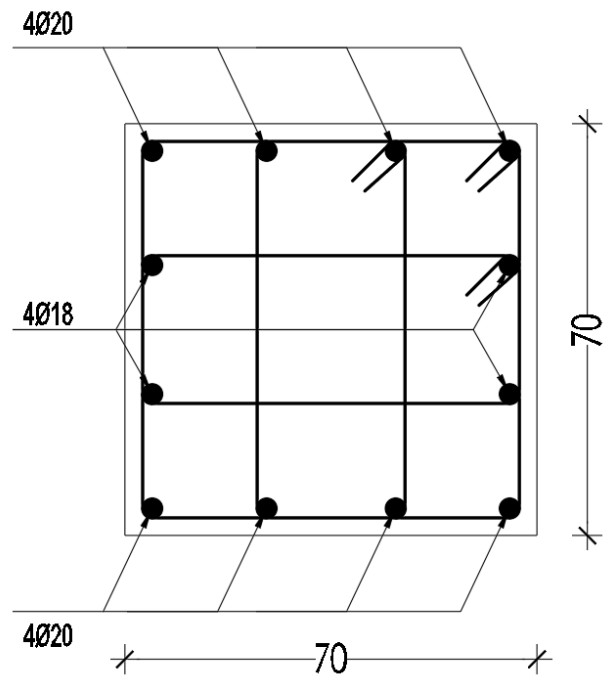


Fig. 6.3 Poziționarea barelor în pilă

6.3 Verificarea la flambaj a pilei

Pe baza schemei statice a pilei (încăstrare la bază și încăstrare mobilă la vârf, e) (Fig. 7.4) se consideră că lungimea de flambaj este egală cu lungimea de calcul:

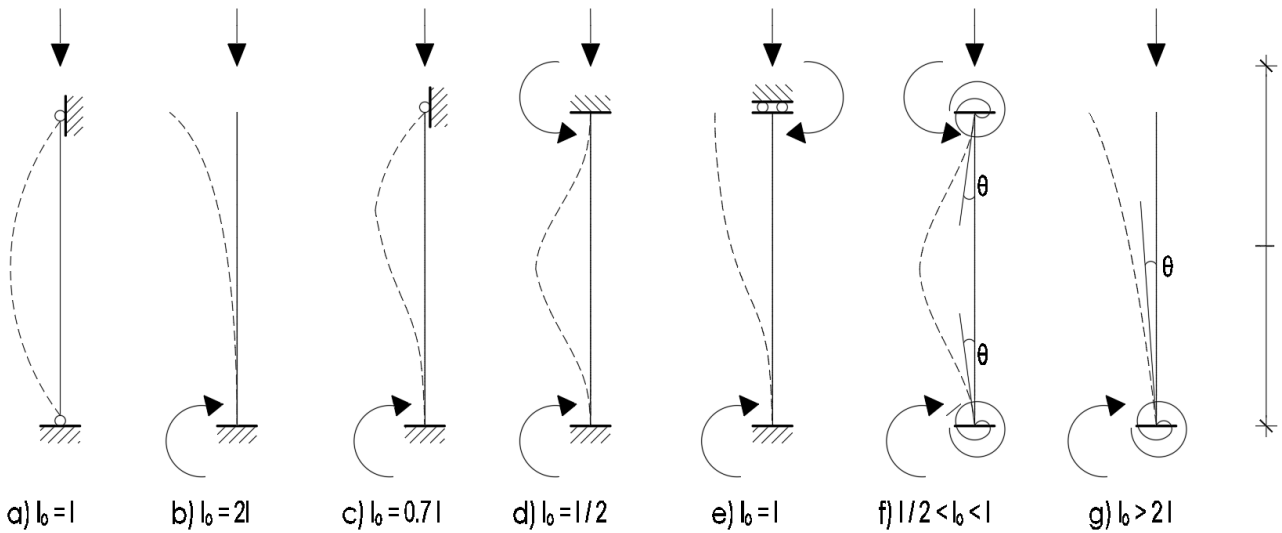


Fig. 6.4 Lungimi efective de flambaj în cazul elementelor izolate

$l_0 = 8.00 \text{ m}$

Pentru secțiunea pătrată de 700x700mm a pilei, coeficientul de zveltețe are valoarea:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{8}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{8000}{\sqrt{\frac{700 \cdot 700^3}{12}}} = 39.6$$

Coeficientul de zveltețe limită se stabilește cu ajutorul relației:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}$$

în care:

$$A = \frac{1}{1+0.2 \cdot \varphi_{ef}}, \text{ dacă } \varphi_{ef} \text{ nu este cunoscut, se poate lua } A = 0.7;$$

În cazul acestui exemplu de calcul coeficientul A va fi considerat cu valoarea **0.7**.

$$B = \sqrt{1+2 \cdot \omega}, \text{ dacă } \omega \text{ nu este cunoscut, se poate lua } B = 1.1;$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

ω - coeficientul mecanic de armare

A_s este cantitatea totală de armătură din secțiune;

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{(2512+1016) \cdot 435}{(700 \cdot 700) \cdot 17} = 0.18$$

$$B = \sqrt{1+2 \cdot \omega} = \sqrt{1+2 \cdot 0.18} = 1.16$$

$$C = 1.7 - r_m, \text{ dacă } r_m \text{ nu este cunoscut, se poate lua } C = 0.7.$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}}$$

raportul momentelor, M_{01} , M_{02} sunt momentele de ordinul I de la extremități, $|M_{02}| \geq |M_{01}|$. Dacă momentele de la extremități M_{01} și M_{02} provoacă întinderi pe aceeași față, r_m se ia pozitiv (adică $C \leq 0.7$), altfel r_m se ia negativ (adică $C \geq 0.7$).

Din calculul static efectuat se observă că momentele de la extremități M_{01} și M_{02} provoacă întinderi pe fețe diferite, deci r_m se ia negativ.

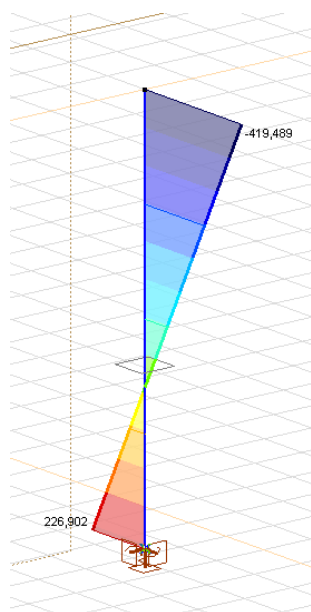


Fig. 6.5 Diagrama M_{Ed} în pilă

$$C = 1.7 \cdot r_m = 1.7 \cdot \left(-\frac{M_{01}}{M_{02}} \right) = 1.7 \cdot \left(-\frac{226.9}{419.5} \right) = 2.24$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2780 \cdot 10^3}{00 \cdot 700 \cdot 17} = 0.33$$

forța axială relativă.

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.16 \cdot 2.24}{\sqrt{0.33}} = 63.3$$

Se observă că $\lambda \leq \lambda_{lim}$ ($39.6 < 63.3$), astfel efectele de ordin II datorate flambajului pot fi ignorate, deci cantitatea de armătură longitudinală determinată anterior se folosește în armarea finală.

6.4 Pila se verifică la compresiune excentrică oblică:

$$N_{Rd} = A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 700 \cdot 700 \cdot 17 + (2512 + 1016) \cdot 435 = 9864.7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{2780 \text{ kN}}{9864.7 \text{ kN}} = 0.28$$

gradul de solicitare la compresiune a secțiunii.

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	0.1	0.7	1.0
α_n	1.0	1.5	2.0

Utilizând valoarea de 0.25 rezultă o valoare a lui $\alpha_n = 1.15$ care se va utiliza în relația de verificare la compresiune excentrică oblică.

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^{\alpha_n} + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^{\alpha_n} \leq 1.0$$

$M_{Rd,z}$ și $M_{Rd,y}$ sunt momentele capabile ale secțiunii în raport cu axele z și y. Acestea pot fi calculate cu ajutorul ecuației

$$M_{Rd} = \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot (1 - 0.5 \cdot \lambda \cdot \eta \cdot \xi) \cdot b \cdot d^2 + A_{s,2} \cdot \sigma_{s,2} \cdot (d - d_2) - N_{Ed} \cdot y_{s1}$$

unde:

$$\xi = \frac{N_{Ed}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d}$$

$\sigma_{s,2}$ este efortul din armătură și, dacă deformația $\varepsilon_{s,2} \geq \varepsilon_{yd}$ atunci $\sigma_{s,2} = f_{yd}$ altfel $\sigma_{s,2} = \varepsilon_{s,2} \cdot E_s$

$$\varepsilon_{s,2} = \frac{\varepsilon_{cu,3} \cdot \left(\xi - \frac{d_2}{d}\right)}{\xi}$$

$$y_{s1} = \frac{h}{2} - d_1$$

$$d = h - d_1$$

Pentru direcția momentului în jurul axei z:

$$\xi_z = \frac{N_{Ed}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{2780 \cdot 10^3}{0.8 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 700 \cdot (700 - 72)} = 0.46$$

$$\varepsilon_{s,2,z} = \frac{\varepsilon_{cu,3} \cdot \left(\xi_z - \frac{d_2}{d}\right)}{\xi_z} = \frac{0.0035 \cdot \left(0.46 - \frac{72}{700 - 72}\right)}{0.46} = 0.0027 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0.0022$$

$$\sigma_{s,2} = f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$$

$$y_{s1} = \frac{h}{2} - d_1 = \frac{700}{2} - 72 = 278 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 700 - 72 = 628 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,z} = \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot (1 - 0.5 \cdot \lambda \cdot \eta \cdot \xi) \cdot b \cdot d^2 + A_{s,2} \cdot \sigma_{s,2} \cdot (d - d_2) - N_{Ed} \cdot y_{s1} \\ = 0.8 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 0.46 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.46) \cdot 700 \cdot 628^2 + 1256 \cdot 435 \cdot (628 - 72) - 2780 \cdot 10^3 \cdot 278 = 952 \text{ kNm}$$

