

Structuri de Beton Armat și Precomprimat

Proiect - IV CCIA

Elaborat de:

Ș.I.dr.ing. Sorin-Codruț FLORUȚ

Conf.dr.ing. Tamás NAGY-GYÖRGY

2014-2015

Cuprins

- » I. Generalități
- » II. Concepția / alcătuirea preliminară a structurii de rezistență
- » III. Acțiuni
- » IV. Modelarea comportării structurale
- » V. Cerințe esențiale de verificare a elementelor din proiect
- » VI. Dimensionarea și alcătuirea grinzilor
- » **VII. Dimensionarea și alcătuirea stâlpilor**
- » VIII. Dimensionarea și alcătuirea nodului

Pentru dimensionarea secțiunii de beton și de armătură, **condiția de bază este ca stâlpii să se comporte ductil**. În acest scop, dimensiunile secțiunii transversale trebuie astfel alese, încât **să fie respectată condiția de limitare a valorii relative a forței axiale**:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} < v_{adm} = 0,45 \text{ - structuri proiectate cf. clasă ductilitate DCH}$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} < v_{adm} = 0,50 \text{ - structuri proiectate cf. clasă ductilitate DCM}$$

1. Calculul armăturilor longitudinale

- Se alege varianta de armare simetrică, care este de preferat atât din motive tehnologice, cât și datorită solicitării alternante a stâlpilor sub acțiunea seismului.
- Dimensionarea secțiunii de beton și de armătură se face la compresiune excentrică oblică, sub efectul valorilor $M_x - M_y - N_z$ provenind din aceeași grupare de încărcări.
- **Se poate efectua dimensionarea ariilor de armătură A_{sc} (s→steel, c→column) pentru compresiune excentrică dreaptă în planurile principale ale cadrului spațial; cu ariile rezultate din acest calcul se face verificarea la compresiune excentrică oblică.**
- Verificarea capacității portante la compresiune excentrică oblică a unei secțiuni de beton armat, cu ariile de armătură cunoscute se poate face **cu ajutorul programului automat** de calcul utilizat.

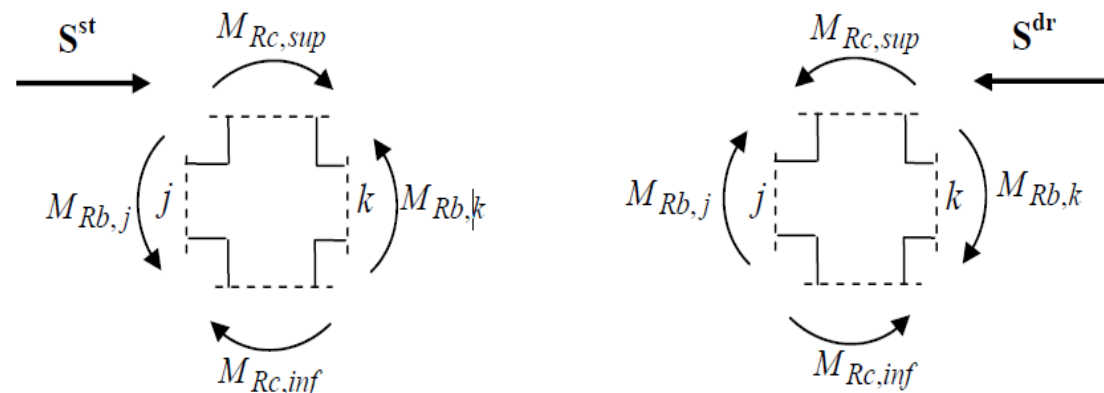
1. Calculul armăturilor longitudinale

Momentul încovoietor de proiectare \Leftrightarrow echilibrul pe nod, ținând seama de regula ierarhizării capacității de rezistență

$$\Sigma M_{Rc} \geq \gamma_{Rd} \Sigma M_{Rb}$$

în care:

- ΣM_{Rc} - suma momentelor capabile de proiectare ale stâlpilor; se consideră valorile minime, corespunzătoare variației posibile a forțelor axiale în combinația seismică de proiectare (Modal)
- ΣM_{Rb} - suma momentelor capabile de proiectare ale grinzilor care intră în nod
- γ_{Rd} - factorul de suparezistență datorat efectului de consolidare al oțelului:
- = 1,3 - pentru structuri încadrate în clasa de ductilitate înaltă (**DCH**)
 - = 1,2 - pentru restul nivelurilor (**DCH**)
 - = 1,2 - pentru structuri încadrate în clasa de ductilitate medie (**DCM**).



1. Calculul armăturilor longitudinale

Momentul încovoietor de proiectare \Leftrightarrow echilibrul pe nod, ținând seama de regula ierarhizării capacității de rezistență

$$\Sigma M_{Rc} \geq \gamma_{Rd} \Sigma M_{Rb}$$

Practic:

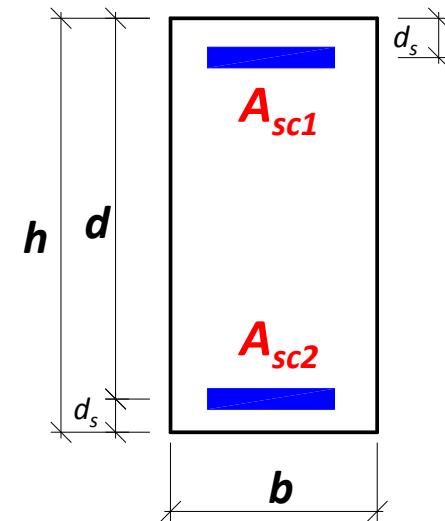
$$M_{Ed,c} = \max \left(\frac{\gamma_{Rd} \Sigma M_{Rb}}{2}; M_{Ed,static} \right) \quad \text{pentru } \theta \leq 0,1$$

$$M_{Ed,c} = \frac{1}{1-\theta} \cdot \max \left(\frac{\gamma_{Rd} \Sigma M_{Rb}}{2}; M_{Ed,static} \right) \quad \text{pentru } 0,1 \leq \theta \leq 0,2$$

