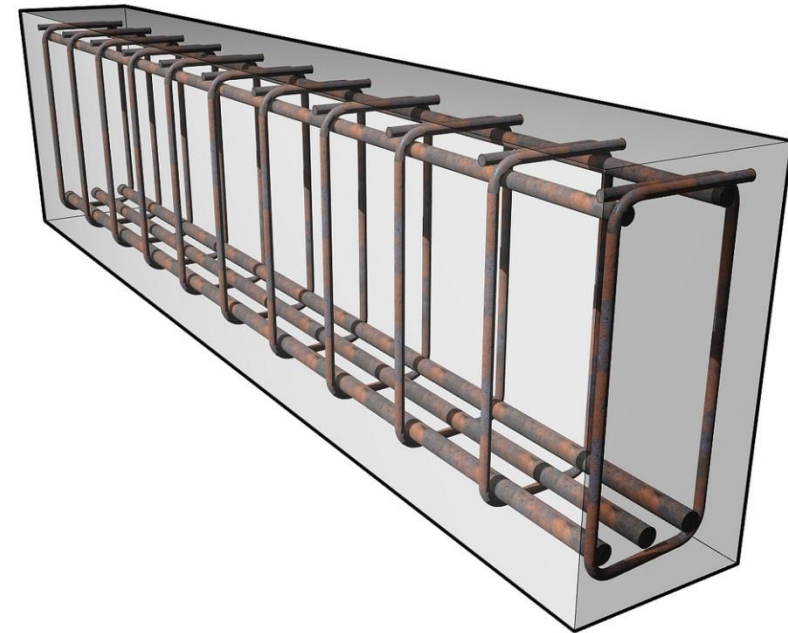


Note de curs



Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás
profesor

E-mail:

tamas.nagy-gyorgy@upt.ro

Tel:

+40 256 403 935

Web:

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

Birou:

A219

8.1 DEFINIȚII

8.2 IPOTEZE DE PROIECTARE

8.3 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ SIMPLU ARMATĂ

8.4 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ DUBLU ARMATĂ

8.5 SECȚIUNEA ÎN FORMĂ DE T SIMPLU ARMATĂ

Definitions / Definiții

Elemente preponderent încovoiate: grinzi și plăci

Grinda: -un element structural solicitat preponderent la încovoiere, dacă forța axială de proiectare (de compresiune sau de întindere; ex. cadre) nu depășește valoarea

$$N_{Ed} \leq 0,10 A_c f_{cd}$$

- un element structural liniar

$$l \geq 3 h$$

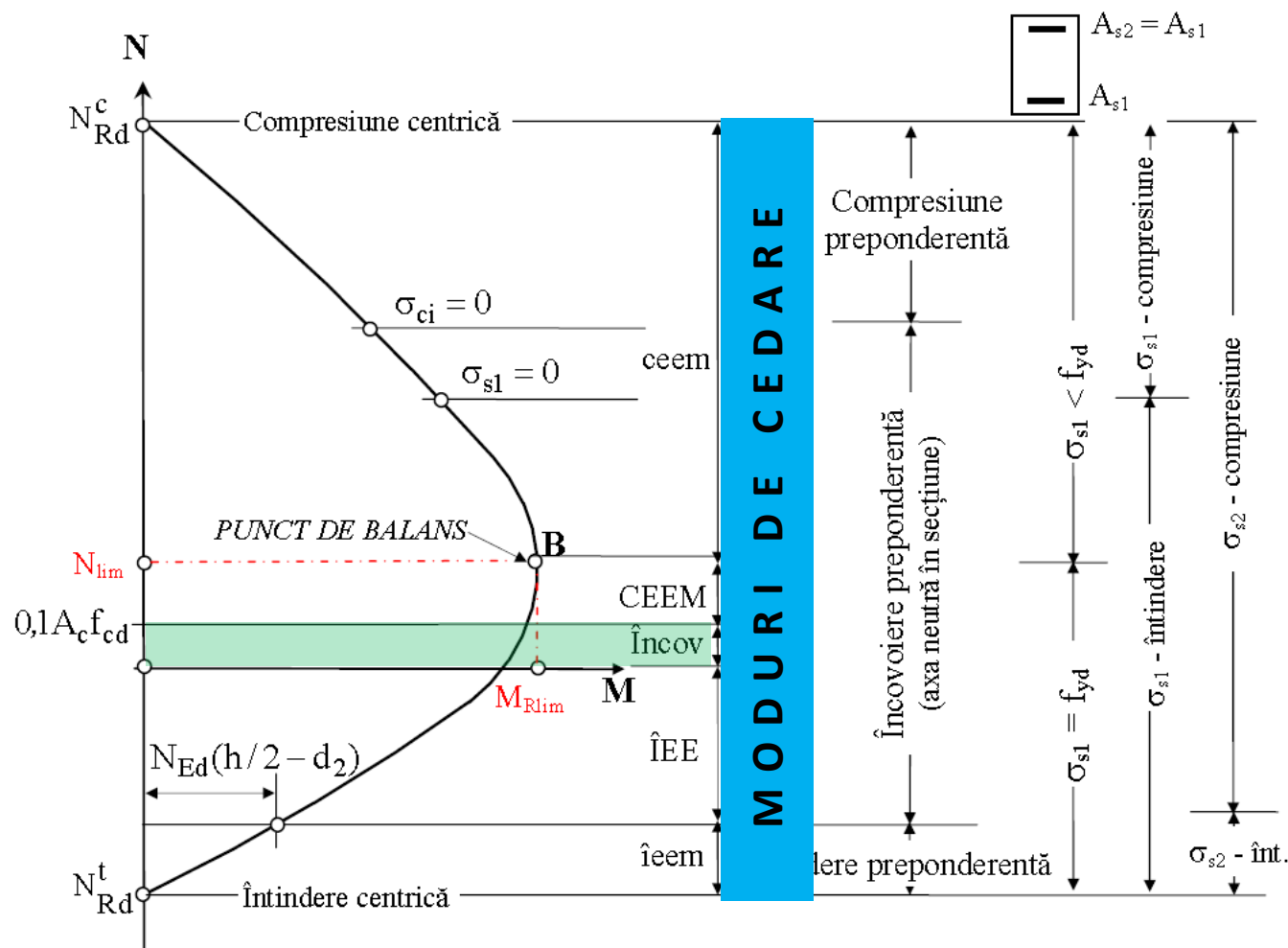
- poate fi solicitat pe lângă **încovoiere** și la forfecare și la torsiune