Pentru direcția momentului în jurul axei y:

$$\xi_z = \frac{N_{Ed}}{\lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{2780 \cdot 10^3}{0.8 \cdot 1.17 \cdot 700 \cdot (700-72)} = 0.46$$

$$\varepsilon_{s,2,z} = \frac{\varepsilon_{cu,3} \cdot \left(\xi_z - \frac{d_2}{d} \right)}{\xi_z} = \frac{0.0035 \cdot \left(0.46 - \frac{72}{700-72} \right)}{0.46} = 0.0027 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0.0022$$

$$\sigma_{s,2} = f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$$

$$y_{s1} = \frac{h}{2} - d_1 = \frac{700}{2} - 72 = 278 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 700 - 72 = 628 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,y} = \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot (1 - 0.5 \cdot \lambda \cdot \xi) \cdot b \cdot d^2 + A_{s,2} \cdot \sigma_{s,2} \cdot (d - d_2) - N_{Ed} \cdot y_{s1} \\ = 0.8 \cdot 1.17 \cdot 0.46 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.46) \cdot 700 \cdot 628^2 + (628 + 508) \cdot 435 \cdot (628 - 72) - 2780 \cdot 10^3 \cdot 278 = 923 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}} \right)^{\alpha_n} + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right)^{\alpha_n} = \left(\frac{694.3}{952} \right)^{1.15} + \left(\frac{273.8}{923} \right)^{1.15} = 0.94 \leq 1.0$$

sau pot fi determinate aproximativ cu ajutorul nomogramei utilizate la dimensionarea cantităților de armătură pe cele 2 direcții, astfel:

Cunoscând ν

$$\nu = \frac{N_{Ed}}{b h f_{cd}} = \frac{2780 \cdot 10^3}{700 \cdot 700 \cdot 17.00} = 0.33$$

și calculând

$$\omega_z = \frac{A_{stot,z} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2512 \cdot 435}{700 \cdot 700 \cdot 17} = 0.13$$

$$\omega_y = \frac{A_{stot,y} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{(2512 + 1016) \cdot 435}{700 \cdot 700 \cdot 17} = 0.12$$

se determină grafic valori pentru μ_z și μ_y conform Fig. 7.5.

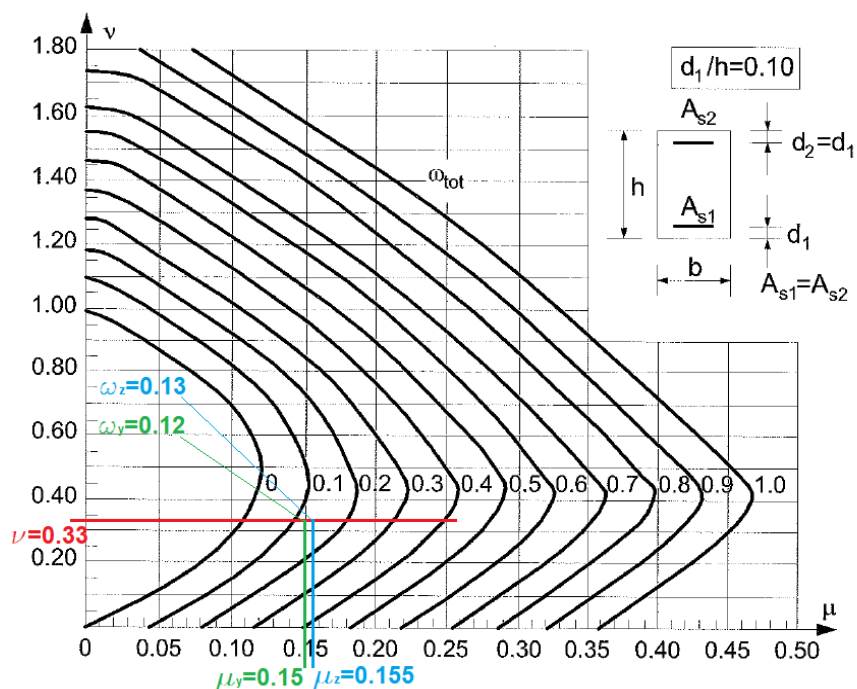


Fig. 6.6 Determinarea valorilor μ_z și μ_y

apoi se calculează:

$$M_{Rd,z} = \mu_z \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} = 0.155 \cdot 700 \cdot 700^2 \cdot 17 = 903.8 \text{ kNm}$$

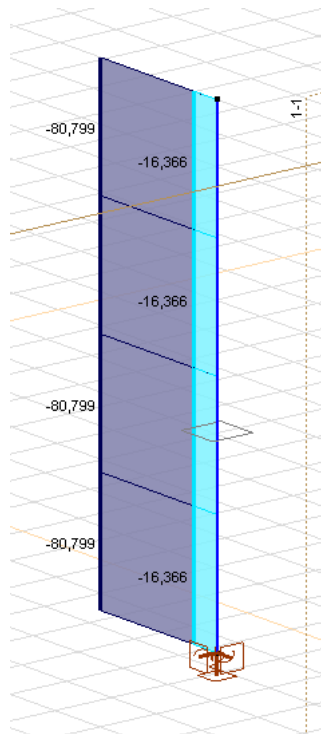
$$M_{Rd,y} = \mu_y \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} = 0.15 \cdot 700 \cdot 700^2 \cdot 17 = 874.7 \text{ kNm}$$

Valori care se folosesc în relația de verificare:

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}} \right)^{\alpha_n} + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right)^{\alpha_n} = \left(\frac{694.3}{903.8} \right)^{1.15} + \left(\frac{273.8}{874.7} \right)^{1.15} = 1.0 \leq 1.0$$

Se poate vedea că secțiunea dimensionată rezistă la limită la compresiunea excentrică oblică care acționează asupra ei.

6.5 Dimensionarea armăturilor pentru preluarea forței tăietoare



$$V_{Ed} = 80.8 \text{ kN}$$

Fig. 6.7 Diagrama V_{Ed} pentru pilă

Se calculează capacitatea portantă la forță tăietoare a pilei fără armătură specifică:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_{pilă} \cdot d_{pilă} \text{ (N)}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{pilă}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{628}} = 1.56$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_{pilă} \cdot d_{pilă}} = \frac{1256}{700 \cdot 628} = 0.0029$$

, se consideră cea mai mică cantitate de armătură întinsă.

$$N_{Ed} = 2780 \text{ kN (efort axial)} \rightarrow$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{2780 \cdot 10^3}{700 \cdot 628} = 6.3 \leq 0.2 \cdot f_{cd} = 0.2 \cdot 17 = 3.4 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.56 \cdot (100 \cdot 0.0029 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 3.4] \cdot 700 \cdot 628 = 393449.1 \text{ N} = 393.4 \text{ kN} > V_{Ed} = 80.8 \text{ kN}$$

$V_{Ed} < V_{Rd,c} \rightarrow$ **NU SUNT** necesare armături din calcul pentru preluarea forței tăietoare (se ține cont de prevederile constructive atunci când se alege armătura transversală).

- în afara zonelor de suprapunere

$$s_l = \min \begin{cases} h_{pilă} = 700 \text{ mm} \\ 15 \cdot \phi_{sl, \min} = 20 \cdot 18 = 270 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow \text{aleg } s = 250 \text{ mm}$$

- în zonele de suprapunere

$$s_l = \min \begin{cases} 6 \cdot \phi_{sl, \min} = 6 \cdot 18 = 108 \text{ mm} \\ \frac{1}{5} \cdot (h_{pilă} - c_{nom, sw} - \frac{\phi_{sw}}{2}) = 0.2 \cdot (700 - 50 - \frac{8}{2}) = 129.2 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow \text{aleg } s_l = 100 \text{ mm}$$

Pentru a nu provoca variații prea puternice a capacității portante la forță tăietoare în lungul stâlpului se va folosi $s_l = 200 \text{ mm}$ în afara zonelor de înădăire a armăturii longitudinale (maxim dublu valorii folosite în zonele de înădăire).

$$s_t = \min \begin{cases} 200 \text{ mm} \\ \frac{1}{3} \cdot (h_{pilă} - c_{nom, sw} - \frac{\phi_{sw}}{2}) = 0.33 \cdot (700 - 50 - \frac{8}{2}) = 213 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow s_t \leq 200 \text{ mm}$$

Anexe

I. Cerințe legate de durabilitatea betonului

a) Valorile limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului în funcție de clasa de expunere

Valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere sunt furnizate în Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat — Partea 1: Producerea betonului, indicativ NE 012/1-2022 [1]. Tabelul I.1 și Tabelul I.2 prezintă valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere bazate pe ipoteza unei durate de viață și întreținere a structurii prevăzute de 50 ani și corespund diferitelor tipuri de cimenturi și agregatelor ale căror dimensiuni maxime sunt cuprinse între 20 și 32 mm.

