

Tema 4. Proiectarea fundațiilor continue sub stâlpi

4.1. Generalități

Fundațiile continue sunt elemente de fundare ce se comportă, simultan, ca o fundație izolată și ca o grindă.



Figura 4.1 Cadru plan cu fundație continuă

Fundațiile continue pot fi alcătuite ca grinzi independente sau ca rețele de grinzi.

Soluția de grindă de fundare continuă sub stâlpi sau pereți se impune, în general, în următoarele cazuri (Figura 4.2):

- fundații izolate care nu pot fi extinse suficient în plan (construcții cu travee sau deschideri mici care determină suprapunerea fundațiilor independente, stâlpi lângă un rost de tasare sau la limita proprietății);
- fundații izolate care nu pot fi centrate sub stâlpi;

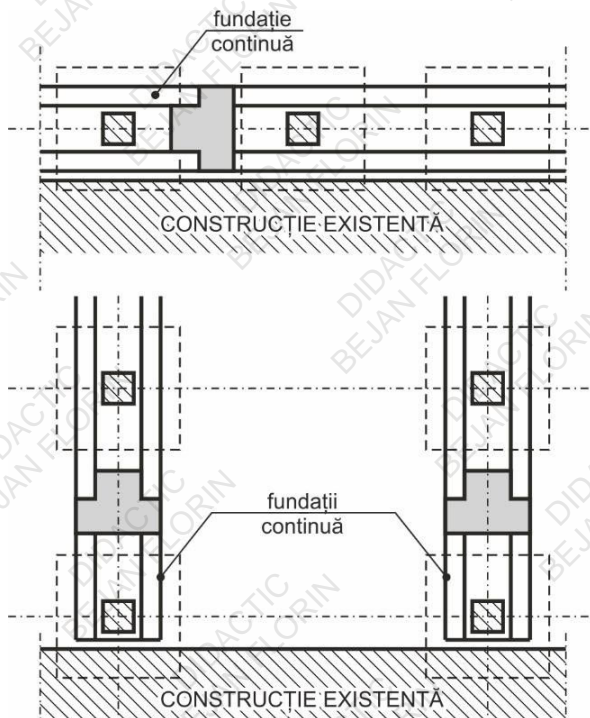


Figura 4.2 Exemple de situații în care se adoptă soluția cu grindă de fundare în loc de fundație izolată

Soluția de rețele de grinzi de fundare se adoptă în cazul construcțiilor civile, în condiții normale de fundare și fără prezența apei freactice la:

- construcții cu pereți de beton armat sau zidărie (cu substructură sau cu rezemare directă pe fundații);
- construcții cu cadre de beton armat sau nemetalice, eventual conlucrând cu pereți de beton armat sau zidărie (cu substructură cu rezemare directă pe fundații).

Soluția se poate adopta la orice tip de construcție atunci când se dorește realizarea unei infrastructuri relativ rigide care să asigure conlucrarea spațială a elementelor structurale, iar presiunile efective pe teren nu impun realizarea unui radier general.

Când nu sunt considerate forțele seismice, presiunea pământului este distribuită simetric pe talpa fundației. Aceste presiuni sunt mai mari în zona stâlpilor (Figura 4.3).

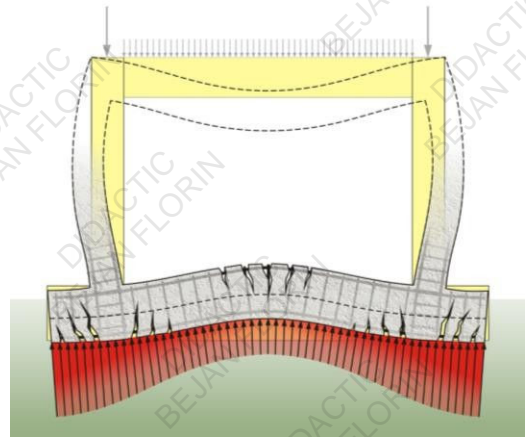


Figura 4.3 Comportamentul unui cadru plan cu fundație continuă solicitat la acțiuni statice

În timpul unui cutremur, o extremitate este suprasolicitată astfel generând presiuni mai mari în timp ce cealaltă extremitate este descărcată. Când forțele seismice își schimbă direcția suprasolicitarea fundației se modifică simetric. Deformația și tensiunile aplicate pe fundațiile continue sunt mari și se schimbă continuu (Figura 4.4).

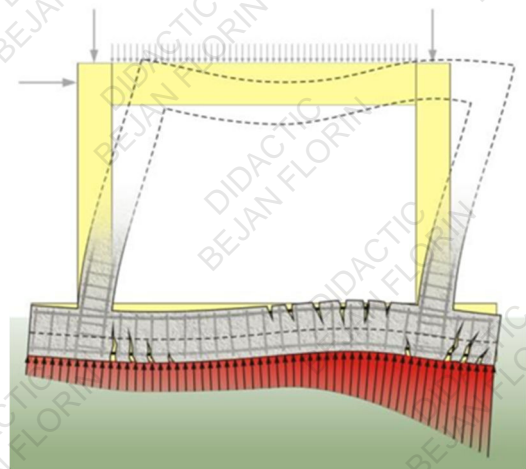


Figura 4.4 Comportamentul unui cadru plan cu fundație continuă la acțiuni seismice

Pe direcție transversală fundația se comportă ca o consolă bilaterală (Figura 4.5). Reacțiunea pământului solicită talpa fundației în sus. Acest lucru cauzează deformații la partea

inferioară a fundației. Armăturile se poziționează la partea inferioară (pe fibra întinsă).