1. Calculul armăturilor longitudinale $A_{s,total} = A_{sc1} + A_{sc2}$

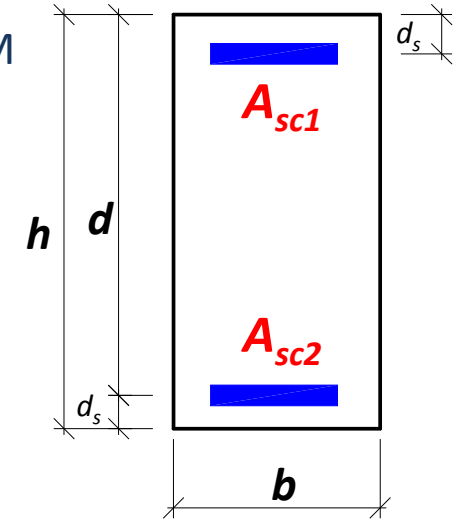
Se calculează

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

(armare simetrică $A_{sc1} = A_{sc2}$)Dacă $v_d > v_{admis} \Rightarrow$ **REDIMENSIONAREA SECȚIUNII ($h / b / f_{cd}$)**

1. Calculul armăturilor longitudinale $A_{s,total} = A_{sc1} + A_{sc2}$ ($A_{sc1} = A_{sc2}$)

Dacă $\nu_d \leq 0,45$ - structuri proiectate cf. clasă ductilitate DCH
 $\leq 0,50$ - structuri proiectate cf. clasă ductilitate DCM



Se calculează $x = \frac{N_{Ed}}{0,8bf_{cd}}$ și $\xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s}$

Dacă $x \geq x_{min} = \xi_2 d_s \Rightarrow A_{s,total} = \frac{M_{Ed,c} - N_{Ed}(0,5h - 0,4x)}{f_{yd}(0,5h - d_s)}$

Dacă $x < x_{min} = \xi_2 d_s \Rightarrow A_{s,total} = \frac{M_{Ed,c} - N_{Ed}(0,5h - d_s)}{f_{yd}(0,5h - d_s)}$

Unde N_{Ed} se va considera forța axială din combinația "Modal".

2. Prevederi constructive pentru stâlpi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
a. Asigurarea cerințelor de ductilitate locală	
$\nu_d = N_{Ed}/A_c f_{cd} \leq 0,45$	$\nu_d = N_{Ed}/A_c f_{cd} \leq 0,50$
b. Condiții pentru armăturile longitudinale	
b1. Coeficientul de armare longitudinală totală $\rho = A_{s,total}/bh$ va fi:	
$0,01 \leq \rho \leq 0,04$	$0,008 \leq \rho \leq 0,04$
b2. Între armăturile din colțuri se va prevedea, pe fiecare latură, cel puțin câte o bară intermediară.	

2. Prevederi constructive pentru stâlpi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
c. Condiții privind zonele critice	
c1. Zonele de la extremitățile stâlpilor se vor considera zone critice pe o distanță l_{cr} :	Se consideră zone critice secțiunile de la baza stâlpilor de la fiecare nivel.
➤ <i>la baza stâlpilor de la fiecare etaj:</i>	$l_{cr} = \max(h_c ; l_{cl}/6 ; 450 \text{ mm})$
$l_{cr} = \max(1,5h_c ; l_{cl}/6 ; 600 \text{ mm})$	
➤ pentru restul zonelor critice ale stâlpilor:	
$l_{cr} = \max(h_c ; l_{cl}/6 ; 600 \text{ mm})$	
unde h_c este cea mai mare dimensiune a secțiunii stâlpului, iar l_{cl} este înălțimea liberă	
c2. Dacă $l_{cl}/h_{cl} < 3$ (stâlp scurt), întreaga lungime a stâlpului se consideră zona critică și se va arma în consecință!	

2. Prevederi constructive pentru stâlpi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
d. Condiții pentru etrieri	
d1. În interiorul zonelor critice se prevăd etrieri și agrafe , pentru ductilitate și împiedicarea flambajului local al barelor longitudinale. Modul de dispunere a armăturii transversale va fi astfel încât să se realizeze o stare de solicitare triaxială eficientă.	
d2. Armare transversală minimă cu etrieri va fi cea mai severă dintre condițiile:	
➤ în zona critică de la baza stâlpilor, la primul nivel:	
$\rho_{w,min} = \frac{A_{sw}}{b_0 \cdot s} = \mathbf{0,005}$	$\rho_{w,min} = \frac{A_{sw}}{b_0 \cdot s} = \mathbf{0,0035}$
$\omega_{wd,min} = \frac{n_b A_s b_0 + n_h A_s h_0}{s \cdot b_0 \cdot h_0} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \mathbf{0,12}$	$\omega_{wd,min} = \frac{n_b A_s b_0 + n_h A_s h_0}{s \cdot b_0 \cdot h_0} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \mathbf{0,08}$
Unde b_0, h_0 - dimensiunile secțiunii transversale a miezului confinat n_b, n_h - numărul ramurilor etrierilor în direcția considerată	