Placa: - un element structural de suprafață

$$l_{min} \geq 5 h_s$$

Definitions / Definiții

Elemente preponderent încovoiate: grinzi și plăci



8.1 DEFINIȚII

8.2 IPOTEZE DE PROIECTARE

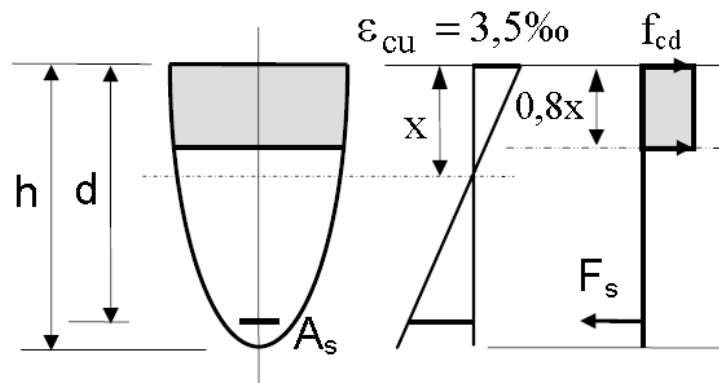
8.3 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ SIMPLU ARMATĂ

8.4 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ DUBLU ARMATĂ

8.5 SECȚIUNEA ÎN FORMĂ DE T SIMPLU ARMATĂ

Design cases / Ipoteze de proiectare

Diagrame pentru calcul

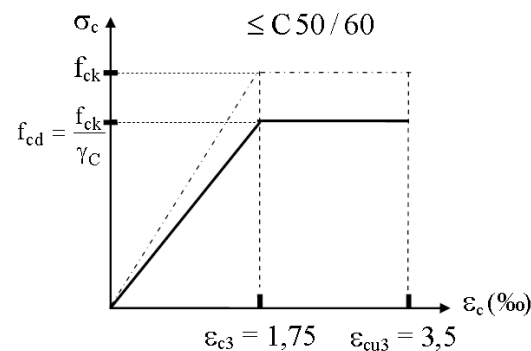


Valorile de calcul sunt:

– pentru betonul comprimat

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{cu3} = 3,5\text{‰} \text{ (bilinar)}$$

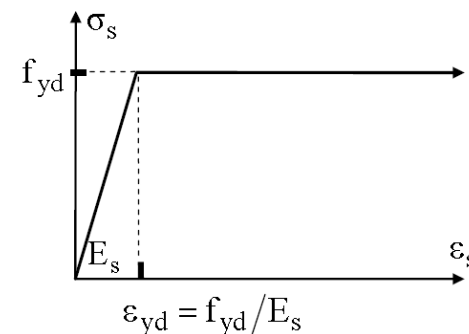
$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$



– pentru armătura întinsă

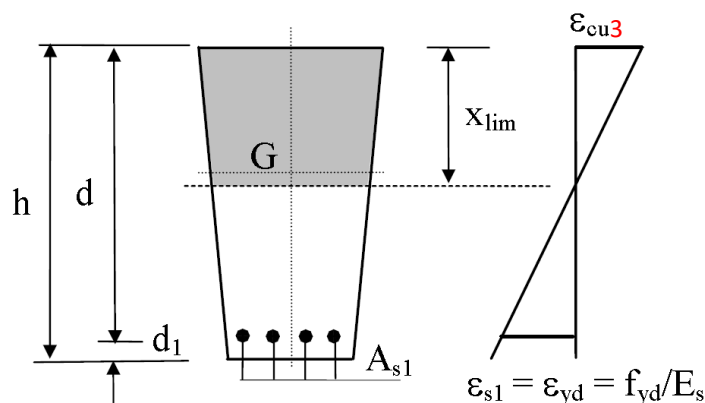
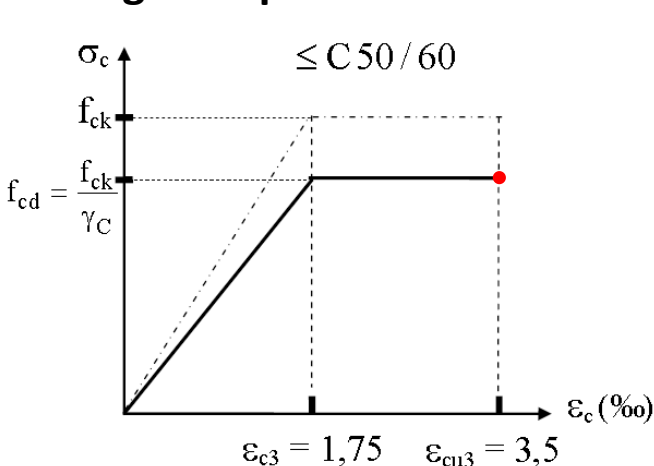
$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad \text{dacă} \quad \varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\sigma_s = \varepsilon_s E_s \quad \text{dacă} \quad \varepsilon_s < \varepsilon_{yd}$$



Design cases / Ipoteze de proiectare

Diagrame pentru calcul



$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x_{lim}} = \frac{\varepsilon_{yd}}{d - x_{lim}} \Rightarrow x_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} d \Leftrightarrow x_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + f_{yd}/E_s} d$$

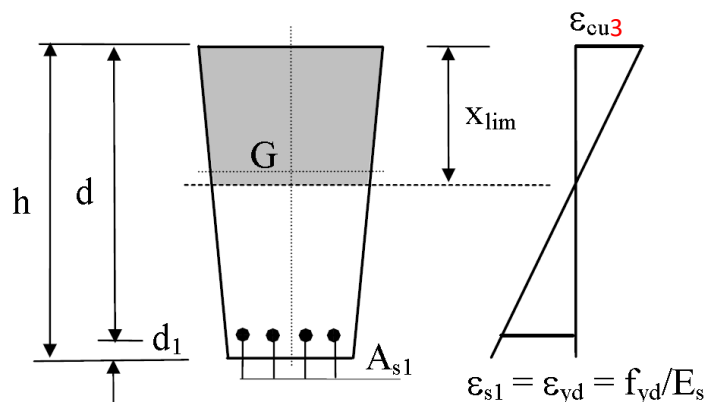
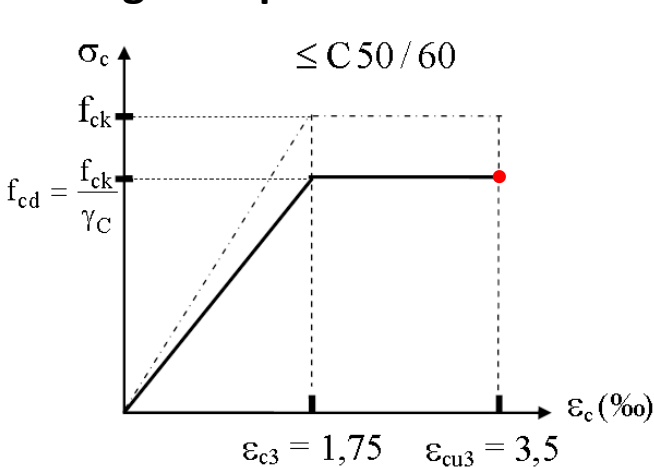
$$\xi_{lim} = \frac{x_{lim}}{d} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + f_{yd}/E_s}$$