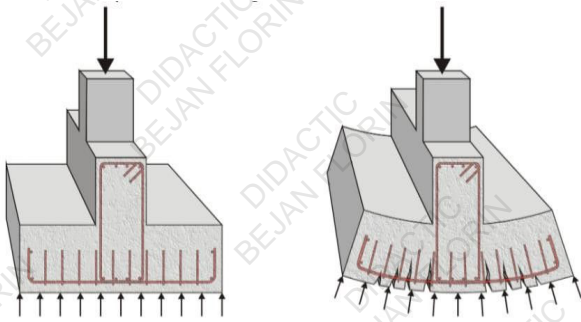


Figura 4.5 Armarea în secțiune transversală a grinzii de fundare

Grinzile pot fi alcătuite ca tălpi die beton armat sau în soluția bloc de beton simplu și cuzinet de beton armat.

4.2. Predimensionarea grinzii de fundare

Stabilirea lățimii tălpii fundației se face pe baza condiției ca presiunea efectivă dezvoltată sub talpa fundației să nu depășească presiunea ultimă a terenului de fundare.

$$P_{ef,med} \leq P_{ul} \quad (4.1)$$

unde

$P_{ef,med}$ – presiunea efectivă medie dezvoltată sub talpa fundației în gruparea fundamentală;

$$P_{ef,med} = \frac{\sum N_i(GF)}{B \cdot L}$$

B – lățimea grinzii de fundare;

L – lungimea grinzii de fundare;

P_{ul} – presiunea ultimă a terenului de fundare (3.3.2).

Este indicată majorarea valorii lățimii obținute prin calcul cu cca. 20%. Această majorare este necesară pentru că din cauza interacțiunii dintre grinda static nedeterminată și terenul de fundare, diagrama presiunilor de contact are o distribuție neliniară, cu concentrări de eforturi în zonele cu rigiditate mai mare, aflate, de obicei în dreptul stâlpilor. Lățimea efectivă a tălpii fundației se rotunjește la multiplu de 50 mm.

Pentru fundațiile tip grindă dreaptă, înălțimea secțiunii grinzii de fundare, H_c se recomandă a se alege cu valori cuprinse între 1/3 ... 1/6 din distanța maximă dintre doi stâlpi succesiv (L_0), dar nu mai puțin de 500 mm. Dacă secțiunea grinzii nu este dreptunghiulară și are formă de T (Figura 4.6), înălțimea tălpii, H_t , se determină din condiția: $H_t \geq L_c$

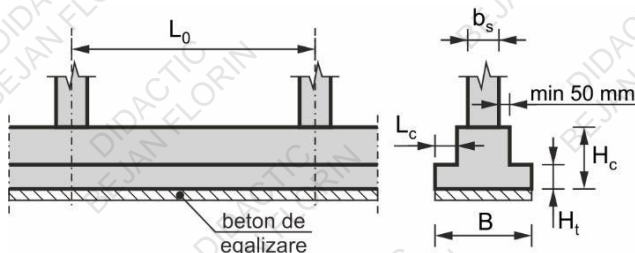


Figura 4.6 Condiții constructive pentru grinzi de fundare

Pentru fundațiile cu secțiunea tip bloc și cuzinet se adoptă aceleași condiții constructive ca la fundațiile izolate rigide.

4.3. Verificarea la starea limită ultimă SLU-GEO

Se consideră încărcările din gruparea fundamentală

$$V_{Ed} \leq R_{Ed} \quad (4.2)$$

unde

V_{Ed} – rezultanta forțelor axiale la baza stâlpilor în gruparea fundamentală;

$$V_{Ed} = \sum N_{GF,i} + \gamma_G \cdot (G_f + G_u)$$

G_f – greutatea fundației;

G_u – greutatea umpluturii ce reazemă pe fundație;

γ_G – coeficientul parțial de siguranță pentru acțiuni permanente (1,35);

R_{Ed} – capacitatea portantă a terenului de fundare;

$$R_{Ed} = B \cdot L \cdot p_{ul}$$

p_{ul} – presiunea ultimă a terenului de fundare calculată cu valorile de calcul a parametrilor rezistenței la forfecare ai pământului

L – lungimea grinzii de fundare;

B – lățimea grinzii de fundare.

4.4. Armarea fundațiilor

Armătura de rezistență din grinda de fundare rezultă din calculul secțiunilor caracteristice la moment încovoietor, forță tăietoare și, dacă este cazul, moment de torsiune.

În cazul structurilor flexibile (cadre) se recomandă aplicarea unor metode exacte de calcul a eforturilor, cu luarea în considerare a interacțiunii dintre fundație și teren. Dacă grinda de fundare este rigidă (orientativ, $H_c/L_0 > 0,125$) se pot utiliza metode aproximative de calcul.

4.4.1. Metoda Winkler

Una dintre cele mai utilizate soluții din mecanică este cea a grinzii pe mediu elastic publicată de Emil Winkler în 1867. Acum la peste 150 de ani conceptul propus de acesta este utilizat pe scară largă pentru proiectarea structurală a fundațiilor. În metoda Winkler terenul de fundare este modelat prin resoarte independente ce se deformează sub efectul acțiunilor. Avantajul acestui model este că folosește un singur parametru pentru descrierea comportamentului pământului

$$p = s \cdot k_s \quad (4.3)$$

unde

p – presiunea într-un punct al suprafeței de contact dintre fundație și teren

s – deformația pe verticală în acel punct (tasarea);

k_s – coeficientul de pat.

Coeficientul de pas (k_s) este un parametru al modelului ce descrie rigiditatea pământului. Acest parametru nu depinde doar de natura pământului, dar și de dimensiunile fundației și de tipul de încărcare. Este important de știut că coeficientul de pat nu are o valoare constantă și că poate varia sub aceeași grindă.

Resoartele permit determinarea deformației terenului aflat sub fundație, dat nu și în afara acesteia.

Cazul 1 – Grinda de lungime infinită încărcată cu o forță concentrată P.