Tabel I.1 Compoziția minimă și proprietățile betonului în funcție de clasele de expunere

Clasa de expunere	X0 ^{a)}	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Raport max. apă/ciment	-	0.65	0.60	0.60	0.50	0.55	0.50	0.45	0.5	0.50	0.45
Clasa minimă de rezistență	C12	C20	C25	C30	C30	C30	C30	C35	C35	C35	C35
Dozaj minim de ciment [kg/m ³]	-	260	280	280	300	300	300 ^{a)}	320 ^{b)}	300	320 ^{a)}	340 ^{a)}
a) Pentru elemente masive se folosește un ciment cu căldură de hidratare redusă LH b) Se consideră apa eficientă. Când este aplicat conceptul valorii k, raportul maxim apă/ciment și dozajul minim de ciment se modifică conform Ne 012-1-2022 [1]											

Tabel I.2 Compoziția minimă și proprietățile betonului în funcție de clasele de expunere

Clasa de expunere	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA1	XA3	XM1	XM2		XM3
Raport max. apă/ciment	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45	0.55	0.55	0.45	0.45
Clasa minimă de rezistență	C30	C30	C35	C30	C35	C30	C30	C35	C35	C30	C30	C35	C35
Dozaj minim de ciment [kg/m ³]	300	300	320	320	320	340 ^{d)}	300	320	360	300	300	320	320
d) În cazul expunerii în zonele marine se utilizează cimenturi rezistente la acțiunea apei de mare (combinațiile specifice ale claselor de expunere).													

b) Stratul de acoperire cu beton al etrierului $c_{nom,sw}$

$$c_{nom,sw} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

$c_{min,b}$ – acoperirea minimă față de cerințele de aderență (Tabelul I.3);

$c_{min,dur}$ – acoperirea minimă față de cerințele de mediu (Tabelul I.4 – armături pentru beton armat);

$\Delta c_{dur,y}$ – marja de siguranță ; valoarea poate fi furnizată de anexa națională (valoarea recomandată de Anexa națională a EC2 [5] este $\Delta c_{dur,y}=0$);

$\Delta c_{dur,st}$ – reducerea acoperirii minime în cazul utilizării oțelului inoxidabil sau atunci când se iau alte prevederi speciale; valoarea poate fi furnizată de anexa națională (valoarea recomandată de Anexa națională a EC2 [5] este $\Delta c_{dur,st}=0$);

$\Delta c_{dur,add}$ – reducerea acoperirii minime în cazul unei protecții suplimentare; valoarea poate fi furnizată de anexa națională (valoarea recomandată de Anexa națională a EC2 [5] este $\Delta c_{dur,add}=0$).

Valoarea recomandată a toleranței de execuție, $\Delta c_{dev}=10 \text{ mm}$.

Se utilizează valoarea $\Delta c_{dev}=10 \text{ mm}$ pentru toate elementele, cu excepția elementelor prefabricate pentru care $\Delta c_{dev}=5 \text{ mm}$.

Tabel I.3 Acoperirea minimă $c_{min,b}$ din condiția de aderență

Beton armat*	Armătură individuală		min. \emptyset (\emptyset -diametrul barei)
	Pachet de armături (armături care au aceleași caracteristici – tip și marcă)**		min. \emptyset_n (\emptyset_n -diametrul echivalent) $\emptyset_n = \emptyset \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm}$ $n_b \leq 4$ – bare verticale comprimate și bare din interiorul unei înnădiri $n_b \leq 3$ – toate celelalte cazuri
Beton precomprimat	Armătură postîntinsă	Canale cu secțiunea circulară	\emptyset canal $\leq 80 \text{ mm}$
		Canale plate	$\max \begin{cases} \text{cea mai mică dimensiune a canalul} \leq 80 \text{ mm} \\ 0,5 \text{ din dimensiunea cea mai mare} \leq 80 \text{ mm} \end{cases}$
	Armătură pretensionată preîntinsă	Toron sau sârmă netedă	$1,5 \emptyset$
		Sârmă amprentată	$2,5 \emptyset$

* - dacă dimensiunea nominală a celei mai mare granule de agregat este mai mare de 32 mm, se recomandă să se mărească $c_{min,b}$ cu 5 mm;

** - barele de diametru diferite pot fi grupate în pachet cu condiția ca raportul diametrelor să nu depășească 1,7.

Tabel I.4 Valorile acoperirii minime $c_{min,dur}$ cerute din condiția de durabilitate, în cazul armăturilor pentru beton armat.

Clasa structurală	Cerință de mediu, $c_{min,dur}$ (mm)						
	Clasa de expunere						
	X0	XC1	XC2/XC3/XF3	XC4	XD1/XS1/XF1/ XF2/XA1/XM1	XD2/XS2/XA2	XD3/XS3/XF4/ XA3/XM2/XM3
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

II. Caracteristicile de rezistență ale betonului și oțelului

Tabel II.1 Caracteristicile de rezistență ale betonului

Clasa de beton	C16	C20	C25	C30	C35	Tabel II.2	C40	C45	C50
f_{ck}	16	20	25	30	35	40	45	50	50
$f_{ck,cub}$	20	25	30	37	45	50	55	60	60
f_{cm}	24	28	33	38	43	48	53	58	58
f_{ctm}	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,1
$f_{ctk,0,05}$	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	2,9
$f_{ctk,0,95}$	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,3

Tabel II.3 Caracteristicile mecanice pentru oțel beton sub formă de bare

Marca de oțel	Diametru nominal (mm)	Limita de curgere f_{yk} (N/mm ²)	Rezistența la rupere (N/mm ²)	μ_{lim} (pentru beton până la clasa C50)
PC52	6...14	355	510	0.403
	16...28	345		
	32...40	335		
PC60	6...12	420	590	0.390
	14...28	405		
	32...40	395		
B400	6...28	400	460	0.392
B500	6...28	500	575	0.372
B600	6...28	600	690	0.353

III. Prevederi constructive

Grinzi

a) Armături longitudinale

Diametre minime - $\phi_{sl,min} = 12 \text{ mm}$

Dacă se utilizează bare cu diametrul mai mare de 32 mm, se utilizează armături de suprafață. Pentru constituirea armăturii de suprafață sunt folosite plase sudate sau bare de diametru mic, dispuse în exteriorul etrierilor.

Distanța dintre armăturile de beton armat

Distanța minimă dintre bare (s_{nh} , s_{nv}) trebuie să permită o punere în operă și o compactare satisfăcătoare a betonului și de asemenea să garanteze dezvoltarea unei bune aderențe.

$$s_{nh}(s_{nv}) = \max \begin{cases} \phi_{sl,max} \text{ sau } \phi_n \\ d_g + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{cases}$$

$\phi_{sl,max}$ – diametrul maxim utilizat

d_g – dimensiunea granulei celui mai mare agregat

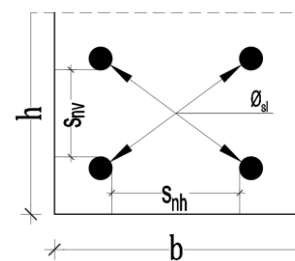


Fig. III.1 Distanța dintre armăturile de beton armat

Distanță maximă dintre axele barelor de rezistență se recomandă ca să nu depășească 250 mm decât în cazuri justificate.

Aria minimă de armătură longitudinală

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0.0013 \cdot b \cdot d \\ 0.0015 \cdot b \cdot d \end{cases}$$

Aria maximă de armătură longitudinală

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c, \quad A_c = b \cdot h$$

b) Armături transversale (etrieri)

Diametre utilizate: 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm

Procentul de armături din forță tăietoare trebuie să fie mai mare decât cel minim:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_A \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Distanța maximă dintre doi etrieri consecutivi

$$s_{max} = \min \begin{cases} 0.75 \cdot d \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

În zonele plastic potențiale distanța dintre etrieri este de 100 mm. Lungimea zonei potențial plastice= $2 \times h_{grindă}$, dispusă simetric față de secțiunea critică.

Distanța transversală (s_t) între ramurile verticale trebuie să fie mai mică decât cea maximă:

$$S_{t,max} = \min \begin{cases} 0.75 \cdot d \\ 350 \text{ mm} \end{cases}$$

în caz contrar, se pun agrafe sau etrieri dubli.

c) Lățimea activă a plăcilor comprimate

Lățimea activă a plăcii comprimate - b_{eff} – deoarece placa este situată în zona comprimată a antretoazei, antretoaza se dimensionează, în câmp, ca și o grindă cu secțiune T, simplu armată

Se recomandă ca lățimea activă a plăcii să se stabilească în funcție de distanța l_0 dintre punctele de moment nul, conform Fig. III.2.