Înălțimea relativă a zonei comprimate:

$$\xi_{lim} = \frac{3.5}{3.5 + 1000 f_{yd}/E_s}$$

Design cases / Ipoteze de proiectare

Diagrame pentru calcul



PC52 $f_{yk} = 345 \text{ N/mm}^2$

$$\xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + f_{yd} / E_s} = ?$$

S500 $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$

$$\xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + f_{yd} / E_s} = ?$$

Design cases / Ipoteze de proiectare

Condiția de limitare a înălțimii zonei comprimate de beton, pentru ca ruperea să înceapă prin curgerea armăturii întinse:

$$x \leq x_{lim}$$

$$\xi \leq \xi_{lim}$$

Oțel	f_{yd} (Mpa)	E_s (Mpa)	ε_{yd} (‰)	ξ_{lim}
Combinatii fundamentale $\gamma_s = 1,15$				
S400	$400/1,15 = 348$	200000	1,74	0,668
S500	$500/1,15 = 435$		2,17	0,617
PC52	$345/1,15 = 300$	210000	1,43	0,710
PC60	$405/1,15 = 352$		1,68	0,676
Situatii accidentale de proiectare $\gamma_s = 1,0$				
S400	400	200000	2,00	0,636
S500	500		2,50	0,583
PC52	345	210000	1,64	0,681
PC60	405		1,93	0,645

$$\xi_{lim} = \frac{3.5}{3.5 + 1000 f_{yd}/E_s}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$x_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + f_{yd}/E_s} d$$

8.1 DEFINIȚII

8.2 IPOTEZE DE PROIECTARE

8.3 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ SIMPLU ARMATĂ

8.4 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ DUBLU ARMATĂ

8.5 SECȚIUNEA ÎN FORMĂ DE T SIMPLU ARMATĂ

Simple reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară simplu armată

O secțiune de beton armat se consideră simplu armată dacă armătura longitudinală de rezistență, A_s , este situată (grupată) numai în zona întinsă a secțiunii.

Ecuția de proiecție:

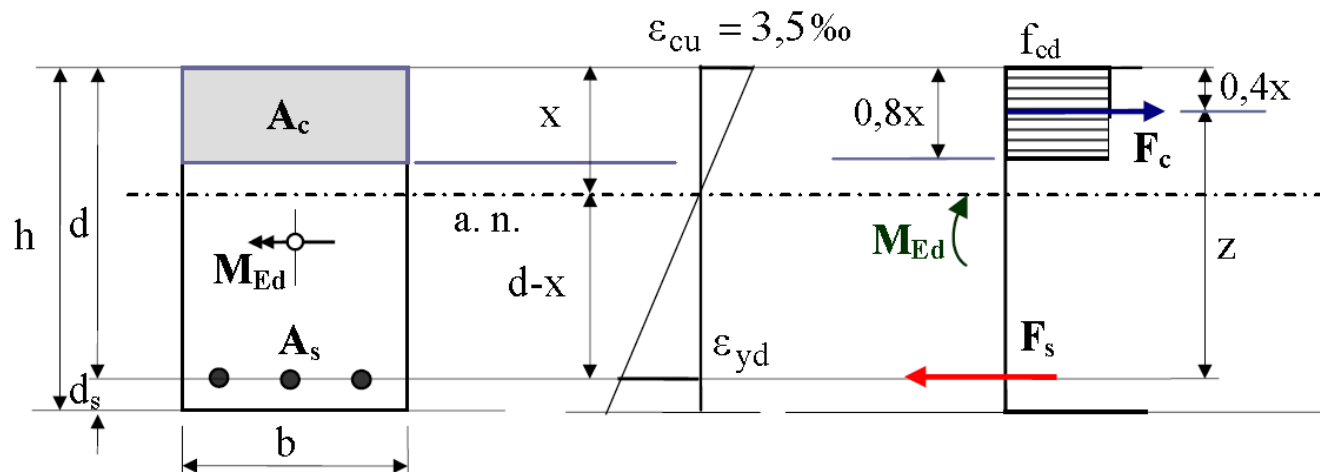
$$F_c = F_s$$

$$\begin{aligned} F_c &= 0.8bx f_{cd} \\ F_s &= A_s f_{yd} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad x = 1.25 \frac{A_s f_{yd}}{b f_{cd}} \quad \Rightarrow \quad \xi = 1.25 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}}$$

Condiția de limitare a înălțimii zonei comprimate de beton, pentru ca **ruperea** să înceapă **prin curgerea armăturii întinse**:

$$x \leq x_{lim}$$

$$\xi \leq \xi_{lim}$$



Simple reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară simplu armată

Alte notații:

$$x = 1.25 \frac{A_s f_{yd}}{b f_{cd}} \quad \text{iar} \quad \xi = \frac{x}{d} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \xi = 1.25 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} = 1.25 \underbrace{\frac{A_s}{b d}}_{\rho} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 1.25 \underbrace{\rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}}_{\omega_s} = 1.25 \omega_s$$

- coeficient de armare

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

- procent de armare

$$p = 100 \frac{A_s}{b d}$$

- coeficient mecanic
de armare

$$\omega_s = \frac{A_s}{b d} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Simple reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară simplu armată

Exemplu:

$$A_s = 4 \phi 25 = 19,64 \text{ cm}^2$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Oțel B500} \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$\text{Beton C20/25} \quad f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