Valorile săgeții z , rotirii θ , momentului încovoietor M și a forței tăietoare T pentru grinda de lungime infinită încărcată cu o forță concentrată se determină cu relațiile

$$\begin{aligned} z &= \frac{P\lambda}{2k_s B} \cdot f_1(\lambda x) \\ \theta &= -\frac{P\lambda^2}{k_s B} \cdot f_2(\lambda x) \\ M &= \frac{1}{4} \cdot P \cdot l_e \cdot f_3(\lambda x) \\ T &= -\frac{1}{2} \cdot P \cdot f_4(\lambda x) \end{aligned} \quad (4.4)$$

unde

P – forța concentrată ce soliciță grinda de lungime infinită;
 x – distanța de la punctul de aplicație al forței P până la secțiunea în care se calculează;
 B – lățimea bazei fundației;
 k_s – coeficientul de pat;
 l_e – lungimea elastică

$$l_e = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k_s \cdot B}{4 \cdot EI}}$$

EI – rigiditatea grinzii de fundare

Valorile factorilor $f_1(\lambda x)$, $f_2(\lambda x)$, $f_3(\lambda x)$ și $f_4(\lambda x)$ se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned} f_1(\lambda x) &= e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x) \\ f_2(\lambda x) &= e^{-\lambda x} \sin \lambda x \\ f_3(\lambda x) &= e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x) \\ f_4(\lambda x) &= e^{-\lambda x} \cos \lambda x \end{aligned} \quad (4.5)$$

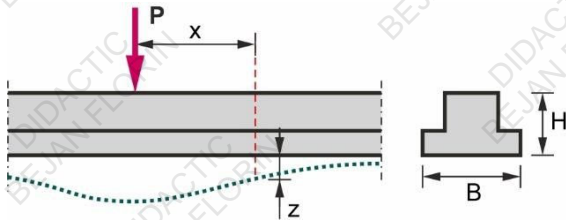


Figura 4.7 Grinda de fundare de lungime infinită încărcată cu o forță concentrată

Cazul 2 – Grinda de lungime infinită acționată de mai multe forțe concentrate

În situația în care grinda este acționată de mai multe forțe concentrate, P_i , determinarea valorilor pentru z , θ , M și T într-o secțiune dată se face prin suprapunerea efectelor.

$$\begin{aligned} z &= \frac{\lambda}{2k_s B} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot f_1(\lambda x) \\ \theta &= -\frac{\lambda^2}{k_s B} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot f_2(\lambda x) \\ M &= \frac{1}{4} \cdot l_e \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot f_3(\lambda x) \\ T &= -\frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot f_4(\lambda x) \end{aligned} \quad (4.6)$$

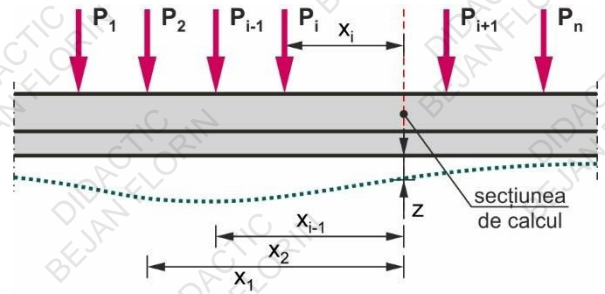


Figura 4.8 Schema de calcul pentru grinda de fundare de lungime infinită acționată de mai multe forțe concentrate

Cazul 3 – Grinda de lungime infinită acționată de un moment încovoietor

În această situație momentul încovoietor M_0 este înlocuit de un cuplu de forțe $P \cdot \Delta x$ (Figura 4.9).

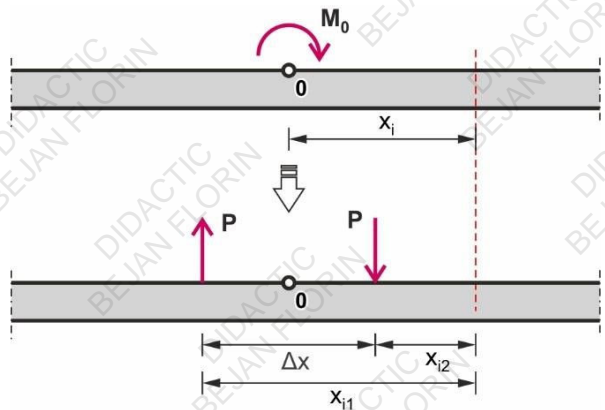


Figura 4.9 Grinda de fundare de lungime infinită încărcată cu un moment încovoietor

Pentru calculul valorilor săgeții z , rotirii θ , momentului încovoietor M și a forței tăietoare T în cazul grinzii acționate de un moment încovoietor se folosesc aceleași relații ca în cazul grinzii încărcate cu forță concentrată decalând funcțiile $f_i(\lambda x)$ după corespondența din Tabelul 4.1.

Tabelul 4.1 Funcții utilizate pentru determinarea deformațiilor și eforturilor în grinzile de fundare

| Deformații și eforturi sectionale | Funcții utilizate în cazul grinzii acționate | |
|-----------------------------------|--|------------------|
| | P | M_0 |
| z | $f_1(\lambda x)$ | $f_2(\lambda x)$ |
| θ | $f_2(\lambda x)$ | $f_3(\lambda x)$ |
| M | $f_3(\lambda x)$ | $f_4(\lambda x)$ |
| T | $f_4(\lambda x)$ | $f_1(\lambda x)$ |

Cazul 4 – Grinda de lungime finită

Grinda de lungime finită se calculează prin metoda forțelor fictive folosind aceleași funcții $f_i(\lambda x)$ din cazul grinzii de lungime infinită.

Se consideră grinda de lungime finită care este transformată în grindă infinită prin prelungirea fictivă a capetelor A și B (Figura 4.10). Asupra grinzii de fundare considerată ca grindă infinită acționează sistemul de încărcări P_i , $i = 1 \dots n$, împreună cu forțele fictive V_i , $i = 1 \dots 4$, amplasate de o parte și de cealaltă a grinzii cu valori astfel determinate încât starea de eforturi și deformații din grinda de lungime finită să nu se modifice.