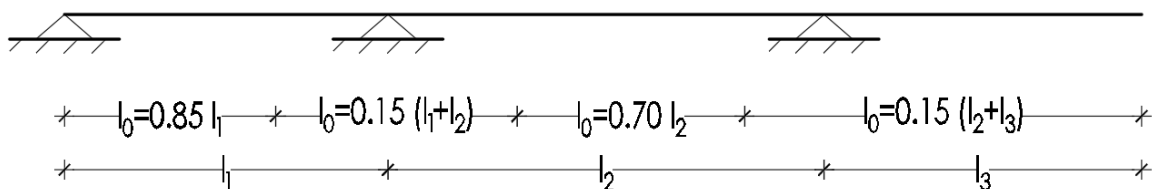


Fig. III.2 Definirea lui l_0 pentru calculul lățimii active de placă

Lățimea activă, b_{eff} , a unei grinzi este egală cu:

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 \leq 0.2 \cdot l_0 \leq b_i$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_w + b_{eff,2} \leq b$$

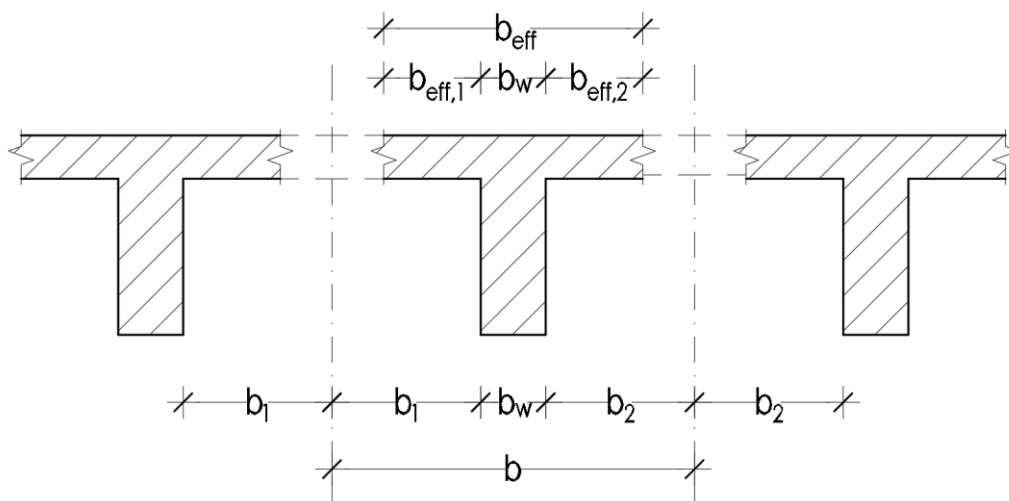


Fig. III.3 Definirea lățimii active de placă

IV. Ancorarea armăturilor

a) Efort unitar de aderență

Efortul unitar ultim de aderență trebuie să fie suficient pentru a evita ruperea aderenței. Valoarea de calcul a efortului unitar ultim de aderență f_{bd} , pentru barele cu aderență înaltă poate fi luat egal cu:

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

În care:

f_{ctd} – rezistența de calcul la întindere a betonului calculată cu relația 2.6

η_1 – coeficient legat de condițiile de aderență și de poziția barei în timpul betonării (Figura IV.1)

$\eta_1 = 1,0$ – condiții bune de aderență

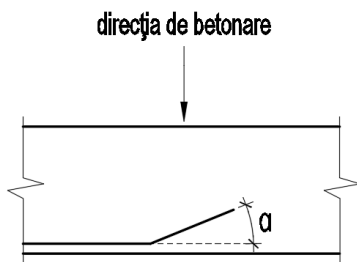
$\eta_1 = 0,7$ – în toate celelalte cazuri și pentru barele din elementele structurale realizate în cofraje glisante

η_2 – coeficient legat de diametrul barei

$\eta_2 = 1,0$ – pentru $\varnothing \leq 32$ mm

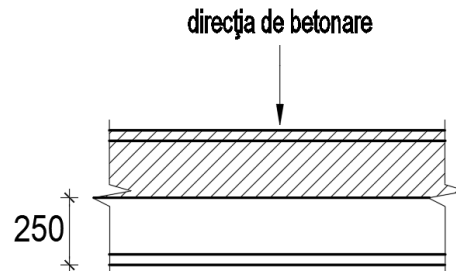
$\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$ pentru $\varnothing > 32$ mm

Condiții de aderență "bune" pentru toate barele

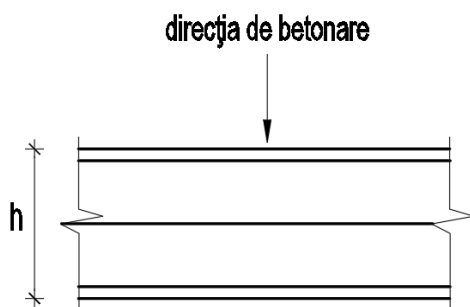


a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

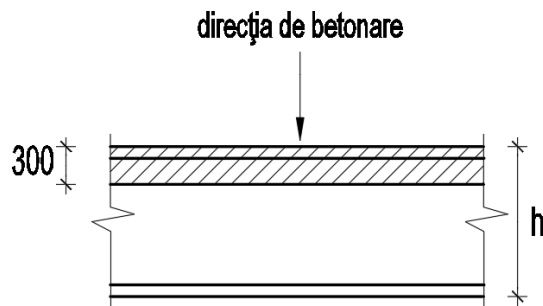
Condiții de aderență "bune" pentru zona nehașurată
Condiții de aderență "mediocre" pentru zona hașurată



b) $h > 250$ mm



c) $h \leq 250$ mm



d) $h > 600$ mm

Figura IV.1 Prezentarea condițiilor de aderență

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c}$$

γ_c – coeficient parțial pentru beton

α_{ct} – coeficient ce ține seama de efectele de lungă durată asupra rezistenței la întindere și de efectele nefavorabile ce rezultă din modul de aplicare al încărcării – valoarea recomandată pentru $\alpha_{ct}=1$

$$f_{ctk0.05} = 0,7 \cdot f_{ctm}$$

f_{ctm} – valoarea medie a rezistenței medii la întindere directă a betonului (Tabel II.1)

Tabel IV.1 Valoarea de calcul a efortului unitar ultim de aderență f_{bd} , pentru bare cu diametre $\phi \leq 32 \text{ mm}$

Clasa de beton		C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67	C 60/75	C 70/85	C 80/95	C 90/105
Condiții de aderență	Bune	1.65	1.95	2.25	2.70	3.00	3.30	3.75	3.00	4.35	4.50	4.65	4.80	5.10	5.25
	Celelalte cazuri	1.16	1.37	1.58	1.89	2.10	2.31	2.63	2.10	3.05	3.15	3.26	3.36	3.57	3.68

b) Lungime de ancorare, de referință – $l_{b,rqd}$

În calculul lungimii de ancorare este necesar să se țină seama de tipul de oțel utilizat și de proprietățile de aderență ale barelor.

Lungimea de ancorare de referință $l_{b,rqd}$ necesară pentru a prelua forța la care este solicitată o bară se determină cu relația:

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right)$$

în care:

σ_{sd} – efortul unitar de calcul al barei în secțiunea de la care se măsoară lungimea de ancorare

f_{bd} – efortul unitar ultim de aderență

$$\sigma_{sd} = \frac{\Delta F_{td}}{A_{s,eff}} = \frac{M_{Ed}/z + 0.5 \cdot V_{Ed}(\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)}{A_{s,eff}}$$

Tabel IV.2 Valorile lungimii de ancorare de referință, $l_{b,rqd}$, pentru diferite tipuri de oțel

Clasa de beton		C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67	C 60/75	C 70/85	C 80/95	C 90/105
$\sigma_{sd}=f_{yd}=348\text{MPa}$	Bune	53 ϕ	45 ϕ	39 ϕ	32 ϕ	29 ϕ	26 ϕ	23 ϕ	29 ϕ	20 ϕ	19 ϕ	19 ϕ	18 ϕ	17 ϕ	17 ϕ
	Celelalte cazuri	75 ϕ	64 ϕ	55 ϕ	46 ϕ	41 ϕ	38 ϕ	33 ϕ	41 ϕ	29 ϕ	28 ϕ	2 ϕ	26 ϕ	24 ϕ	24 ϕ
$\sigma_{sd}=f_{yd}=435 \text{ MPa}$	Bune	66 ϕ	56 ϕ	48 ϕ	40 ϕ	36 ϕ	33 ϕ	29 ϕ	36 ϕ	25 ϕ	24 ϕ	23 ϕ	23 ϕ	21 ϕ	21 ϕ
	Celelalte cazuri	94 ϕ	80 ϕ	69 ϕ	58 ϕ	52 ϕ	47 ϕ	41 ϕ	52 ϕ	36 ϕ	35 ϕ	33 ϕ	32 ϕ	30 ϕ	30 ϕ

$\alpha_{sd}=f_{yd}=522 \text{ MPa}$	Bune	79 \emptyset	67 \emptyset	58 \emptyset	48 \emptyset	44 \emptyset	40 \emptyset	35 \emptyset	44 \emptyset	30 \emptyset	29 \emptyset	28 \emptyset	27 \emptyset	26 \emptyset	25 \emptyset
	Celelalte cazuri	113 \emptyset	96 \emptyset	83 \emptyset	69 \emptyset	62 \emptyset	56 \emptyset	50 \emptyset	62 \emptyset	43 \emptyset	41 \emptyset	40 \emptyset	39 \emptyset	37 \emptyset	36 \emptyset

c) Lungime de ancorare de calcul - l_{bd}

Lungimea de ancorare de calcul se determină cu relația:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$$

în care:

$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5$ – coeficienți indicați în Tabelul IV.3

$l_{b,rqd}$ – lungimea de ancorare de referință determinată cu relația de la punctul b)

$$c_d = \min(a/2, c_1)$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \emptyset) / \emptyset$$

$\alpha_3 = 1.0$ - în situația în care nu există confinare prin etrieri pe lungimea de ancorare

$\alpha_4 = 1.0$ - în situația în care nu există confinare prin etrieri sudați

$\alpha_5 = 1.0$ - în situația în care nu există confinare prin compresiune transversală

Tabel IV.3 Valorile ale coeficienților $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$