- coeficient de armare

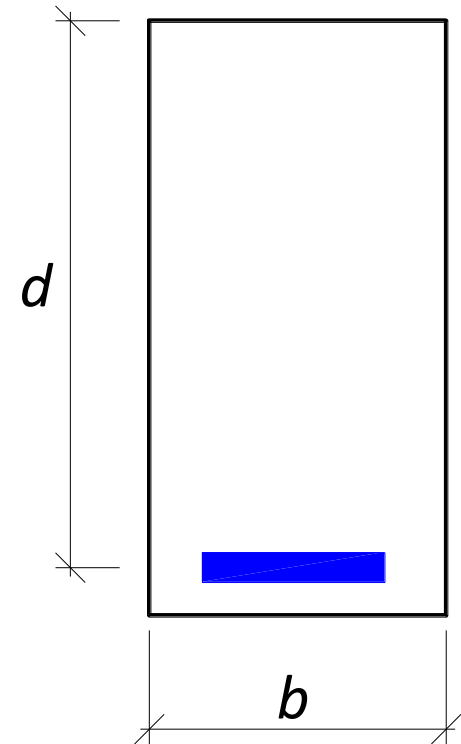
$$\rho = \frac{A_s}{bd} = 0.0157$$

- procent de armare

$$p = 100 \frac{A_s}{bd} = 1.57 \%$$

- coeficient mecanic de armare

$$\omega_s = \frac{A_s}{bd} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0.512$$



Simple reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară simplu armată

Ecuția de momente : ΣM în raport cu F_s

$$M_{Ed} = F_c z$$

$$z = d - 0.5(0.8x) = d - 0.4x \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = 0.8bx f_{cd} (d - 0.4x)$$

$$x = \xi d \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = 0.8b(\xi d) f_{cd} [d - 0.4(\xi d)] = bd^2 f_{cd} 0.8\xi(1 - 0.4\xi)$$

unde

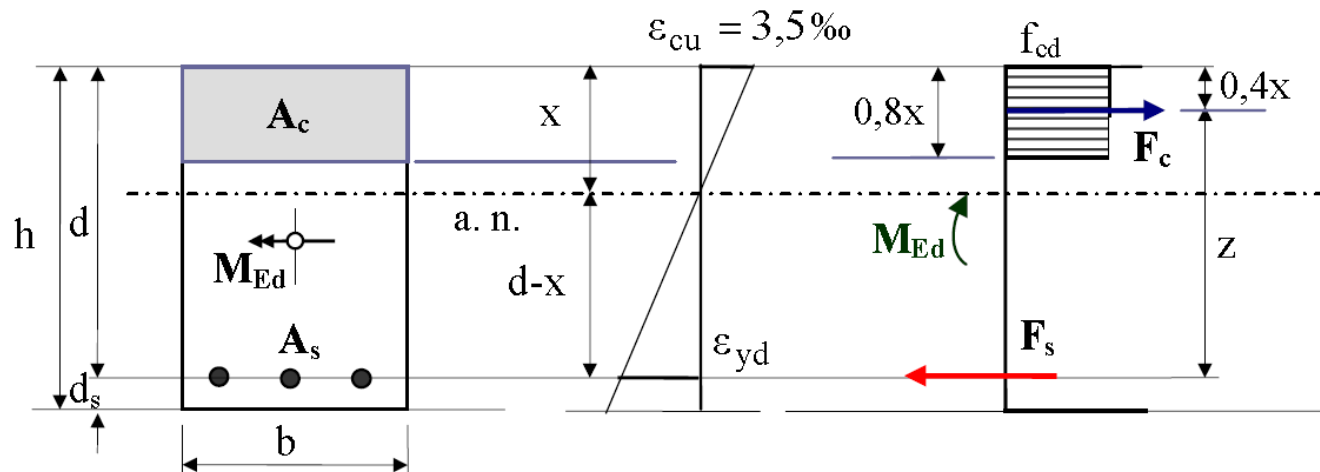
$$\mu = 0.8\xi(1 - 0.4\xi) = 0.8 \cdot 1.25\omega_s(1 - 0.4 \cdot 1.25\omega_s) = \omega_s(1 - 0.5\omega_s)$$

$$\xi = 1.25\omega_s = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\mu = \omega_s(1 - 0.5\omega_s)$$

$$\omega_s = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\Rightarrow M_{Ed} = \mu bd^2 f_{cd}$$



Simple reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară simplu armată

Ecuția de momente : ΣM în raport cu F_c

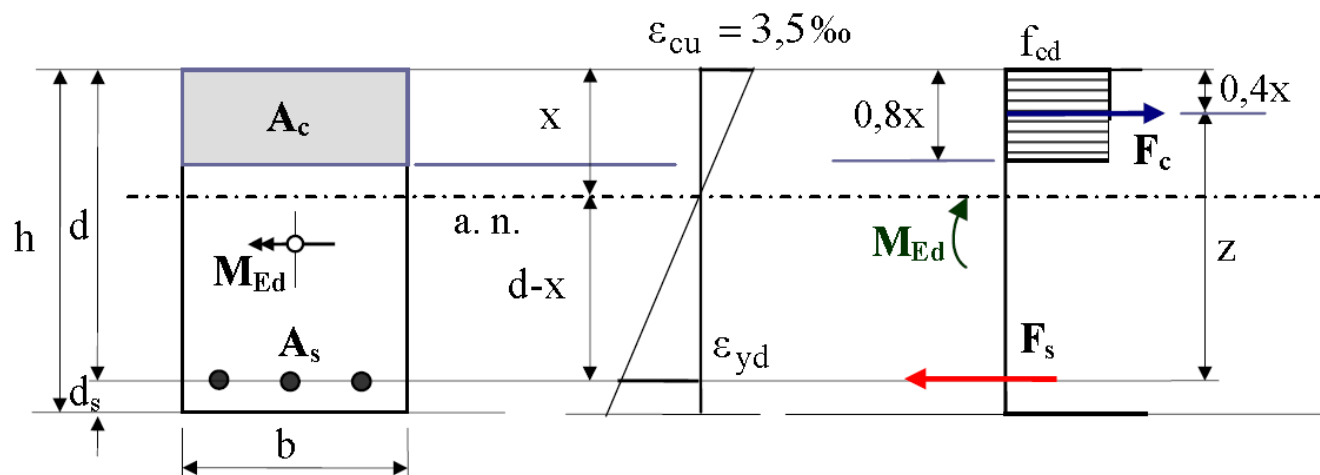
$$M_{Ed} = F_s z \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = A_s f_{yd} (d - 0.4x)$$

$$x = \xi d \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = A_s f_{yd} (d - 0.4\xi d) = A_s f_{yd} d (1 - 0.4\xi)$$

Valoarea relativă a brațului de pârghie z rezultă:

$$\zeta = \frac{z}{d} = 1 - 0.4\xi \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = \zeta d A_s f_{yd}$$

zita
(dzeta)



Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

Momentul încovoietor capabil al secțiunii dreptunghiulare simplu armată

$$M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd}$$

$$M_{Rd} = \zeta d A_s f_{yd}$$

Momentul încovoietor maxim preluat de secțiunea dreptunghiulară simplu armată

$$M_{Rd,max} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd}$$

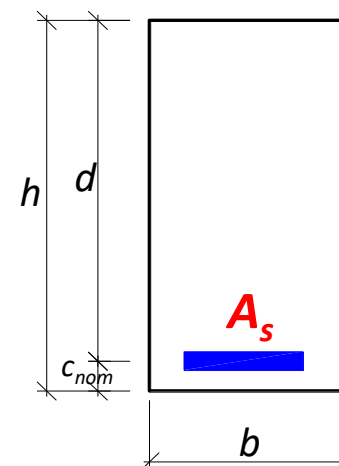
$$\mu_{lim} = 0.8 \xi_{lim} (1 - 0.4 \xi_{lim})$$

$$\xi_{lim} = \frac{3.5}{3.5 + 1000 f_{yd} / E_s}$$

$\xi \leq \xi_{lim}$	$\xi > \xi_{lim}$
→ curgerea armăturii înainte sau în același timp cu zdrobirea betonului comprimat	→ zdrobirea betonului comprimat fără curgerea armăturii (neeconomic!)
→ capacitatea portantă M_{Rd}	→ capacitatea portantă $M_{Rd,max}$

Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

1. Calculul ariei de armătură

Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_s 

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} \quad \begin{matrix} \xrightarrow{\mu \leq \mu_{lim}!!!} \\ \searrow \end{matrix} \quad \begin{matrix} \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \\ \text{(sau din tabele)} \\ p \end{matrix} \quad \longrightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} A_s = \omega_s bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ A_s = p \frac{bd}{100} \end{array} \right.$$

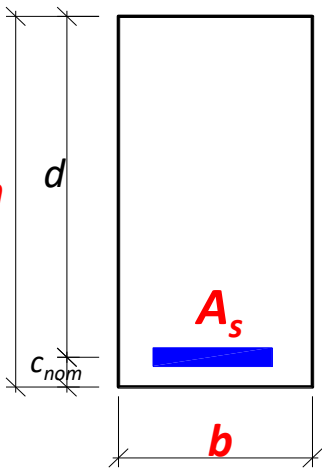
unde $d = h - d_s$ $d_s = c_{nom} + \phi_s/2$ $\phi_s = 14 \dots 25 \text{ mm pt grinzi}$ $6 \dots 14 \text{ mm pt plăci}$

Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

2. Dimensionarea secțiunii transversale de beton și a armăturii

Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; c_{nom}

Necunoscut: b, h ; A_s

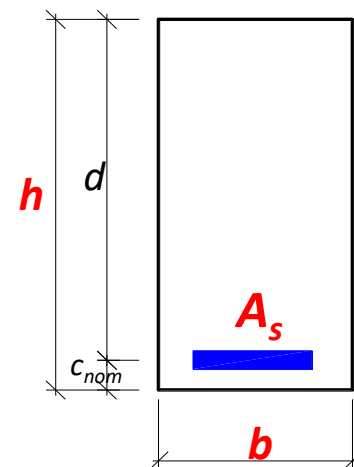


a. Se apreciază lățimea grinzii b

Dimensiunea		Recomandări
Înălțimea	minimă, $h_{\min}$	$l / 12$ – grinzi de cadre antiseismice
		$l / 15$ – grinzi de cadru sau grinzi principale
		$l / 20$ – grinzi secundare
	optimă, h_{opt}	$l / (8..12)$ – grinzi de cadru sau principale
		$l / (12..15)$ – grinzi secundare
Lățimea inimii grinzilor b		$b = h / (1,5..3)$ secțiuni dreptunghiulare
		$b = h / (2..3)$ secțiuni T

Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

2. Dimensionarea secțiunii transversale de beton și a armăturii

Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; c_{nom} Necunoscut: b , h ; A_s 

b. Calculul secțiunii de beton

$$d_{nec} = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{\mu b f_{cd}}} \longrightarrow h = d + d_s$$

$$\mu = \omega_s (1 - 0,5 \omega_s) \leq \mu_{lim}$$

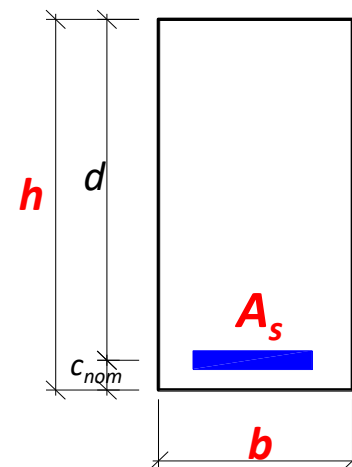
unde $\mu = f(\omega_{s,opt} \text{ sau } p_{opt} / \rho_{opt})$ $p_{opt} = 0,80 \dots 1,8 \%$ pt grinzi

$$\omega_{s,opt} = p_{opt} \frac{bd}{100} = \rho_{opt} \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

2. Dimensionarea secțiunii transversale de beton și a armăturii

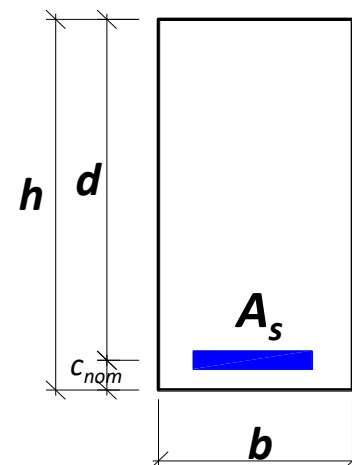
Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; c_{nom} Necunoscut: b , h ; A_s 

c. Calculul secțiunii de armătură

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} \rightarrow \begin{cases} \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \\ \text{(sau din tabele)} \\ p \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A_s = \omega_s bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ A_s = p \frac{bd}{100} \end{cases}$$

Simple reinforced rectangular cross section - Design/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată - Proiectare