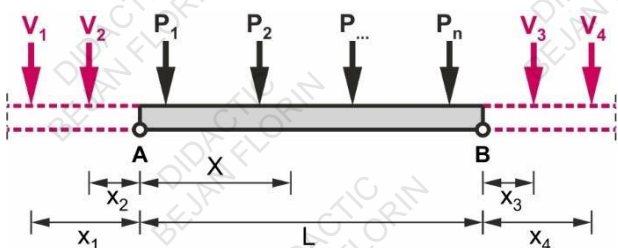


Figura 4.10 Schema de calcul pentru grinda de lungime finită

Utilizând funcțiile $f_3(\lambda x_i)$ și $f_4(\lambda x_i)$ definite anterior și impunând condițiile pentru capetele libere ale grinzii se obțin patru ecuații liniare pentru determinarea valorilor forțelor fictive.

Distanța de la forța fictivă V_1 la capătul A al grinzii se alege astfel încât momentul încovoietor să fie egal cu zero, iar punctul de aplicație pentru forța fictivă V_2 astfel încât forța tăietoare corespunzătoare în secțiunea A să fie egală cu zero. În același mod se procedează și cu forțele fictive V_3 și V_4 cu privire la momentul și forța tăietoare din capătul B al grinzii

$$M_A = 0; T_A = 0; M_B = 0; T_B = 0.$$

Pentru a simplifica calculele distanțele de la extremitățile grinzii finite la punctele de aplicație ale forțelor fictive se aleg astfel încât acestea să se anuleze alternativ:

$$x_1 = x_4 = \frac{\pi}{4\lambda} \text{ pentru care } f_3\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0$$

$$x_2 = x_3 = \frac{\pi}{2\lambda} \text{ pentru care } f_4\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

Determinarea valorilor forțelor fictive se face tabelar.

Tabelul 4.2 Tabel centralizator pentru calculul forțelor virtuale V_i

| Forța [kN] | x_i [m] | λx_i | $f_3(\lambda x_i)$ | $f_4(\lambda x_i)$ | M [kNm] | T [kN] |
|------------|-----------|---------------|--------------------|--------------------|---------|--------|
| V_1 | | | | | | |
| V_2 | | | | | | |
| P_1 | | | | | | |
| P_2 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| P_n | | | | | | |
| V_3 | | | | | | |
| V_4 | | | | | | |
| TOTAL | | | | | 0,000 | 0,000 |

Forțele virtuale V_i , astfel obținute, se introduc în schema de încărcare a grinzii de lungime finită iar calculul deformațiilor și al eforturilor secționale se poate face utilizând tabelele și diagramele pentru grindă infinită.

Tabelul 4.3 Tabel centralizator pentru calculul deformațiilor și a eforturilor secționale într-o secțiune X

| Secțiunea de calcul X = ___ [m] | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|---------------|--------|----------------|---------|--------|
| Forța [kN] | x_i [m] | λx_i | z [mm] | θ [rad] | M [kNm] | T [kN] |
| V_1 | | | | | | |
| V_2 | | | | | | |
| P_1 | | | | | | |
| P_2 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| P_n | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|
| V3 | | | | | | | |
| V4 | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | |

Valorile calculate ale deformațiilor și ale eforturilor secționale se centralizează și se trasează diagramele corespunzătoare. Pe baza acestor rezultate se stabilesc ariile de armare longitudinale și transversale ale grinzii.

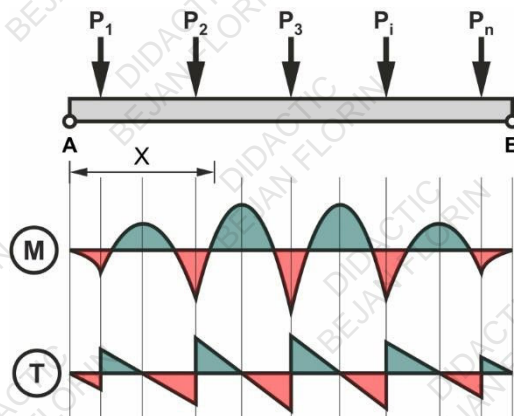
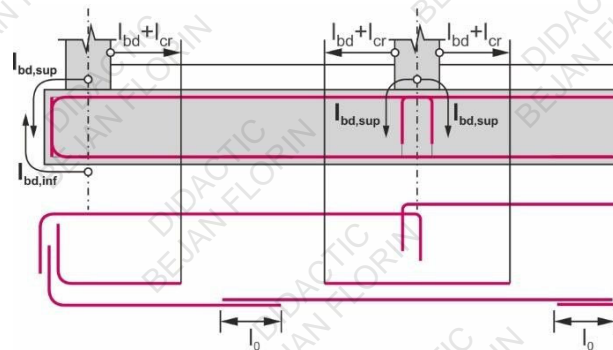


Figura 4.11 Trasarea diagramei de moment încovoietor și forță tăietoare

4.4.2. Armarea pe direcție longitudinală

Armarea longitudinală dispusă la partea inferioară a grinzii se va distribui pe toată lățimea tălpii, după regulile de la grinzile din suprastructură. Se pot dispune și armături înclinate.

Coefficientul minim de armare în toate secțiunile (sus și jos) este $\rho_{min} = 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ pentru grinzi calculate în gruparea fundamentală de încărcări și $\rho_{min} = 0,50 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ pentru grinzi calculate la acțiunea seismică, dar nu mai puțin de 0,002 în toate cazurile. Diametrul minim al armăturilor longitudinale este de 14 mm.



l_0 - lungimea de suprapunere

l_{bd} - lungime de ancoraj

l_{cr} - lungimea critică

Figura 4.12 Dispunerea armăturilor longitudinale când se preiau forțe seismice

În condiții seismice se prevede armarea continuă pe toată deschiderea grinzii de fundare, astfel:

- la partea superioară și inferioară a grinzilor se prevăd cel puțin câte două bare cu suprafața profilată cu diametrul ≥ 14 mm;
- cel puțin un sfert din armătura maximă de la partea inferioară a grinzilor de fundare se prevede continuă pe toată lungimea grinzii;

- cel puțin jumătate din secțiunea de armătură întinsă se prevede și în zona comprimată a acestor secțiuni;

Pe fețele laterale ale grinzii se dispun armături minim $\varnothing 10/300$ mm.