2. Prevederi constructive pentru stâlpi

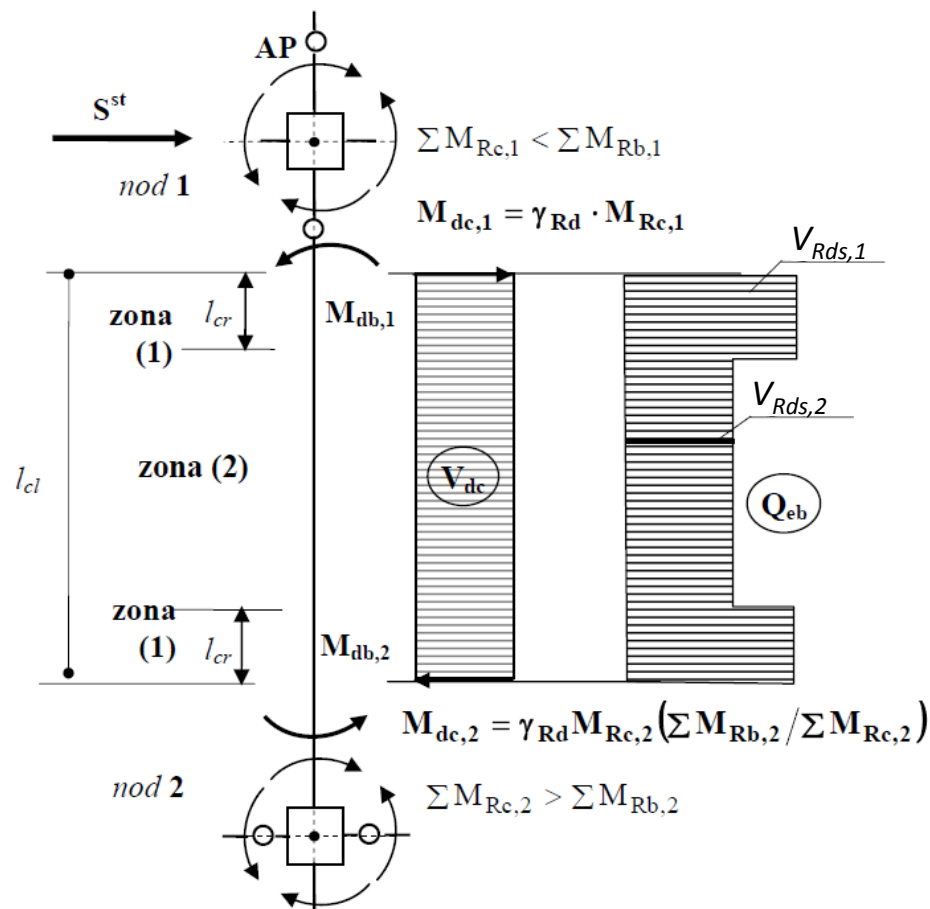
Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
d. Condiții pentru etrieri	
d2. Armare transversală minimă cu etrieri va fi cea mai severă dintre condițiile:	
➤ în restul zonelor critice	
$\rho_{w,min} = 0,0035$	$\rho_{w,min} = 0,0025$
$\omega_{wd,min} = 0,08$	$\omega_{wd,min} = 0,06$
d3. Distanța s dintre etrieri în zonele critice nu va depăși :	
➤ la baza stâlpilor, la primul nivel:	$s \leq \min(b_0/2 ; 175 \text{ mm} ; 8d_{bL})$
$s \leq \min(b_0/3 ; 125 \text{ mm} ; 6d_{bL})$	
➤ în restul zonelor critice	
$s \leq \min(b_0/3 ; 125 \text{ mm} ; 7d_{bL})$	
în care b_0 este latura minimă a secțiunii utile (situată la interiorul etrierului perimetral), iar d_{bL} este diametrul minim al barelor longitudinale;	

2. Prevederi constructive pentru stâlpi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
d. Condiții pentru etrieri	
d4. Distanța în secțiune dintre barele consecutive aflate la colțul unui etrier sau prinse de agrafe nu va fi mai mare de:	
200 mm	250 mm
d5. În afara zonelor critice se va prevedea o cantitate de armătură transversală cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.	
d6. La baza stâlpilor se vor prevedea etrieri îndesiți pe o lungime de $1,5 l_{cr}$:	
➤ la primele două niveluri ale clădirilor cu $n \geq 5$ niveluri	
➤ la primul nivel, dacă $n < 5$ niveluri.	

3. Dimensionarea la forțe tăietoare

Forțele tăietoare de proiectare în stâlpi V_{dc} se determină din echilibrul stâlpului pe fiecare nivel, când la extremități se consideră momentele capabile ce corespund formării articulațiilor plastice care apar în grinzile sau în stâlpii conectați în nod.



$$M_{dc,i} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min \left(1; \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right)$$

3. Dimensionarea la forțe tăietoare

Diagrama de forțe tăietoare se determină pentru fiecare sens de acțiune a seismului. **Momentele capabile de calcul M_{dc}** de la extremitățile nivelului se determină cu relația:

$$M_{dc,i} = \gamma_{Rd} \cdot M_{RC,i} \cdot \min \left(1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{RC}} \right)$$

unde

$M_{RC,i}$ - valoarea de proiectare a momentului capabil la extremitatea i corespunzătoare sensului considerat al seismului;

ΣM_{Rb} - valoarea momentelor capabile de la capetele grinzilor;