Factor de influență	Tip de ancorare	Armătură de beton armat	
		întinsă	comprimată
Forma barelor	Dreaptă	$\alpha_1 = 1.0$	$\alpha_1 = 1.0$
	Alta - Fig 2.3 b), c) și d)	$\alpha_1 = 0.7$ dacă $c_d > 3\emptyset$ $\alpha_1 = 1.0$ dacă $c_d < 3\emptyset$ (pentru valorile c_d - fig. IV.3)	
Acoperire	Drept	$0.7 \leq (\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \emptyset) / \emptyset) \leq 1.0$	$\alpha_2 = 1.0$
	Alta	$0.7 \leq (\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - 3\emptyset) / \emptyset) \leq 1.0$ (pentru valorile c_d - fig. 2.5)	
Confinare prin armături transversale nesudate de armăturile principale	Toate tipurile	$0.7 \leq (\alpha_3 = 1 - K\lambda) \leq 1.0$	$\alpha_3 = 1.0$
Confinare prin armături transversale sudate	Toate tipurile, pozițiile și diametrele (Fig. IV.2-e)	$\alpha_4 = 0.7$	$\alpha_4 = 0.7$
Confinare prin compresiune transversală	Toate tipurile	$0.7 \leq (\alpha_5 = 1 - 0.04p) \leq 1.0$	-

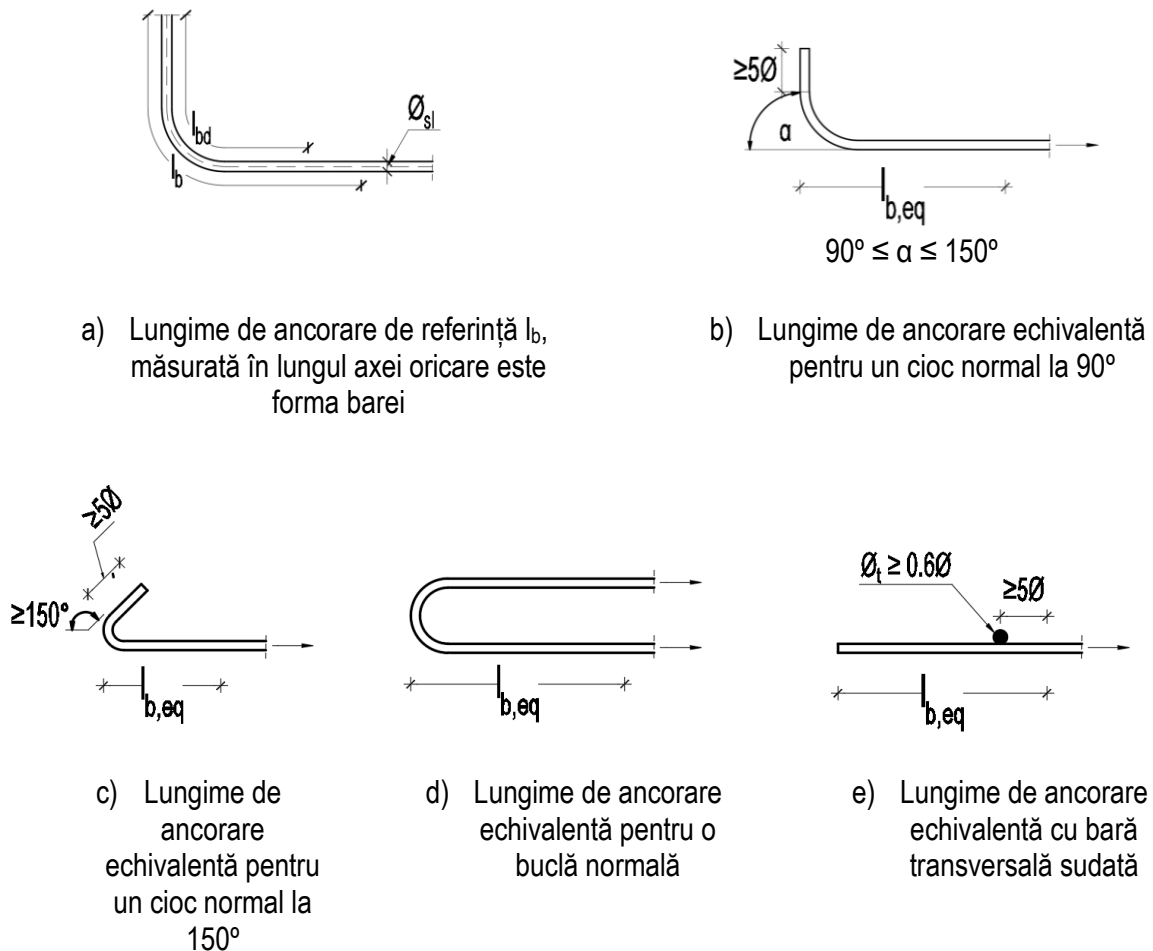


Figura IV.2 Metode de ancoraj altele decât cu bare drepte

în care:

$$\lambda = \left(\frac{\sum A_{st} - \sum A_{st,min}}{A_s} \right)$$

$\sum A_{st}$ – aria secțiunii armăturii transversale de-a lungul l_{bd}

$\sum A_{st,min}$ – aria secțiunii minime de armătură transversală

$\sum A_{st,min} = 0.25A_s$ – pentru grinzi;

A_s – aria secțiunii unei bare individuale de diametru maxim

$\sum A_{st,min} = 0$ – pentru plăci

K – coeficient ale cărui valori apar în Fig. IV.4

P – presiunea transversală la SLU de-a lungul l_{bd} (MPa)

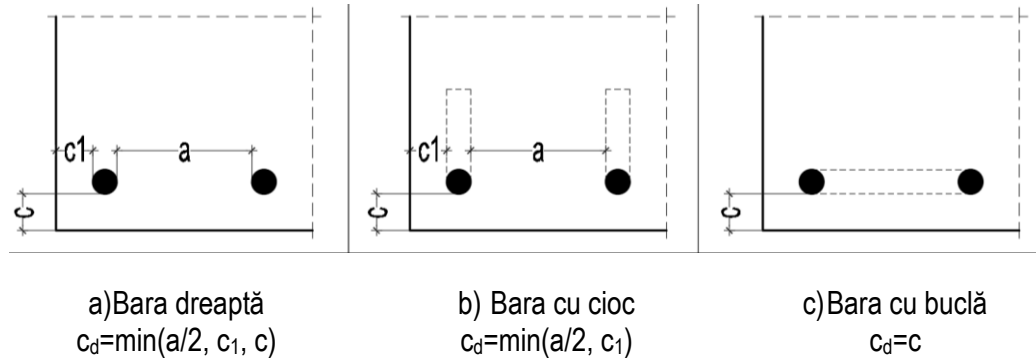


Figura IV.3 Valorile lui c_d pentru grinzi și plăci

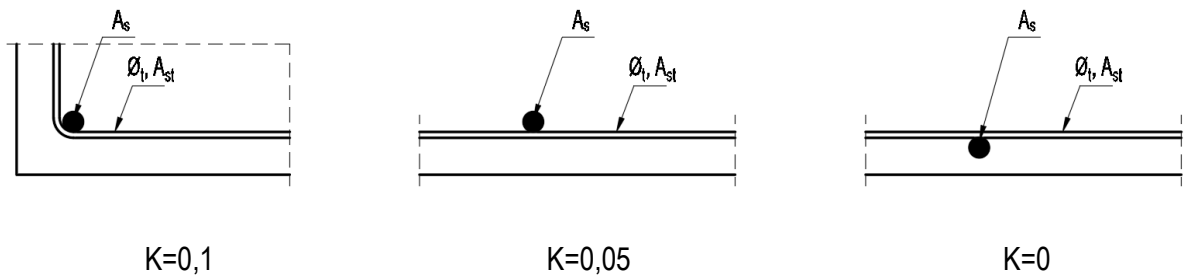


Figura IV.4 Valori K pentru grinzi și plăci

Lungimea minimă de ancorare, în lipsa unor limitări atât pentru armături întinse cât și pentru armături comprimate este dată în Tabelul 2.8.

Tabel IV.4 Lungimea minimă de ancorare (în lipsa altor limitări) atât pentru bare întinse cât și pentru bare comprimate

$l_{b,min} > \max$			
Bare întinse	$0,3 l_{b,rqd}$	10ϕ	100 mm
Bare comprimate	$0,63 l_{b,rqd}$	10ϕ	100 mm

În mod simplificat, lungimea de ancorare de calcul a barelor întinse, poate fi asigurată pe baza unei lungimi de calcul echivalente $l_{b,eq}$:

$l_{b,eq} = \alpha_1 \cdot l_{b,rqd}$ - pentru configurațiile din Fig. IV.2 b și Fig. IV.2 d (α_1 – Tabel IV.3)

$l_{b,eq} = \alpha_4 \cdot l_{b,rqd}$ - pentru configurațiile din Fig. IV.2 e (α_4 – Tabel IV.3)

V. Înnădirea armăturilor

Înnădirea armăturilor (transmiterea eforturilor de la o bară la alta) se face prin:

- înnădirea barelor prin suprapunere (cu sau fără ciocuri)
- sudare
- dispozitive mecanice, care asigură transmiterea eforturilor

Se evită înnădirile prin suprapunere a barelor în zonele puternic solicitate.