Etrierii rezultă din verificarea la forță tăietoare și moment de torsiune. Coeficientul minim de armare transversală este 0,001, dar nu mai puțin de $\rho_{w,\min} = 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}/f_{yk}}$. Diametrul minim al etrierilor este 8 mm. Dacă lățimea grinzii este 400 mm sau mai mult se dispun etrieri dubli (cu 4 ramuri). Distanța dintre etrierii prevăzuți în zona critică trebuie să respecte condiția:

$$s \leq \min\left(\frac{h_w}{4}; 150 \text{ mm}; 8d_{bL}\right)$$

În afara zonelor critice se va prevedea o cantitate de etrieri cel puțin egală cu jumătate din cea din zonă critică.

Armăturile transversale, etrieri și agrafe vor fi prevăzute cu cârlige cu lungimea $10d_{bw}$ îndoite la un unghi de 135° .

4.4.3. Armarea pe direcție transversală

Armătura de rezistență a tălpii fundației în secțiune transversală rezultă din verificarea consolelor la moment încovoietor. Dacă se respectă condițiile privind secțiunea de beton date mai sus nu este necesară verificarea consolelor la forță tăietoare. Armătura minimă trebuie să respecte condițiile date pentru etrierii grinzii.

Longitudinal grinzii, în console, la partea superioară se dispune armătură constructivă (coeficient minim 0,001 din secțiunea grinzii și 1/5 din armătura transversală a consolei).

Armăturile pentru stâlpi (mustăți) rezultă din dimensionarea cadrelor de beton armat. Mustățile pentru stâlpi se prevăd cu etrieri formând o carcasă care să asigure poziția corectă a acestora în timpul turnării betonului.

Anexa 4.1

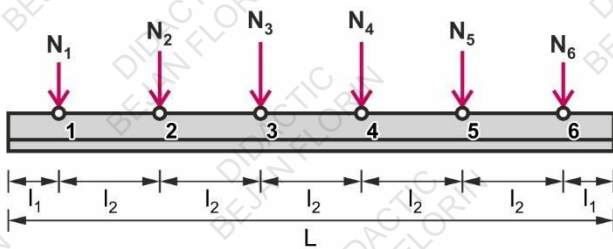
Exemplu de calcul

Date de intrare

(1) Caracteristicile terenului de fundare

- Valoarea caracteristică a greutateii volumice
 $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- Valoarea caracteristică a unghiului de frecare internă
 $\phi'_k = 15^\circ$
- Valoarea caracteristică a coeziunii
 $c'_k = 22 \text{ kPa}$
- Modulul de deformație liniară
 $E_{def} = 10000 \text{ kPa}$

(2) Caracteristicile grinzii de fundare



- Lungimea consolei $l_1 = 1,0 \text{ m}$
- Deschiderea $l_2 = 6,0 \text{ m}$
- Forțele axiale la baza stâlpilor

| Forța axială | Gruparea cvasipermanentă | Gruparea fundamentală |
|--------------|--------------------------|-----------------------|
| N_1 [kN] | 750 | 1000 |
| N_2 [kN] | 1000 | 1400 |
| N_3 [kN] | 1500 | 2000 |
| N_4 [kN] | 1500 | 2000 |
| N_5 [kN] | 1000 | 1400 |
| N_6 [kN] | 750 | 1000 |

Predimensionarea fundației

(1) Adâncimea de fundare

$$D_f = 1,10 \text{ m}$$

(2) Lungimea tăpii fundației

$$L = 32 \text{ m}$$

(3) Presiunea efectivă pe talpa fundației

- Rezultanta forțelor axiale

$$V_{Ed} = \sum_{i=1}^6 N_{i(GK)} = 6500 \text{ kN}$$
- Presiunea medie pe talpă

$$P_{ef,med} = \frac{V_{Ed}}{A} = \frac{6500}{32 \cdot B}$$
- Coeficienții presiunii plastice
 $N_1 = 0,324$
 $N_2 = 2,297$
 $N_3 = 4,839$

$$m_1 = 1,40$$

- Presiunea plastică

$$P_{pl} = m_1 \cdot (\gamma \cdot B \cdot N_1 + q \cdot N_2 + c \cdot N_3)$$

$$P_{pl} = 1,4 \cdot (20 \cdot B \cdot 0,324 + 20 \cdot 1,1 \cdot 2,297 + 22 \cdot 4,839)$$
- Condiția de verificare

$$P_{ef,med} < P_{pl}$$

$$\frac{203}{B} < 9,1B + 219,8$$

$$9,1B^2 + 219,8 \cdot B - 203 = 0 \Rightarrow B = 0,89$$

Verificarea la starea limită ultimă SLU-GEO

(1) Caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale ale grinzii de fundare

- Lățimea tăpii fundației (se mărește valoarea obținută cu 20% și se rotunjește în plus)
 $B = 1,10 \text{ m}$
- Înălțimea grinzii de fundare

$$H_c = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{6}\right) L_0 = (1,0 \dots 2,0) \text{ m}$$

 $H_c = 1,00 \text{ m}$
- Lățimea consolei grinzii de fundare

$$L_c = \frac{B}{2} - \frac{b_s}{2} - \min(0,05) = \frac{1,10}{2} - \frac{0,40}{2} - \min(0,05)$$

 $L_c = 0,30 \text{ m}$
- Grosimea tăpii grinzii de fundare
 $H_f = 0,30 \text{ m}$
- Aria secțiunii transversale
 $A = 0,68 \text{ m}^2$