ΣM_{RC} - valoarea momentelor capabile de la capetele stâlpilor, stabilite pe baza valorilor forțelor axiale din situația corespunzătoare sensului considerat al acțiunii seismice (Modal);

γ_{Rd} - factor care introduce efectul consolidării oțelului și a fretării betonului în zonele comprimate

= 1,3 pentru nivelul de la bază DCH

= 1,2 pentru restul nivelurilor DCH;

= 1,0 , toate nivelurile DCM

CALCULUL MOMENTELOR ÎNCOVOIETOARE CAPABILE ÎN STÂLPI

Se calculează $x = \frac{N_{Ed}}{0,8bf_{cd}}$ și $\xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s}$

Dacă $x \geq x_{min} = \xi_2 d_s \Rightarrow$

$$M_{Rc} = N_{Ed}(0,5h - 0,4x) + A_{s,total} \cdot f_{yd}(0,5h - d_s)$$

Dacă $x < x_{min} = \xi_2 d_s \Rightarrow$

$$M_{Rc} = (N_{Ed} + A_{s,total} \cdot f_{yd})(0,5h - d_s)$$

Unde N_{Ed} se va considera forța axială din combinația "Modal".

3. Dimensionarea la forțe tăietoare

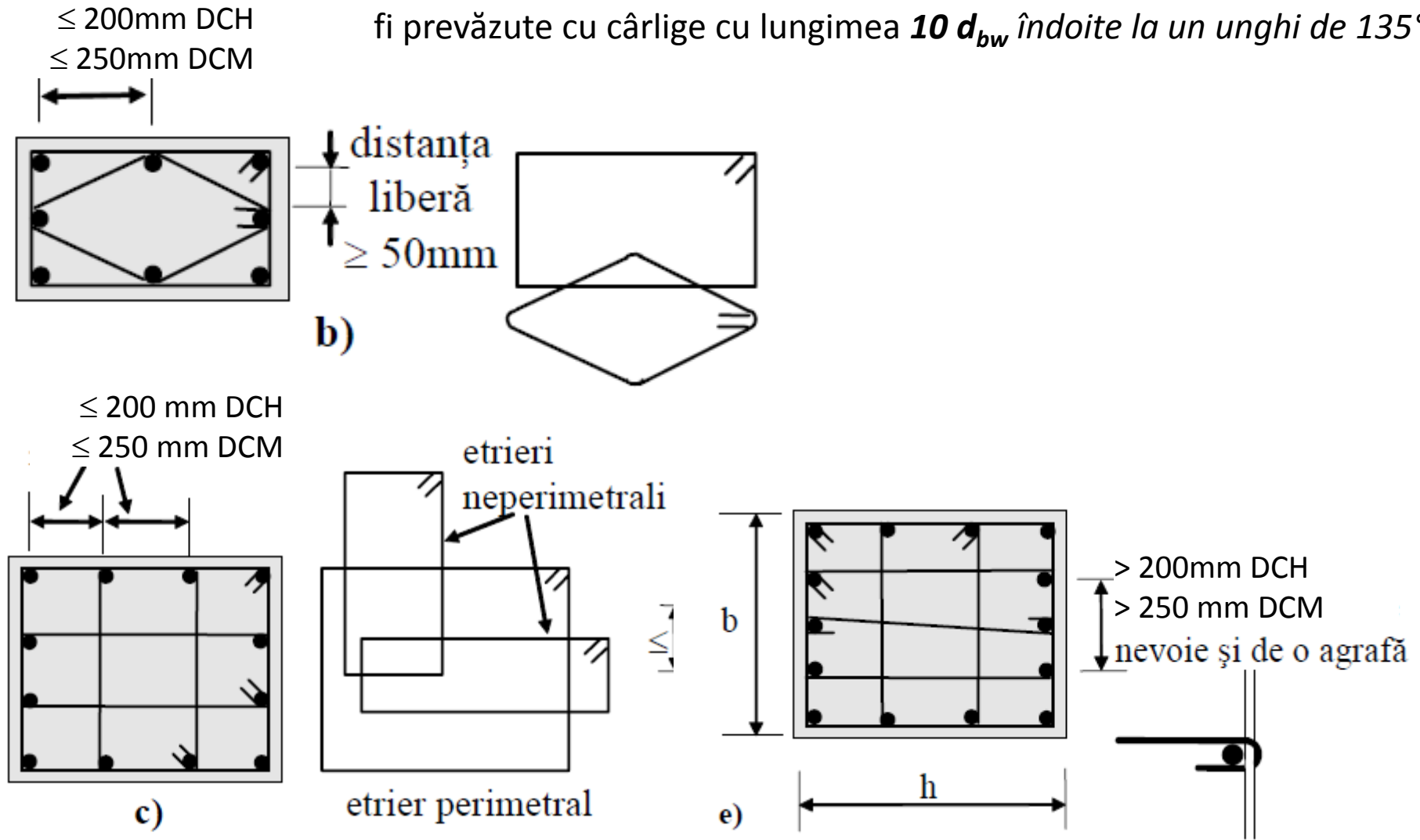
Pentru fiecare nivel a stâlpului, se calculează valoarea forței tăietoare de proiectare (V_{dc}) corespunzând valorilor momentelor capabile pozitive și negative $M_{dc,i}$, care se dezvoltă la cele două extremități $i = 1$ și $i = 2$ ale stâlpului