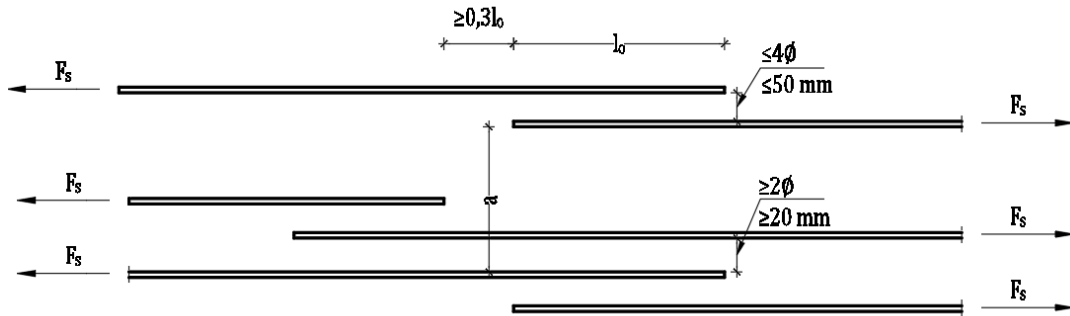


Figura V.1 Înnădiri prin suprapunere vecine

- distanța liberă între barele suprapuse se limitează la 4ϕ sau 50 mm;
- suprapunerile vecine sunt distanțate longitudinal cu cel puțin $0,3 l_o$ (l_o – lungime de suprapunere) ;
- se respectă o distanță de 2ϕ sau 20 mm între barele adiacente, în cazul suprapunerilor vecine.

Lungimea de suprapunere – l_o

Lungimea de suprapunere de calul este dată de relația:

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

în care:

$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5$ – coeficienți indicați în Tabelul IV.3

α_6 – coeficient care ține cont de proporția barelor înnădite a căror axă se situează la mai puțin de $0,65l_o$ de axa înnădirii considerate (Tabelul V.1 și Fig. V.2)

$$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5} \quad 1 \leq \alpha_6 \leq 1,5$$

$l_{b,rqd}$ – lungimea de ancorare de referință determinată cu relația

$l_{o,min}$ – lungimea minimă de suprapunere

$$l_{o,min} > \max \begin{cases} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \\ 15\phi \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Tabel VI.1 Valorile coeficientului α_6

ρ_1	<25%	33%	50%	>50%
α_6	1	1,15	1,4	1,5

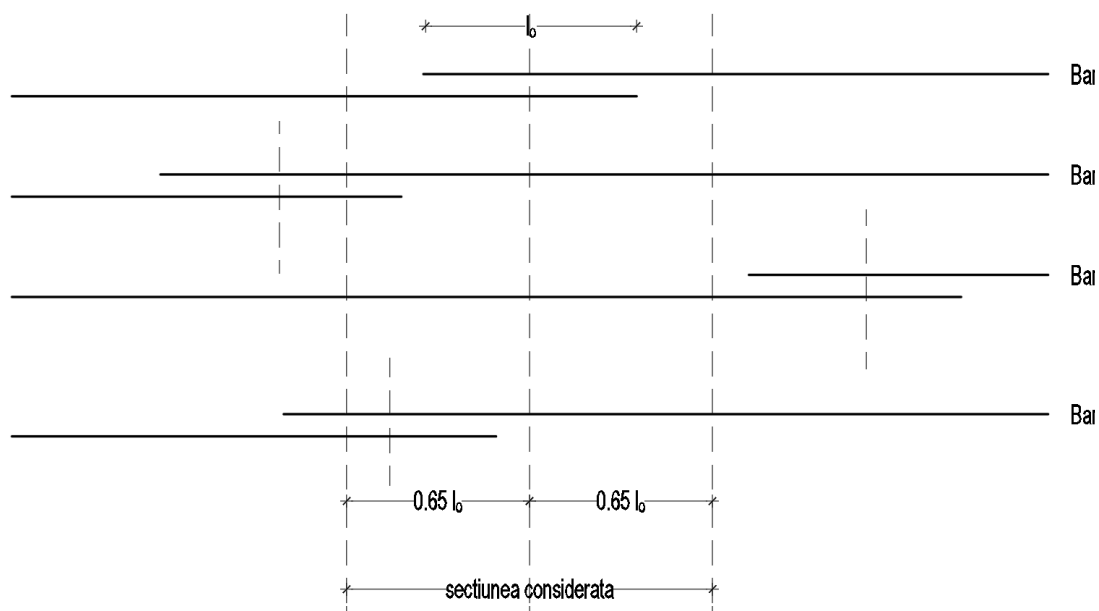


Figura V.2 Proporția de înădări de luat în calcul într-o secțiune de înădire indicată

VI. Arii necesare pentru dimensionarea elementelor din beton armat

a) Aria secțiunii transversale și masa barelor – utilizare pentru grinzi și pile

Tabel VI.1 Aria secțiunii transversale a barelor

Diametru [mm]	Aria secțiunii transversale "n" bare în cm ²										Masa [kg/ml]	Diametru [mm]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	0,222	6
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	0,302	7
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	0,395	8
9	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,73	6,36	0,499	9
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	0,617	10
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888	12
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	1,208	14
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	1,578	16
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	1,998	18
20	3,142	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	2,466	20
22	3,801	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	2,984	22
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	3,853	25
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	4,834	28
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	6,313	32
36	10,179	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,79	7,990	36
40	12,566	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66	9,865	40

b) Aria secțiunii transversale a barelor uniform distribuite pe 1m lățime de suprafață, în cm² – utilizare pentru plăci

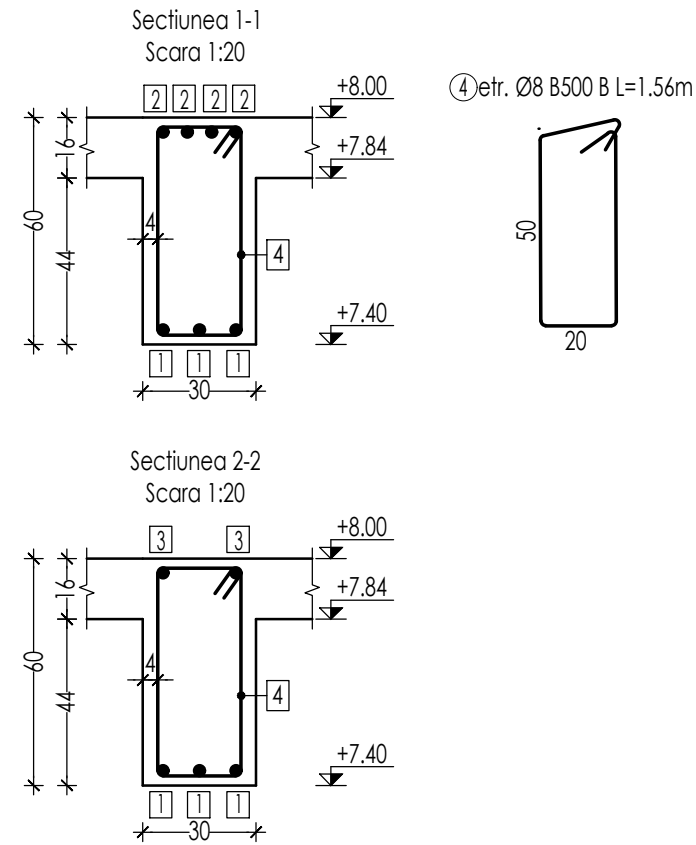
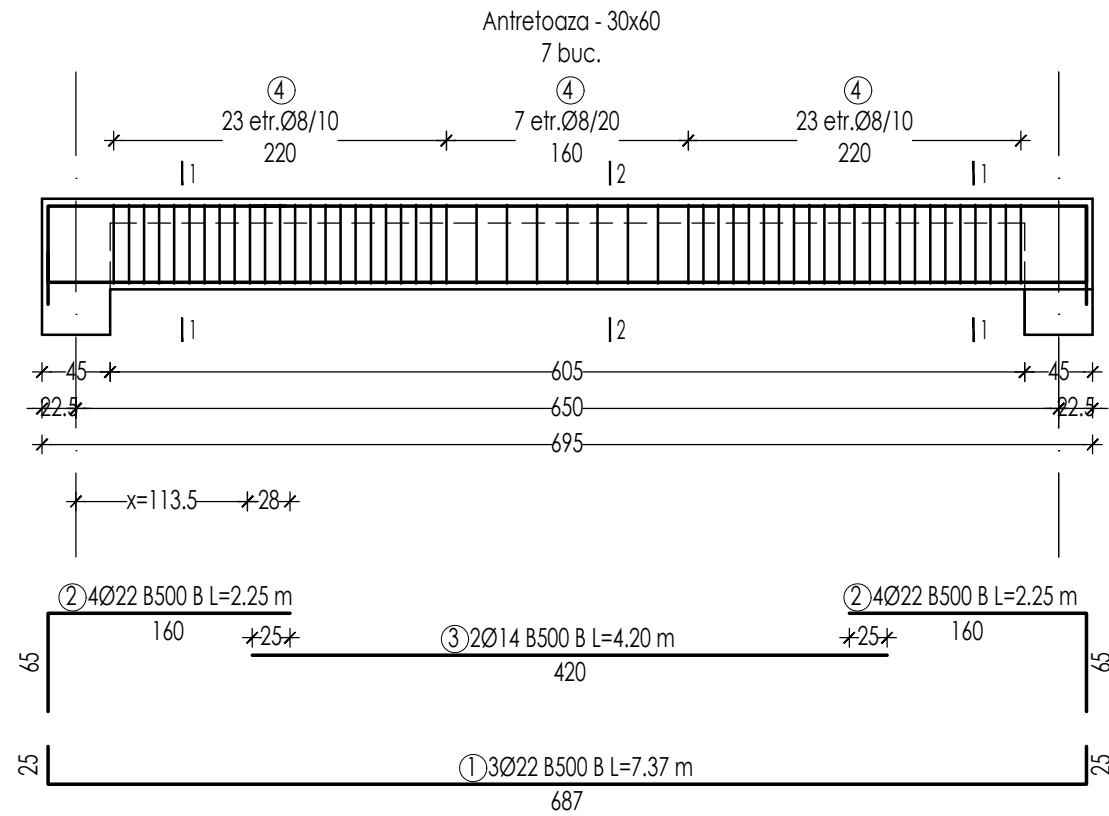
Tabel VI.2 Aria secțiunii transversale a barelor uniform distribuite pe 1m lățime de suprafață