(2) Presiunea medie pe talpa fundației

- Greutatea grinzii de fundare
 $G_f = \gamma_b \cdot A \cdot L = 25 \cdot 0,68 \cdot 32 = 544 \text{ kN}$
- Greutatea umpluturii ce reazemă pe grinda de fundare

$$G_u = \gamma_u \cdot [2 \cdot L_c \cdot (D_f - H_f)] \cdot L$$

 $G_u = 18 \cdot [2 \cdot 0,30 \cdot (1,00 - 0,30)] \cdot 32 = 276 \text{ kN}$
- Rezultanta forțelor axiale

$$V_{Ed} = \sum_{i=1}^6 N_{i(GF)} + \gamma_G(G_f + G_u)$$

$$V_{Ed} = 8800 + 1,35 \cdot (544 + 276) = 9908 \text{ kN}$$

- Presiunea efectivă medie

$$P_{ef,med} = \frac{V_{Ed}}{B \cdot L} = \frac{9908}{1,1 \cdot 32} = 281 \text{ kPa}$$

(3) Capacitatea portantă a terenului de fundare

- Valoarea de calcul a unghiului de frecare internă

$$\phi'_d = \arctan\left(\frac{\tan \phi'_k}{1,25}\right) = 12,10^\circ$$
- Valoarea de calcul a coeziunii

$$c'_d = \frac{c'_k}{1,25} = 17,60 \text{ kPa}$$
- Factorii capacității portante
 $N_\gamma = 0,424$
 $N_q = 3,001$
 $N_c = 9,335$

- Presiunea critică

$$p_{cr} = 235 \text{ kPa}$$

- Capacitatea portantă

$$R_d = B \cdot L \cdot p_{cr} = 8271 \text{ kN}$$

- (4) Coeficientul de utilizare

$$\Lambda_1 = \frac{V_{Ed}}{R_d} \cdot 100 = \frac{9908}{8271} \cdot 100 = 120\% \rightarrow \text{nu se verifică!}$$

- (5) Se modifică dimensiunile fundației

$$B = 1,50 \text{ m}$$

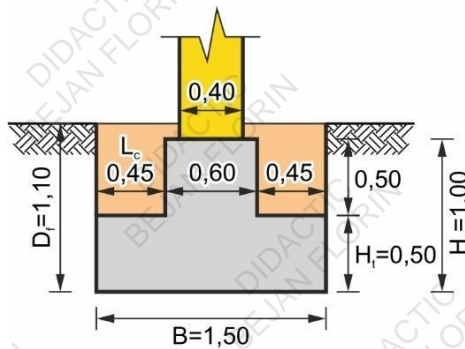
$$H_c = 1,00 \text{ m}$$

$$L_c = 0,45 \text{ m}$$

$$H_t = 0,50$$

$$A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$I = 0,0754 \text{ m}^4$$



- (6) Se repetă verificarea

$$V_{Ed} = 10354 \text{ kN}$$

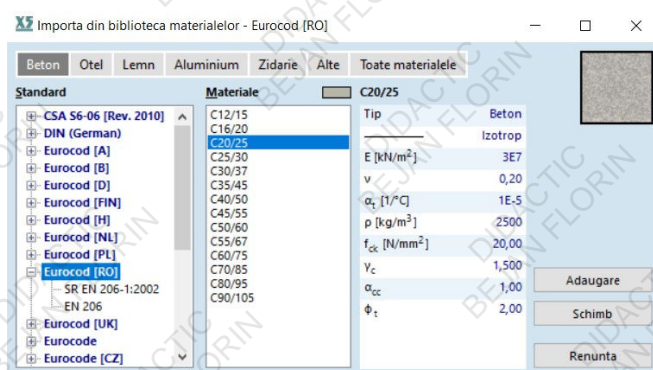
$$R_d = 11360 \text{ kN}$$

$$\Lambda_1 = \frac{10354}{11360} \cdot 100 = 91\% - \text{se verifică}$$

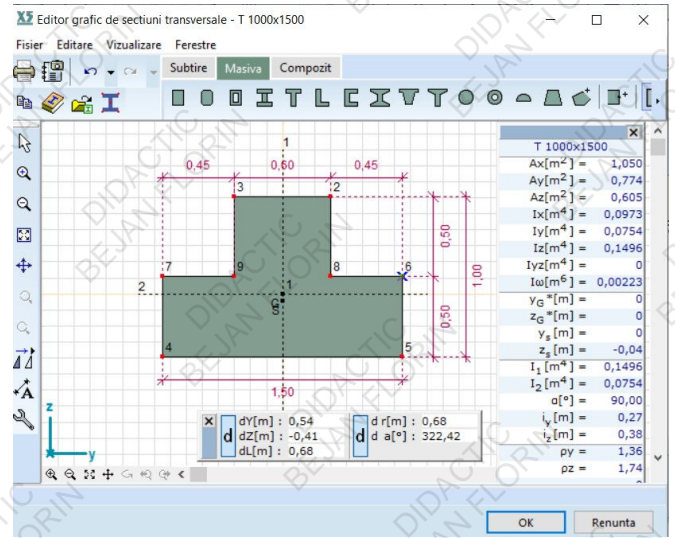
Determinarea eforturilor în grinda de fundare

Pentru calcul se folosește metoda elementelor finite implementată în programul de calcul AxisVM