$$V_{dc} = \frac{|M_{dc,1}| + |M_{dc,2}|}{l_{cl}}$$

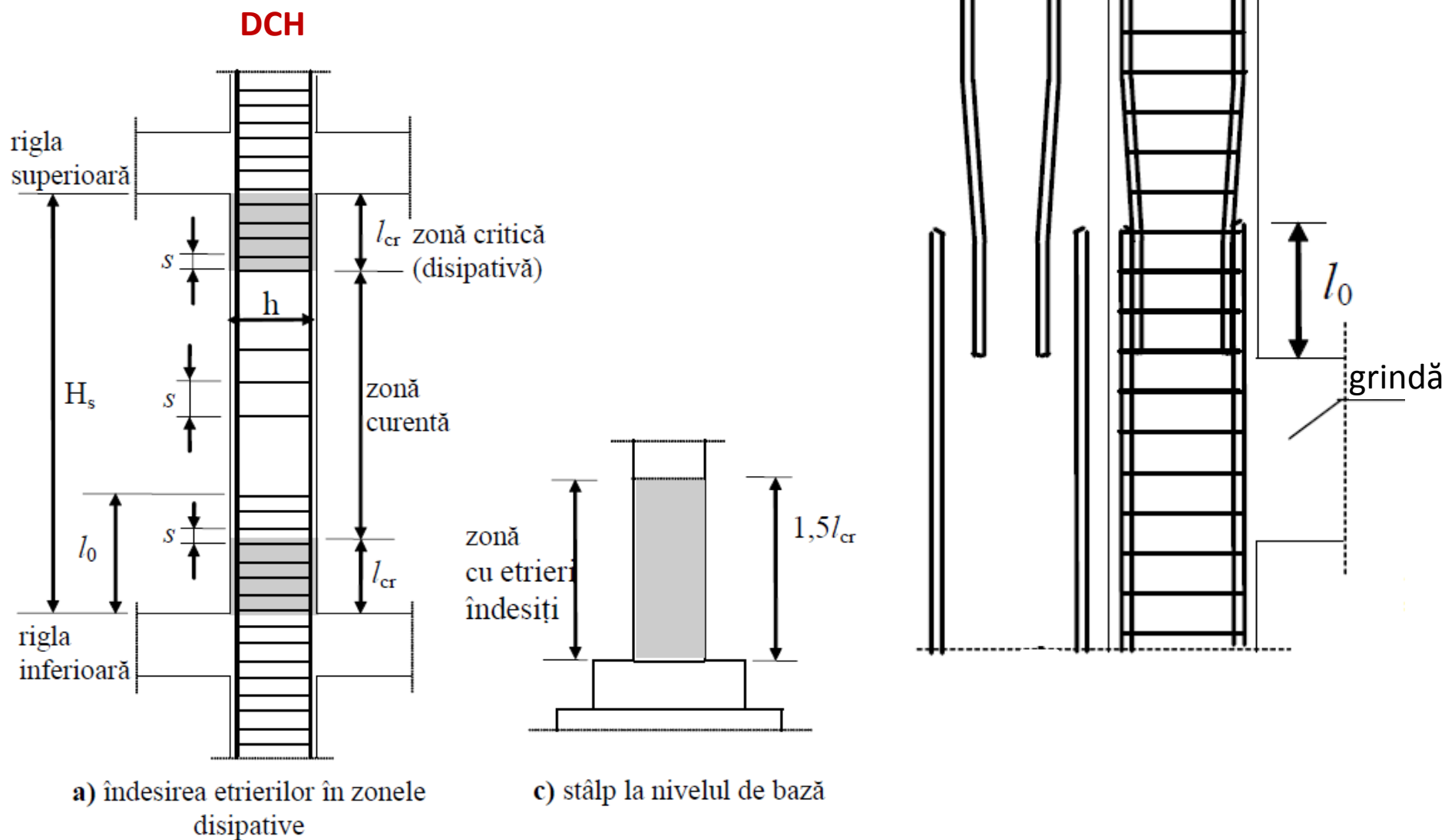
Calculul la forță tăietoare a stâlpilor se face cu aceleași relații ca și pentru elementele solicitate la încovoiere (grinzi), ținând seama de influența favorabilă a efortului axial de compresiune asupra capacității portante la tăiere a elementului.