Distanța dintre bare în cm	Diametrul barelor în mm									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
10	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	25,45	31,42	38,01	49,09
11	2,57	4,57	7,14	10,28	13,99	18,28	23,13	28,56	34,56	44,62
12	2,36	4,19	6,54	9,42	12,83	16,76	21,21	26,18	31,68	40,91
13	2,17	3,87	6,04	8,70	11,84	15,47	19,57	24,17	29,24	37,76
14	2,02	3,59	5,61	8,08	11,00	14,36	18,18	22,44	27,15	35,06
15	1,88	3,35	5,24	7,54	10,26	13,40	16,96	20,94	25,34	32,72
16	1,77	3,14	4,91	7,07	9,62	12,57	15,90	19,63	23,76	30,68
17	1,66	2,96	4,62	6,65	9,06	11,83	14,97	18,48	22,36	28,87
18	1,57	2,79	4,36	6,28	8,55	11,17	14,14	17,45	21,12	27,27
19	1,49	2,65	4,13	5,95	8,10	10,58	13,39	16,53	20,01	25,84
20	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	12,72	15,71	19,01	24,54

Referințe bibliografice

- [1] M.D.L.P.A, NE 012/1-2022 - Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat - Partea 1: Producerea betonului, MONITORUL OFICIAL AL ROMÂNIEI, PARTEA I, Nr. 53 bis/19.I.2023, 2023.
- [2] SR EN 1992-2-Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton, Partea 2: Poduri de beton - Proiectare și prevederi constructive, ASRO, 2006.
- [3] C.N.A.D.N.R., PD 165-Normativ privind alcătuirea și calculul structurilor de poduri și podețe de șosea cu suprastructuri monolit și prefabricate, Buletin tehnic rutier, 2013.
- [4] SR EN 1992-1-1:2004 Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri, ASRO-Asociația de standardizare din România, 2006.
- [5] SR EN 1992-1-1:2004/NB: 2008 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri - Anexa națională, ASRO, 2008.
- [6] Kiss Zoltan și Oneț Traian, Proiectarea structurilor de beton după SR EN 1992-1, E. Abel, Ed., 2010.
- [7] "SR EN 1992-1-1:2004/A1:2015 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri," ASRO, 2015.
- [8] SR EN 1992-2:2006/AC:2008-Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 2: Poduri de beton. Proiectare și prevederi constructive, ASRO, 2008.
- [9] SR EN 1992-1-1:2004/AC:2012-Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri, ASRO, 2012.
- [10] SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008/A91:2009-Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Anexa națională, ASRO, 2009.
- [11] SR EN 1992-2:2006/NA:2009-Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 2: Poduri de beton. Proiectare și prevederi constructive. Anexa națională, ASRO, 2009.

Plan cofraj si armare antretoaze
sc 1:50



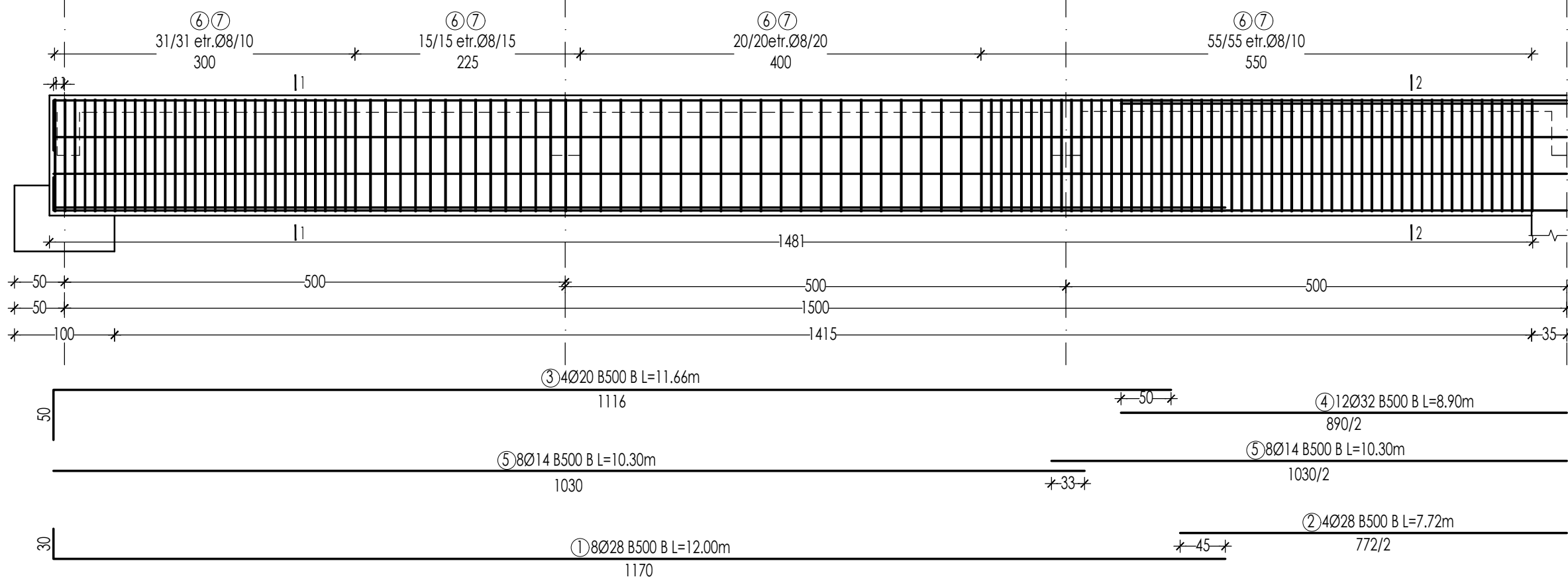
Element	Cod bara	Tip otel	Diametru bara (mm)	Lungime a fiecarei bare (m)	Numar bare in fiecare element	Numar total	Cod forma	Forma de indoire colata	Lungime totala (m)		
									φ8	φ14	φ22
Antretoaze	1	B500 B	22	7.37	3	21	00				154.77
	2		22	2.25	8	56	00				126.00
	3		14	4.20	2	14	00			58.80	
	4		8	1.56	53	371	41		578.76		
Lungime pe diametru (m)									578.76	58.80	280.77
Greutate pe metru liniar (kg)									0.395	1.210	2.980
Greutate pe diametru (kg)									229	71.15	837
Greutate TOTALĂ (kg)									1136 Kg		

BETON CLASA:
- C30/37, XF2 agreg. max.: 16 mm
OTEL :
- B500 - categoria de ductilitate B
Acoperirea cu beton $C_{nom,sw}$: 50 mm

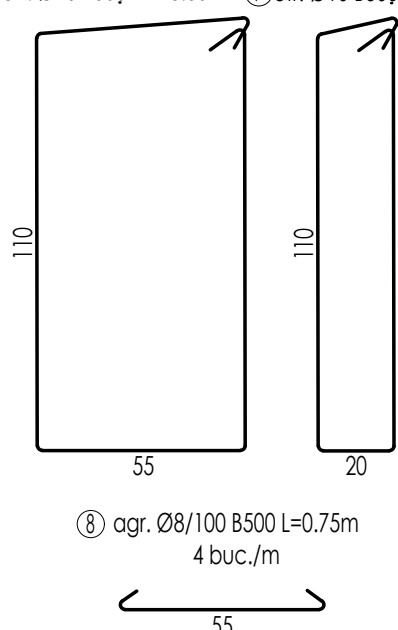
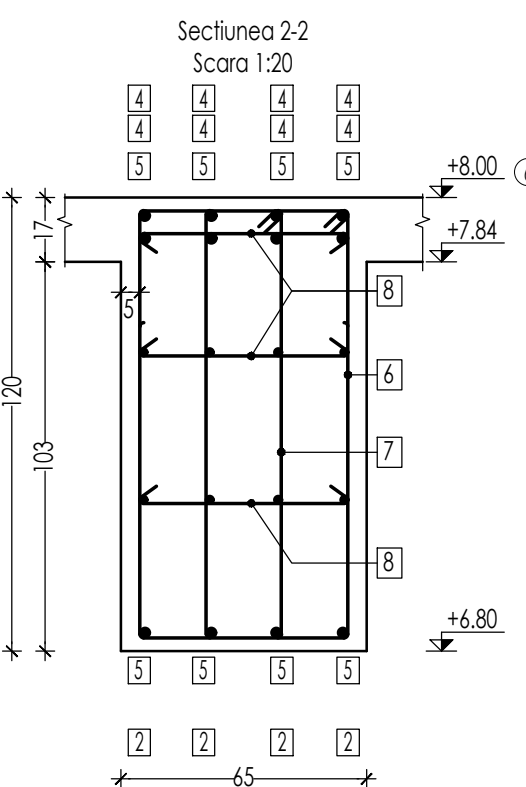
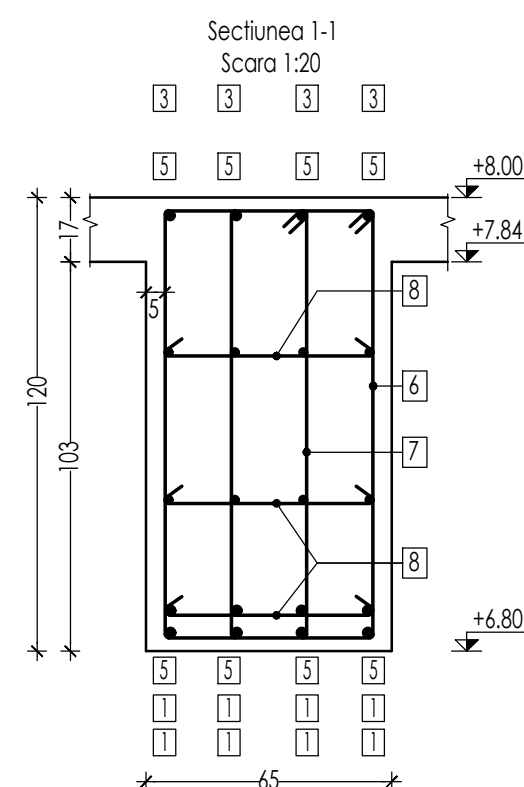
UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ-NAPOCA FACULTATEA DE CONSTRUCTII			BETON ARMAT SI PRECOMPRIMAT II Anul III, Sectia CFDP Grupa..... An univeristar		Proiect nr./ 2023
					Faza P.T+D.E. Plansa nr. R.03
Calitatea	Nume	Semnatura	Scara 1:50	Plan cofraj si armare antretoaze	
SEF PROIECT					
PROIECTAT			Data ian.2023		
DESENAT					

Plan cofraj si armare grinzi principale
sc 1:50

Grinda principala - 65x120
2 buc.