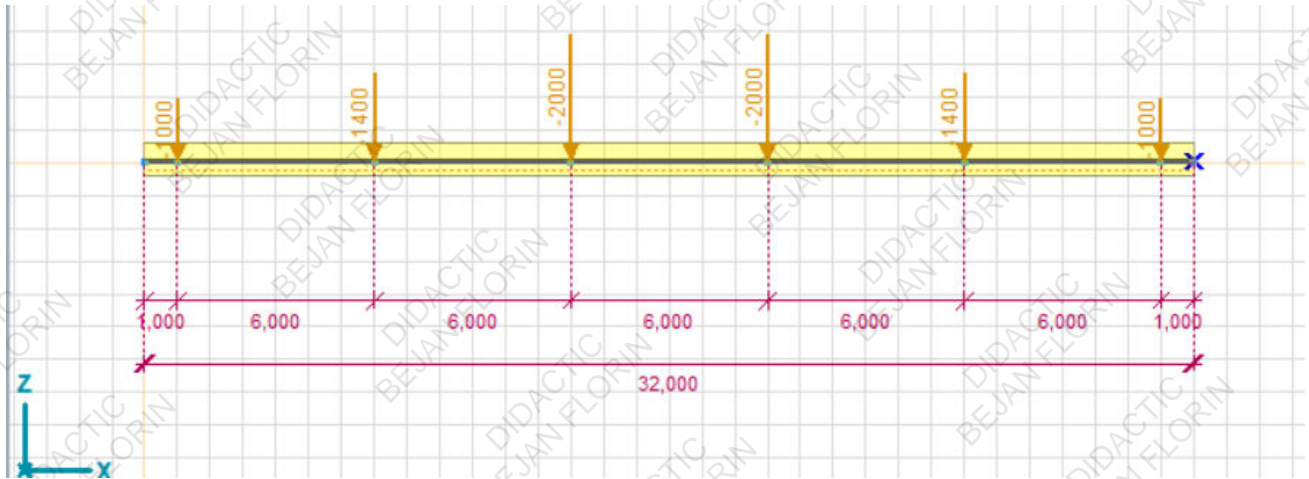
- (1) Definirea materialului



- (2) Definirea secțiunii



(3) Definirea geometriei și a încărcărilor



(4) Definirea reazemului elastic

$$K_z = k_s \cdot B = 10000 \cdot 1,50 = 15000 \text{ kN/m/m}$$

Reazeme lineare

×

Definire Modificare

Directie
 Global
 Relativa la bara/nervura
 Relativa la muchie
 Dupa referinta

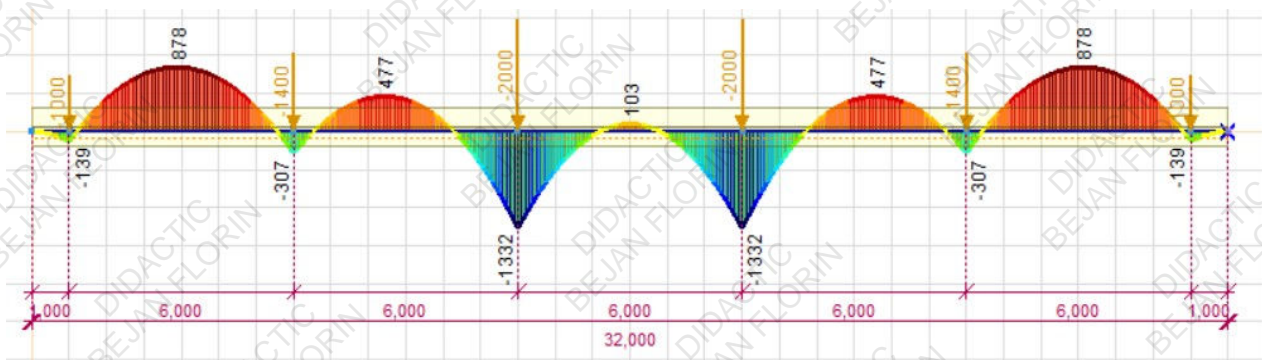
Caracteristici neliniare

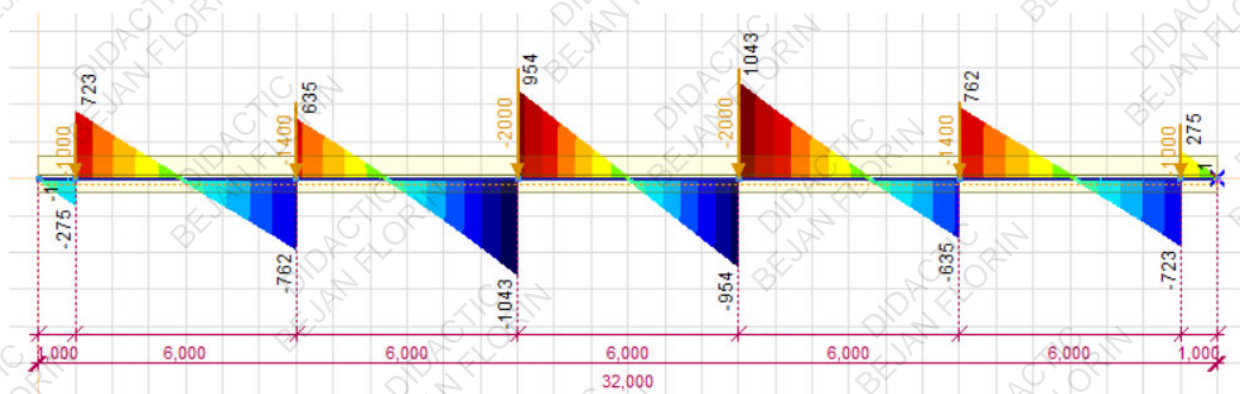
K_x [kN/m/m] = 0
 K_y [kN/m/m] = 0
 K_z [kN/m/m] = 1,5E+4

Preluare >> OK Renunta

(5) Calculul static

(6) Rezultatele





Calculul grinzii de fundare la încovoiere

(1) Materiale

- Clasa de expunere: XC2
- Clasa structurală: S4
- Beton C20/25
 - $f_k = 20 \text{ MPa}$
- Armare longitudinală
 - $f_{y,k} = 500 \text{ MPa}$
- Acoperire cu beton
 - $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

(2) Geometria secțiunii transversale

- Înălțimea secțiunii transversale
 - $h = 100 \text{ mm}$
- Înălțimea utilă a secțiunii
 - $H_0 = 970 \text{ mm}$
- Lățimea secțiunii transversale
 - $b = 600 \text{ mm}$
- Grosimea tălpii
 - $H_t = 500 \text{ mm}$
- Lățimea tălpii
 - $B = 1500 \text{ mm}$

(3) Armarea la partea superioară pe prima deschidere

- Momentul maxim pe prima deschidere
 - $M_{Ed} = 878 \text{ kNm}$
- Aria de armare necesară
 - $\mu = 0,119$
 - $\omega = 0,127$
 - $A_{as} = 2246 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{min} = 0,2\%$
- Armarea efectivă: **4Ø28**
 - $A_{as,ef} = 2463 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{ef} = 0,42\%$