4. Moduri de armare a secțiunii transversale la stâlpii

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

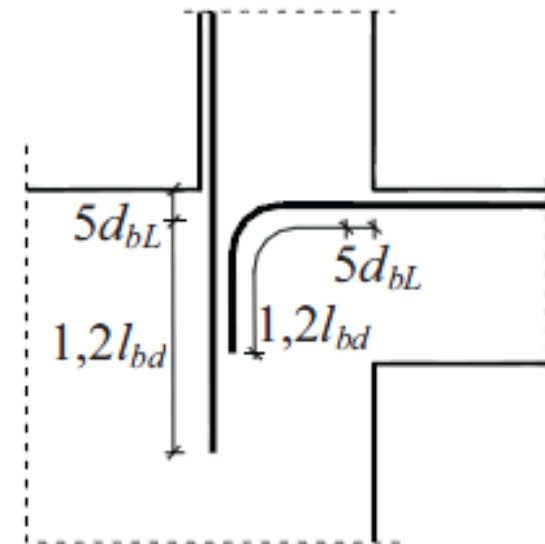


4. Moduri de armare a stâlpilor



5. Ancoraje și înnădiri

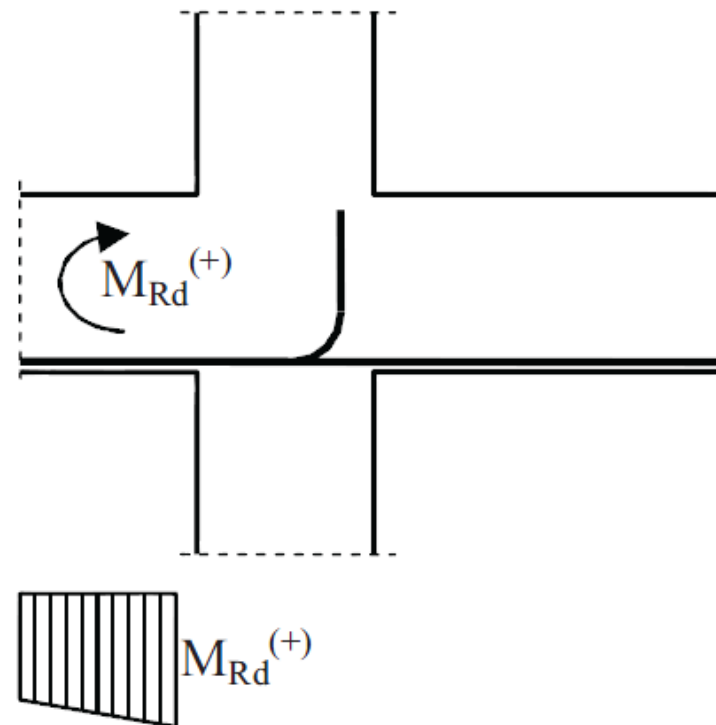
- **Ancorarea armăturilor se va realiza în afara zonelor critice!**
- De regulă, și **înnădirea armăturilor se recomandă** să se realizeze în afara zonelor critice
- Ancorarea armăturilor din zonele critice ale grinzilor și stâlpilor din structurile proiectate pentru **DCH** se măsoară de la o secțiune situată la **$5d_{bL}$** de la fața elementului în care se realizează ancorarea, în interiorul acestuia



- Lungimile de ancorare vor fi cu **20% mai mari** decât cele determinate conform SR EN 1992-1-1.

5. Ancoraje și înnădiri

- În situația în care zona critică sub momente pozitive se formează la fața nodului, **armăturile de la partea inferioară se ancorează în nod, la interiorul carcanei de armături a stâlpilor**, sau se întrerup în deschiderea vecină, dincolo de marginile zonei critice, într-o zonă cu valori mici ale eforturilor de proiectare.



5. Ancoraje și înnădiri

- **În zonele critice unde se așteaptă deformații plastice semnificative, nu sunt admise înnădiri prin suprapunere.** În restul zonelor critice înnădirea prin suprapunere se recomandă să fie evitată.
- **În zonele critice nu sunt admise îmbinări prin suprapuneri sudate!**
- Înnădirea se poate realiza prin dispozitive de cuplare mecanice validate prin încercări efectuate în condiții compatibile cu clasa de ductilitate selectată.
- În cazul în care la armarea stâlpilor se aplică înnădiri prin suprapunerea barelor de armătură în zona critică de la partea inferioară a unui nivel, lungimea de înnădire se determină cu relația:

$$l_0 = 2\sqrt{A'_s/A_s}l_{bd} \leq 1.5l_{bd}$$

Unde

A'_s/A_s proporția armăturilor care se înnădesc în secțiune

5. Ancoraje și înnădiri

- Distanța s dintre armăturile transversale în zone de suprapunere va fi cel mult:

$$s = \min(h_c/4 ; 100 \text{ mm})$$

- Aria A_{st} a secțiunii unei ramuri a armăturii transversale în zona de înnădire va fi cel puțin:

$$A_{st} = s \frac{d_{bL}}{50} \frac{f_{yd}}{f_{ywd}}$$

6. Efecte locale datorate interacțiunii cu pereții de umplură

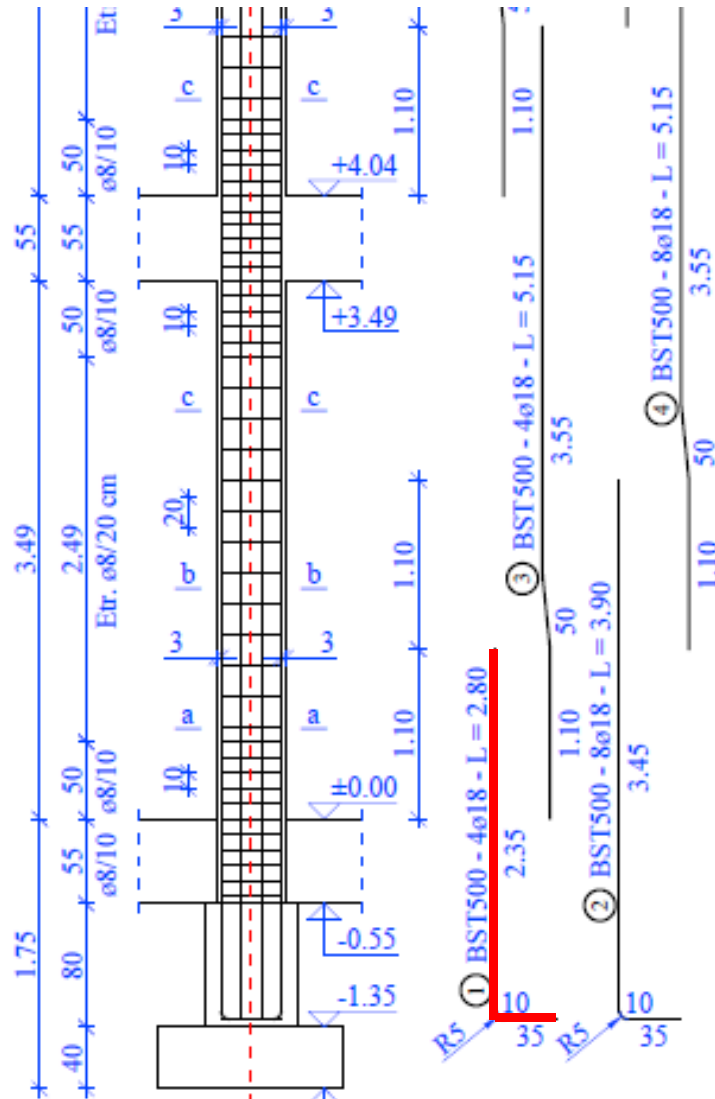
➤ Pentru a ține seama de incertitudinile legate de efectele interacțiunii structură - panou de umplură se vor considera zone critice:

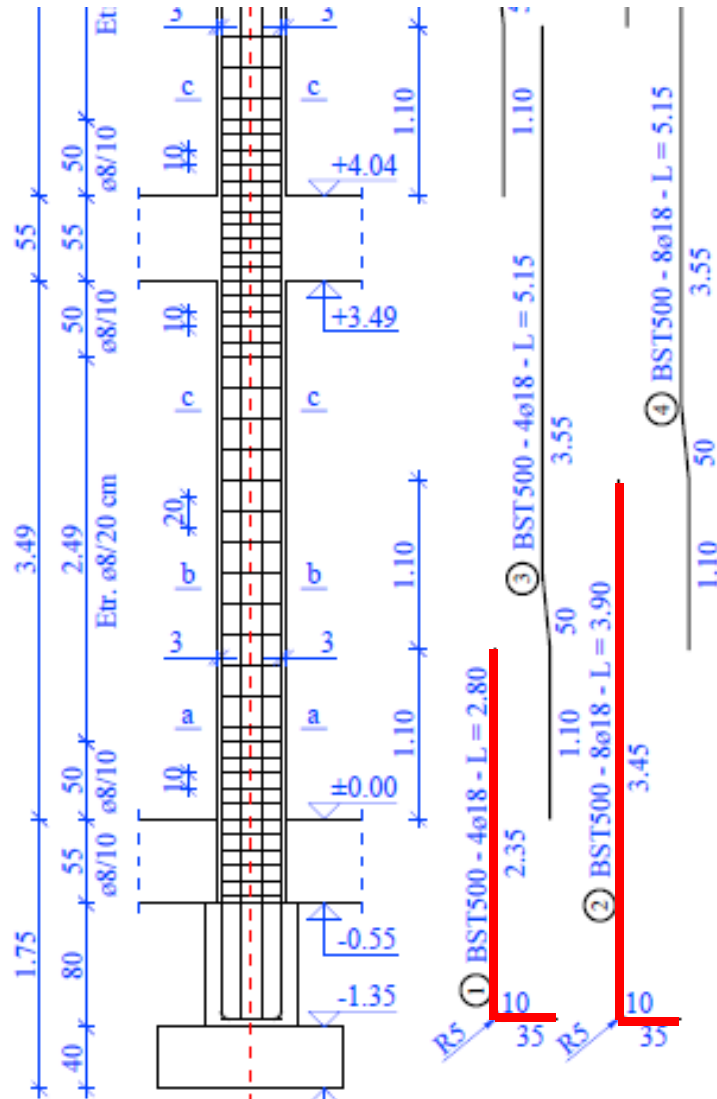
a) ambele extremități ale stâlpilor în contact cu panourile de zidărie.

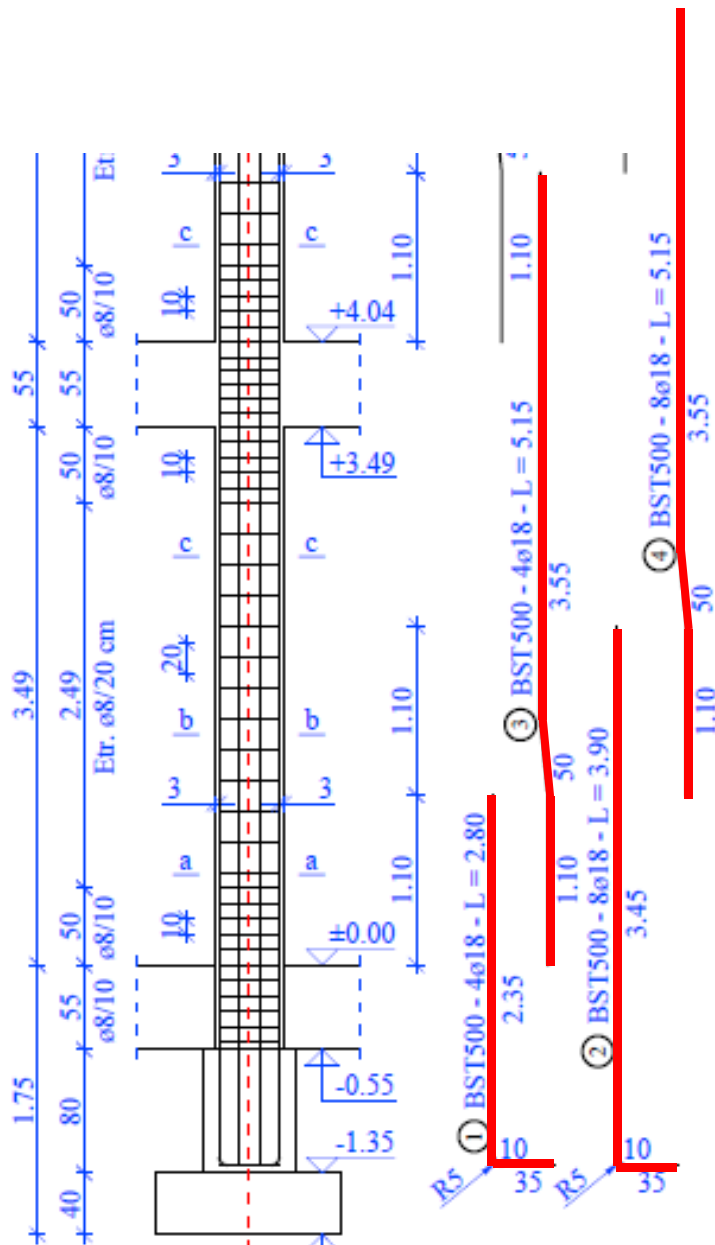
b) întreaga lungime a stâlpilor de la primul nivel;