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; A_s ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} 

$$\mu = \omega_s (1 - 0,5\omega_s) \quad \text{unde} \quad \omega_s = \frac{A_s}{bd} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\text{- Dacă } \mu \leq \mu_{lim} \quad \rightarrow \text{armătura curge} \quad \rightarrow \quad M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd}$$

$$\text{- Dacă } \mu > \mu_{lim} \quad \rightarrow \text{armătura nu curge} \rightarrow \quad M_{Rd,max} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd}$$

$$\mu_{lim} = 0.8\xi_{lim} (1 - 0.4\xi_{lim})$$

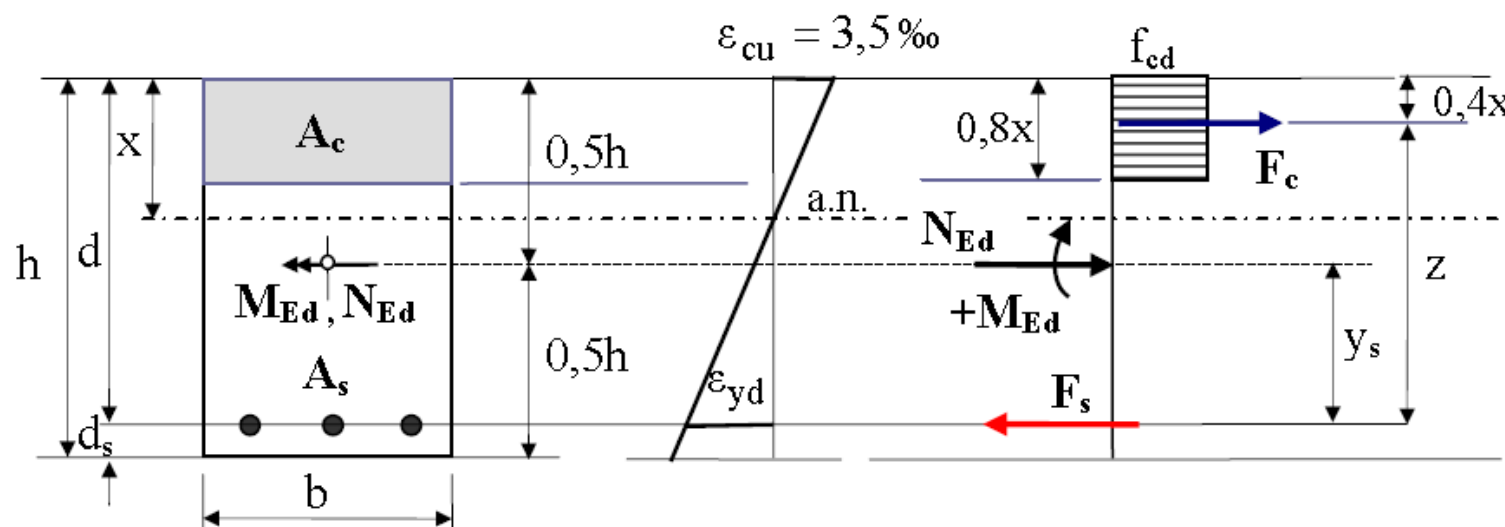
Simple reinforced rectangular cross section – M+N/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată – M+N

Secțiunea de formă dreptunghiulară simplu armată solicitată la încovoiere preponderentă, cu **forță axială**

Ecuția de proiecție $N_{Ed} = F_c - F_s$

$$N_{Ed} = 0.8bx f_{cd} - A_s f_{yd} \Rightarrow x = 1.25 \frac{A_s f_{yd} + N_{Ed}}{b f_{cd}}$$

Înălțimea relativă a zonei comprimate $\xi = \frac{x}{d} \Rightarrow \xi = 1.25 \frac{A_s f_{yd} + N_{Ed}}{b d f_{cd}}$



Simple reinforced rectangular cross section – M+N/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată – M+N

Ecuția de momente

 ΣM în raport cu F_s

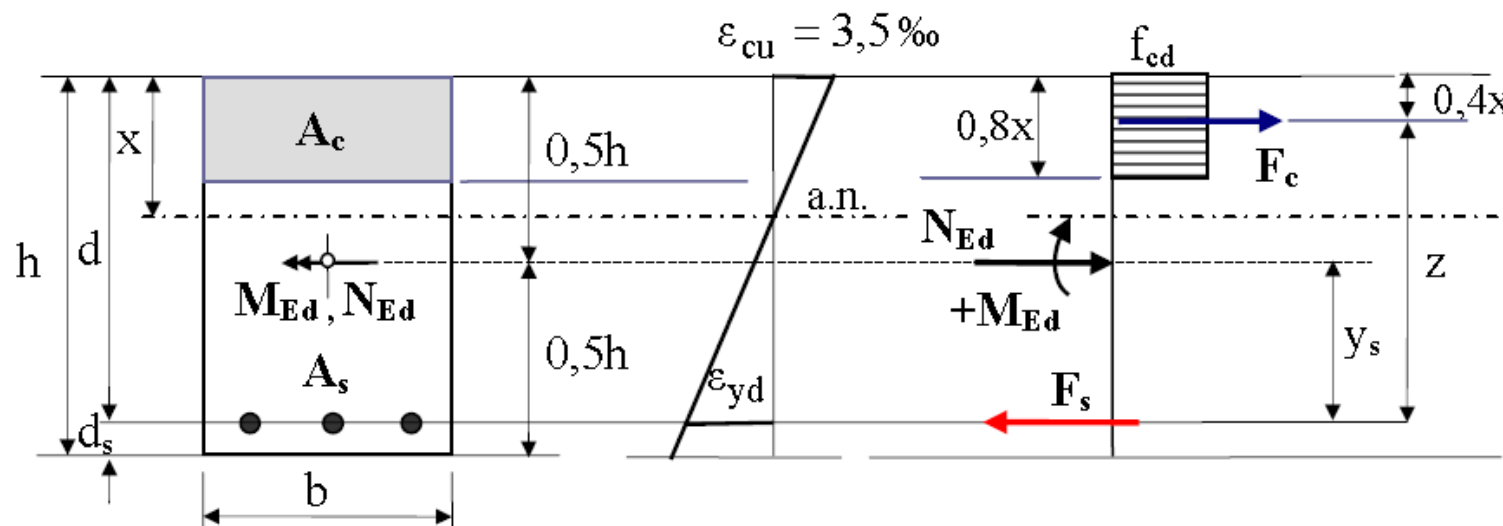
$$M_{Ed} + N_{Ed} y_s = F_c z$$

$$\text{unde } y_s = 0.5h - d_s$$

$$M_{Ed} + N_{Ed} y_s = 0.8bx f_{cd} (d - 0.4x)$$

$$x = \xi d \Rightarrow M_{Ed} = \mu b d^2 f_{cd} - N_{Ed} y_s \Rightarrow M_{Ed} \leq M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} - N_{Ed} y_s$$

$$\mu = 0.8\xi(1 - 0.4\xi)$$



Simple reinforced rectangular cross section – M+N/ Secțiune dreptunghiulară simplu armată – M+N