(4) Armarea la partea superioară pe a doua deschidere

- Momentul maxim pe a doua deschidere
 - $M_{Ed} = 477 \text{ kNm}$
- Aria de armare necesară
 - $\mu = 0,065$
 - $\omega = 0,067$
 - $A_{as} = 1182 \text{ mm}^2$

$$\rho_{min} = 0,2 \%$$

- Armarea efectivă: **4Ø20**

$$A_{as,ef} = 1257 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ef} = 0,22 \%$$

(5) Armarea la partea superioară pe a treia deschidere

- Momentul maxim pe a treia deschidere
 - $M_{Ed} = 103 \text{ kNm}$
- Aria de armare necesară
 - $\mu = 0,014$
 - $\omega = 0,014$
 - $A_{as} = 249 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{min} = 0,2 \%$
- Armarea efectivă: **4Ø20**
 - $A_{as,ef} = 1257 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{ef} = 0,22 \%$

(6) Armarea la partea inferioară pe primul reazem

- Momentul maxim pe primul reazem
 - $M_{Ed} = 139 \text{ kNm}$
- Aria de armare necesară
 - $\mu = 0,019$
 - $\omega = 0,019$
 - $A_{as} = 338 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{min} = 0,2 \%$
- Armarea efectivă: **4Ø20**
 - $A_{as,ef} = 1257 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{ef} = 0,22 \%$

(7) Armarea la partea inferioară pe al doilea reazem

- Momentul maxim pe primul reazem
 - $M_{Ed} = 307 \text{ kNm}$
- Aria de armare necesară
 - $\mu = 0,042$
 - $\omega = 0,043$
 - $A_{as} = 752 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{min} = 0,2 \%$
- Armarea efectivă: **4Ø20**
 - $A_{as,ef} = 1257 \text{ mm}^2$
 - $\rho_{ef} = 0,22 \%$

(8) Armarea la partea inferioară pe al treilea reazem

- Momentul maxim pe primul reazem

$$M_{Ed} = 1333 \text{ kNm}$$

- Aria de armare necesară

$$\mu = 0,183$$

$$\omega = 0,203$$

$$A_{as} = 3550 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = 0,2 \%$$

- Armarea efectivă: **4Ø20+4Ø28**

$$A_{as,ef} = 3720 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ef} = 0,65 \%$$

Calculul grinzii la forfecare

(1) Materiale

- Beton C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$$

- Coeficientul de reducere a rezistenței betonului fisurat la forfecare

$$v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{cd}}{250}\right) = 0,616$$

- Coeficientul care ține seama de starea de efort în fibra comprimată

$$\alpha_{cw} = 1$$

- Etrieri: B500

$$f_{ymk} = 255 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$$

(2) Geometrie

- Înălțimea secțiunii transversale

$$h = 1000 \text{ mm}$$

- Lățimea secțiunii transversale

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

- Acoperire cu beton

$$c_{nom} = 50 \text{ mm}$$

- Înălțimea utilă a secțiunii de beton

$$h_0 = 930 \text{ mm}$$

- Brațul de pârghie al forțelor interne

$$z = 0,9 \cdot h_0 = 837 \text{ mm}$$

(3) Armarea minimă

- Coeficientul minim de armare

$$\rho_{w,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,001 \\ 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \end{array} \right.$$

$$\rho_{w,min} = \max(0,001; 0,00072) = 0,001$$

- Tip etrieri: etrieri dubli închiși

- Distanța maximă dintre etrieri: 300 mm

- Distanța minimă dintre etrieri: 50 mm

(4) Armarea în câmp

- Armarea constructivă: **2Ø8/300**

$$A_{sw} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = 201 \text{ mm}^2$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} \cdot 1000 = \frac{201}{300 \cdot 600} = 1,177\%$$

(5) Armare în reazemul 1

- Forța tăietoare

$$V_{Ed} = 724 \text{ kN}$$

- Unghiul între biela comprimată și axul grinzii perpendicular pe direcția forței tăietoare

$$\theta = \frac{1}{2} \cdot \arcsin \frac{2V_{Ed}}{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z} = 7,90^\circ$$

$$\theta < 21,8^\circ < 45^\circ$$

- Armături: **2Ø8**

- Distanța dintre etrieri

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$s = \frac{201}{724000} \cdot 837 \cdot \cot(21,8^\circ) = 255 \text{ mm}$$

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

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} \cdot 1000 = \frac{201}{250 \cdot 600} = 1,340\%$$

(6) Armare în reazemul 2

- Forța tăietoare

$$V_{Ed} = 764 \text{ kN}$$

- Unghiul între biela comprimată și axul grinzii perpendicular pe direcția forței tăietoare

$$\theta = \frac{1}{2} \cdot \arcsin \frac{2V_{Ed}}{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z} = 8,35^\circ$$

$$\theta < 21,8^\circ < 45^\circ$$

- Armături: **2Ø8**

- Distanța dintre etrieri

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$s = \frac{201}{724000} \cdot 837 \cdot \cot(21,8^\circ) = 242 \text{ mm}$$

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

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} \cdot 1000 = \frac{201}{200 \cdot 600} = 1,675\%$$

(7) Armare în reazemul 3

- Forța tăietoare

$$V_{Ed} = 1044 \text{ kN}$$

- Unghiul între biela comprimată și axul grinzii perpendicular pe direcția forței tăietoare

$$\theta = \frac{1}{2} \cdot \arcsin \frac{2V_{Ed}}{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z} = 11,56^\circ$$

$$\theta < 21,8^\circ < 45^\circ$$

- Armături: **2Ø8**

- Distanța dintre etrieri

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$s = \frac{201}{1044000} \cdot 837 \cdot \cot(21,8^\circ) = 177 \text{ mm}$$

$$s_{ef} = 150 \text{ mm}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} \cdot 1000 = \frac{201}{150 \cdot 600} = 2,233\%$$