c) întreaga lungime a stâlpilor, în cazul în care panoul este prevăzut cu un gol de fereastră sau de ușă, adiacent stâlpului;

d) întreaga lungime a stâlpilor, când pereții de umplură sunt dispuși numai pe o parte a stâlpilor.







$$l_0 = 2\sqrt{A'_S/A_S} l_{bd} \leq 1.5l_{bd} \quad (5.48)$$

$$l_{bd} = 0.25 \frac{f_{yd}}{f_{bd}} d_{bL} \quad (C 5.13)$$

Considerând condițiile cele mai severe:

$$l_0 \approx 0.2 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} d_{bL}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c}$$

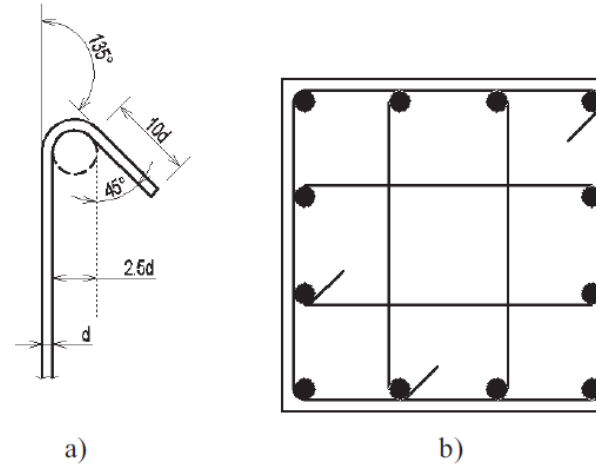
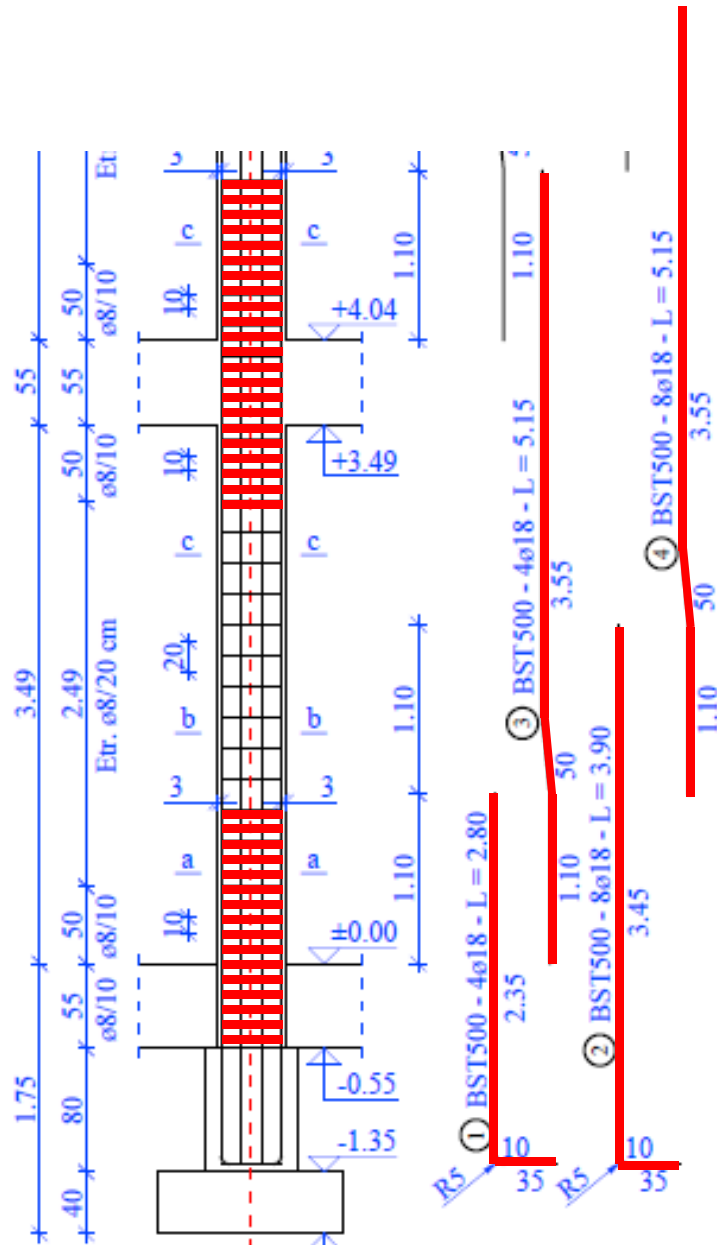


Figura C 5.9.