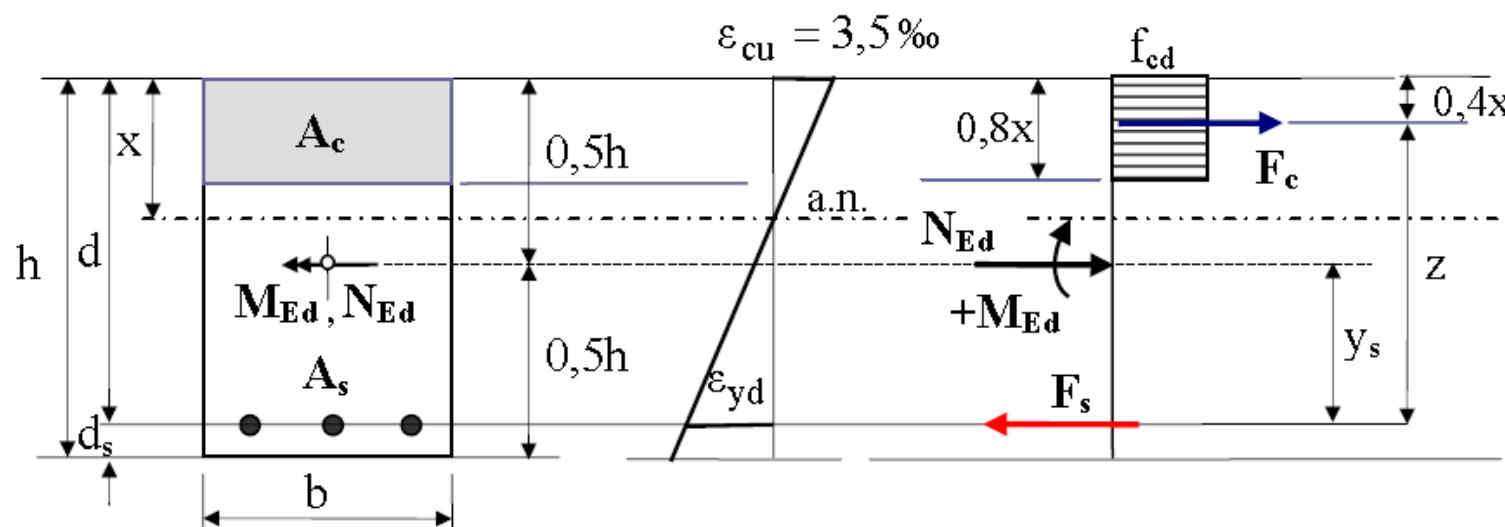
Ecuția de momente

 ΣM în raport cu F_c

$$M_{Ed} - N_{Ed}(z - y_s) = F_c z$$

$$M_{Ed} - N_{Ed}(\zeta d - y_s) = A_s f_{yd} \zeta d$$

$$M_{Ed} = A_s f_{yd} \zeta d + N_{Ed}(\zeta d - y_s) \Rightarrow M_{Ed} \leq M_{Rd} = A_s f_{yd} \zeta d + N_{Ed}(\zeta d - y_s)$$



Simple reinf. rectang. cross sect – M+N – Design / Sect. dreptungh. simplu armată – M+N – Proiectare

1. Dimensionarea secțiunii de armătură

Date de intrare: M_{Ed} ; N_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_s

$$\mu = \frac{M_{Ed} + N_{Ed} y_s}{b d^2 f_{cd}} \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\mu \leq \mu_{lim}!!!} \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \\ \xrightarrow{\quad \quad \quad} p \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(sau din tabele)} \\ \end{array} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A_s = \omega_s b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \\ A_s = p \frac{b d}{100} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \end{array} \right.$$

unde $d = h - d_s$ și $y_s = 0.5h - d_s$

$$d_s = c_{nom} + \phi_s/2$$

 $\phi_s = 14 \dots 25 \text{ mm pt grinzi}$ $6 \dots 14 \text{ mm pt plăci}$

2. Verificarea capacității portante

Date de intrare: N_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b, h ; A_s ; c_{nom}

Necunoscut: M_{Rd}

$$\xi = 1.25 \frac{A_s f_{yd} + N_{Ed}}{b d f_{cd}}$$

- Dacă $\xi \leq \xi_{lim}$ $\rightarrow$ armătura curge $\rightarrow M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} - N_{Ed} y_s$

- Dacă $\xi > \xi_{lim}$ $\rightarrow$ armătura nu curge $\rightarrow M_{Rd} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd} - N_{Ed} y_s$

$$\mu_{lim} = 0.8 \xi_{lim} (1 - 0.4 \xi_{lim})$$

8.1 DEFINIȚII

8.2 IPOTEZE DE PROIECTARE

8.3 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ SIMPLU ARMATĂ

8.4 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ DUBLU ARMATĂ

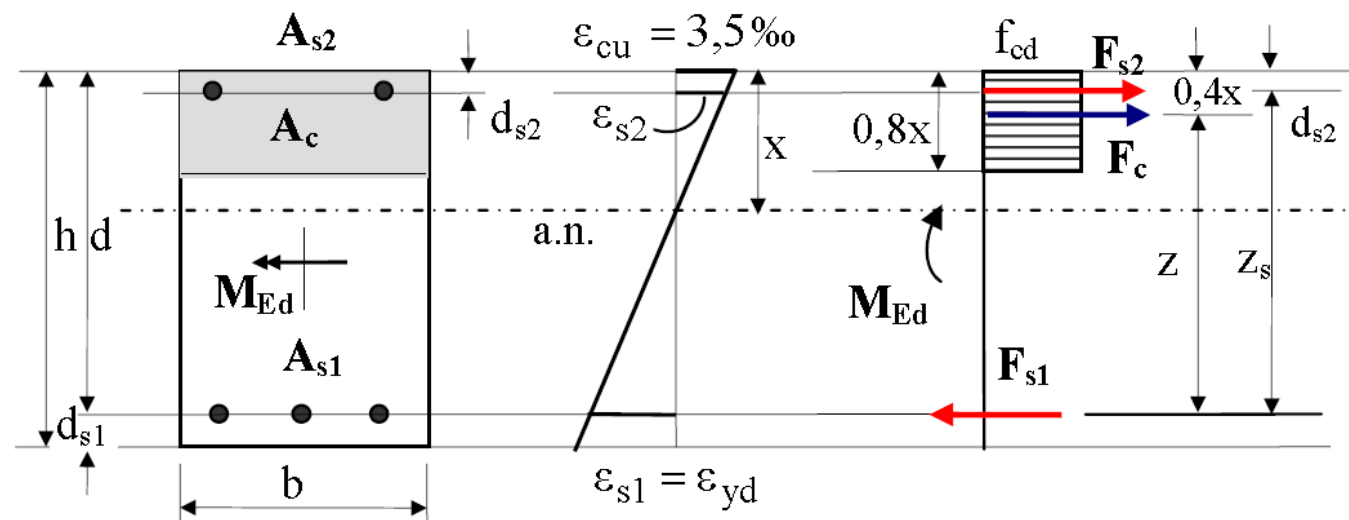
8.5 SECȚIUNEA ÎN FORMĂ DE T SIMPLU ARMATĂ

Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

O secțiune de beton armat se consideră dublu armată dacă, **pe lângă armătura** longitudinală de rezistență **întinsă** (A_{s1}) are și **armătura** longitudinală de rezistență **comprimată** (A_{s2}) care participă la preluarea eforturilor împreună cu betonul comprimat.