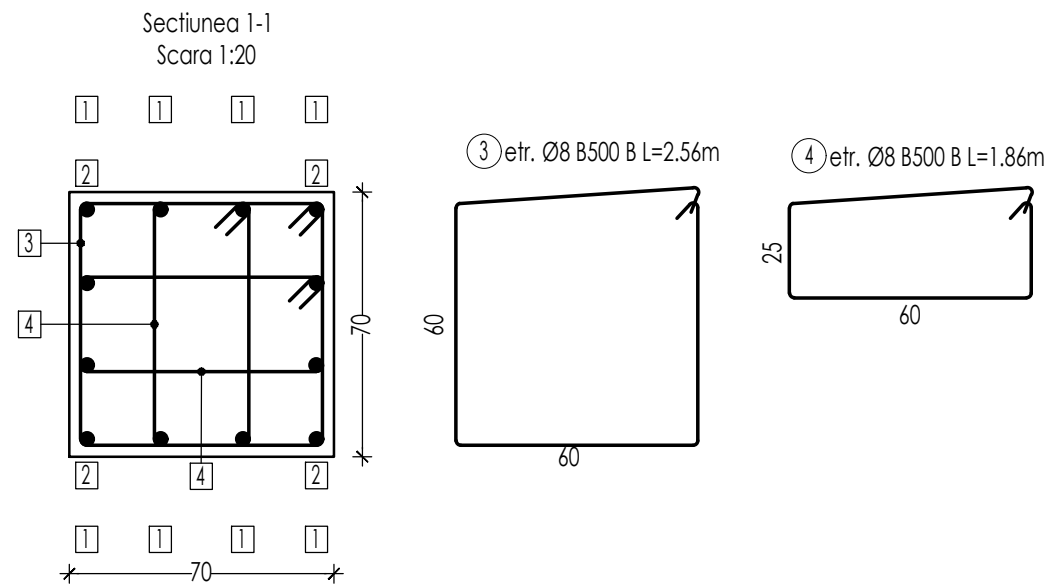
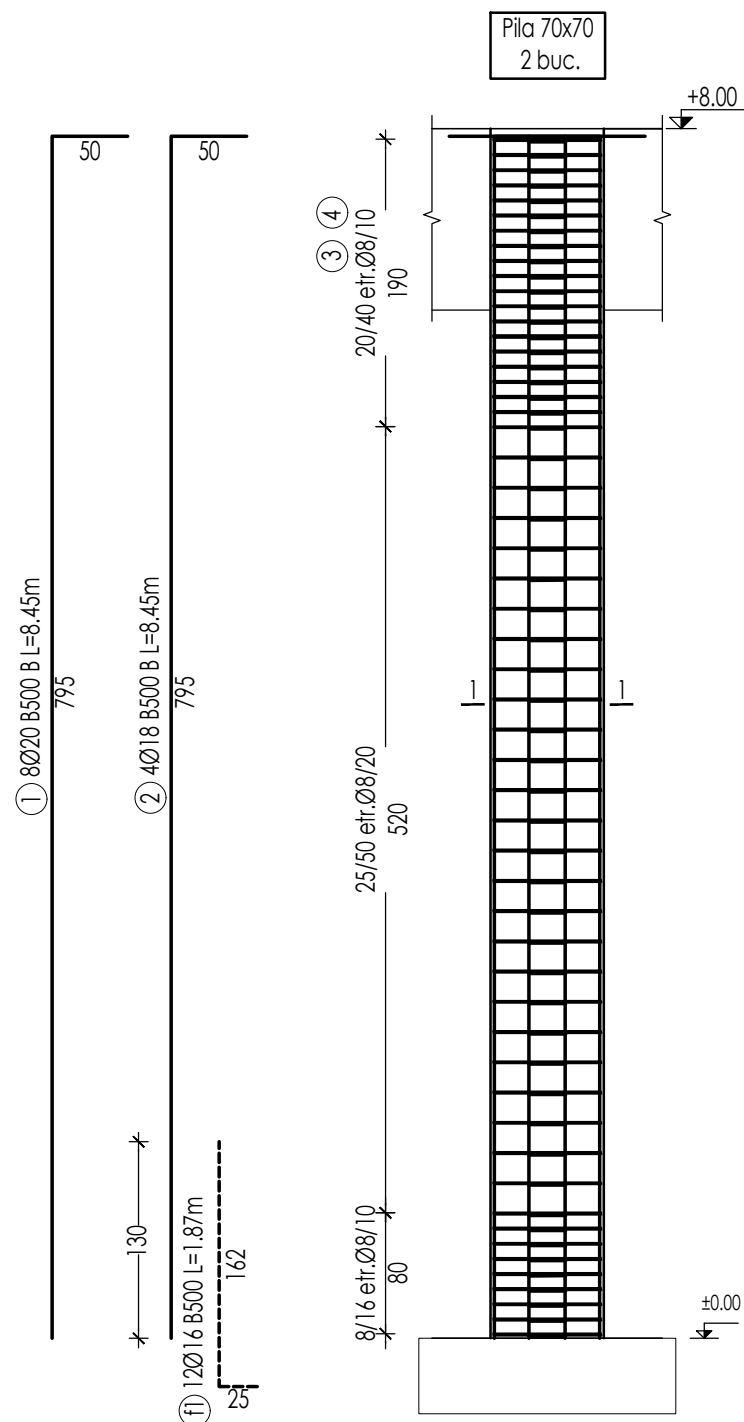


BETON CLASA:
- C30/37, XF2 agreg. max.: 16 mm
OTEL :
-B500 - categoria de ductilitate B
Acoperirea cu beton $C_{nom,sw}$: 50 mm



Element	Cod bara	Tip otel	Diametru bara (mm)	Lungime a fiecarei bare (m)	Numar bare in fiecare element	Numar total	Cod forma	Forma de indoire cotata	Lungime totala (m)						
									φ8	φ10	φ14	φ20	φ28	φ32	
Grinzi principale	1	B500 B	28	12.00	16	32	00							384.00	
	2		28	7.72	8	16	00							123.52	
	3		20	11.66	8	16	00						186.56		
	4		32	8.90	12	24	00							213.60	
	5		14	10.30	24	48	00					494.40			
	6		10	3.50	242	484	41			1,694.00					
	7		10	2.80	242	484	41			1,355.20					
	8		8	0.75	354	708	41			531.00					
Lungime pe diametru (m)									531.00	3,049.20	494.40	186.56	507.52	213.60	
Greutate pe metru liniar (kg)									0.395	0.617	1.210	2.460	4.840	6.310	
Greutate pe diametru (kg)									210	1881.36	598.22	459	2456	1348	
Greutate TOTALA (kg)									3148 Kg						

UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ-NAPOCA FACULTATEA DE CONSTRUCTII			BETON ARMAT SI PRECOMPRESAT II Anul III, Sectia CFDP Grupa..... An univerritar		Proiect nr./ 2023
SEF PROIECT			Data ian.2023		
PROIECTAT					
DESENAT					



Element	Cod bara	Tip oțel	Diametru bara (mm)	Lungime a fiecărei bare (m)	Numar bare in fiecare element	Numar total	Cod forma	Forma de indoire cotata	Lungime totala (m)		
									φ8	φ18	φ20
Pile	1	B500 B	20	8.45	8	16	00				135.20
	2		18	8.45	4	8	00			67.60	
	3		8	2.56	53	106	41		271.36		
	4		8	1.86	106	212	41		197.16		
Lungime pe diametru (m)									468.52	67.60	135.20
Greutate pe metru liniar (kg)									0.395	1.990	2.460
Greutate pe diametru (kg)									185	134.52	333
Greutate TOTALĂ (kg)									652 Kg		

BETON CLASA:
- C30/37, XF2 agreg. max.: 16 mm
OȚEL:
- B500 - categoria de ductilitate B
Acoperirea cu beton $C_{nom,sw}$: 50 mm

UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

BETON ARMAT SI PRECOMPRESAT II
Anul III, Sectia CFDP
Grupa.....
An univ.

Proiect nr.
...../
2023

Calitatea	Nume	Semnatura
SEF PROIECT		
PROIECTAT		
DESENAT		

Scara
1:50
Data
ian.2023

Plan cofraj si armare pile

Faza
P.T+D.E.
Plansa nr.
R.05