Secțiunea dublu armată se utilizează:

- dacă **secțiunea grinzii este insuficientă** în varianta de armare simplă și nu poate fi mărită, din considerente constructive sau arhitecturale.
- la grinzile supuse la **solicitări alternante** de încovoiere
- la **grinzile cadrelor** din zonele **seismice**
- **grinzile continue** în secțiunile de **reazem**

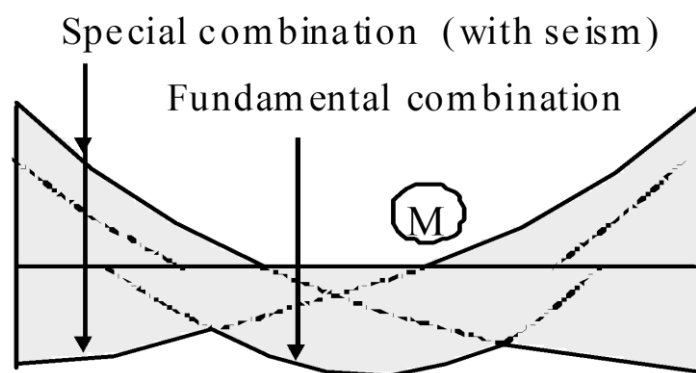


Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

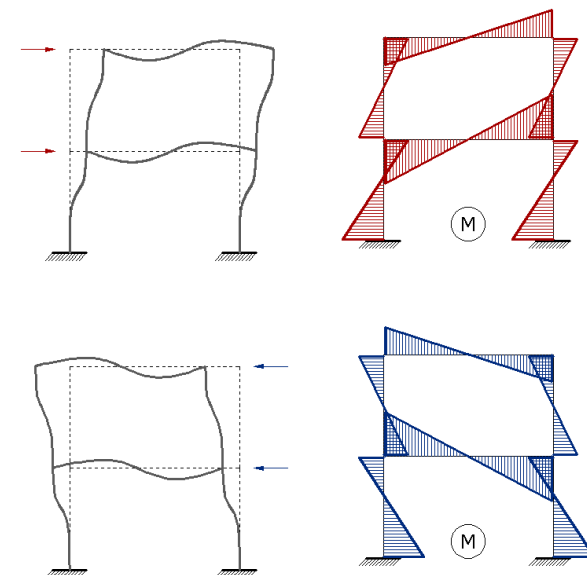
O secțiune de beton armat se consideră dublu armată dacă, **pe lângă armătura** longitudinală de rezistență **întinsă** (A_{s1}) are și **armătura** longitudinală de rezistență **comprimată** (A_{s2}) care participă la preluarea eforturilor împreună cu betonul comprimat.

Secțiunea dublu armată se utilizează:

- dacă **secțiunea grinzii este insuficientă** în varianta de armare simplă și nu poate fi mărită, din considerente constructive sau arhitecturale.
- la grinzile supuse la **solicitări alternante** de încovoiere
- **la grinzile cadrelor din zonele seismice**
- **grinzile continue** în secțiunile de reazem



Envelope curve of the bending moments

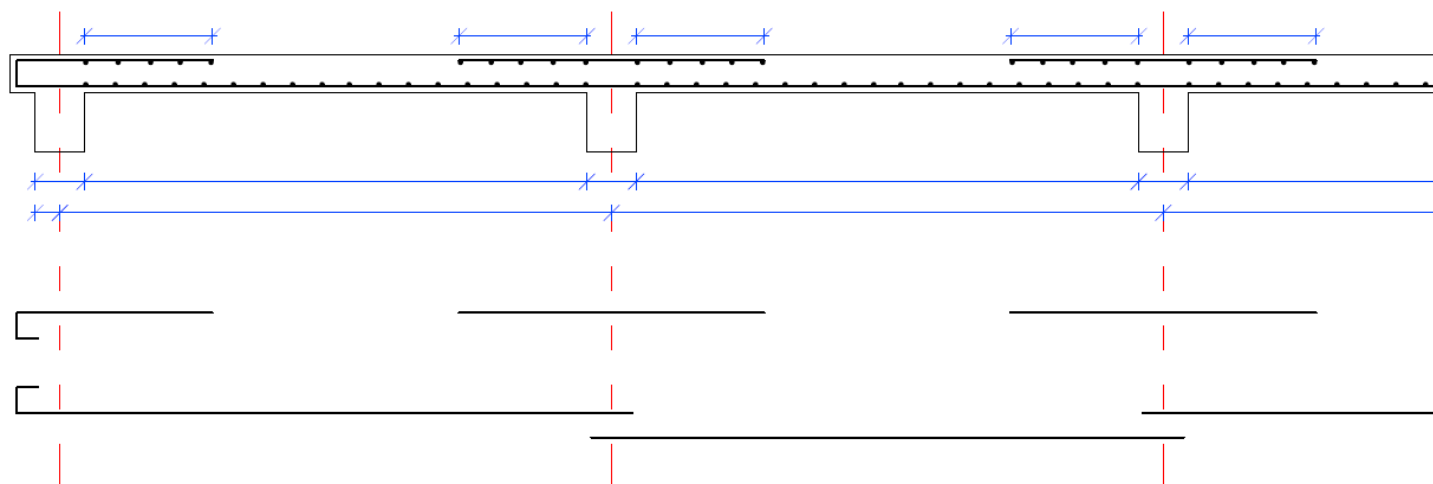


Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

O secțiune de beton armat se consideră dublu armată dacă, **pe lângă armătura** longitudinală de rezistență **întinsă** (A_{s1}) are și **armătura** longitudinală de rezistență **comprimată** (A_{s2}) care participă la preluarea eforturilor împreună cu betonul comprimat.

Secțiunea dublu armată se utilizează:

- dacă **secțiunea grinzii este insuficientă** în varianta de armare simplă și nu poate fi mărită, din considerente constructive sau arhitecturale.
- la grinzile supuse la **solicitări alternante** de încovoiere
- la **grinzile cadrelor** din zonele **seismice**
- **grinzile continue în secțiunile de reazem**



Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

Evaluarea efortului unitar din armătura comprimatăă

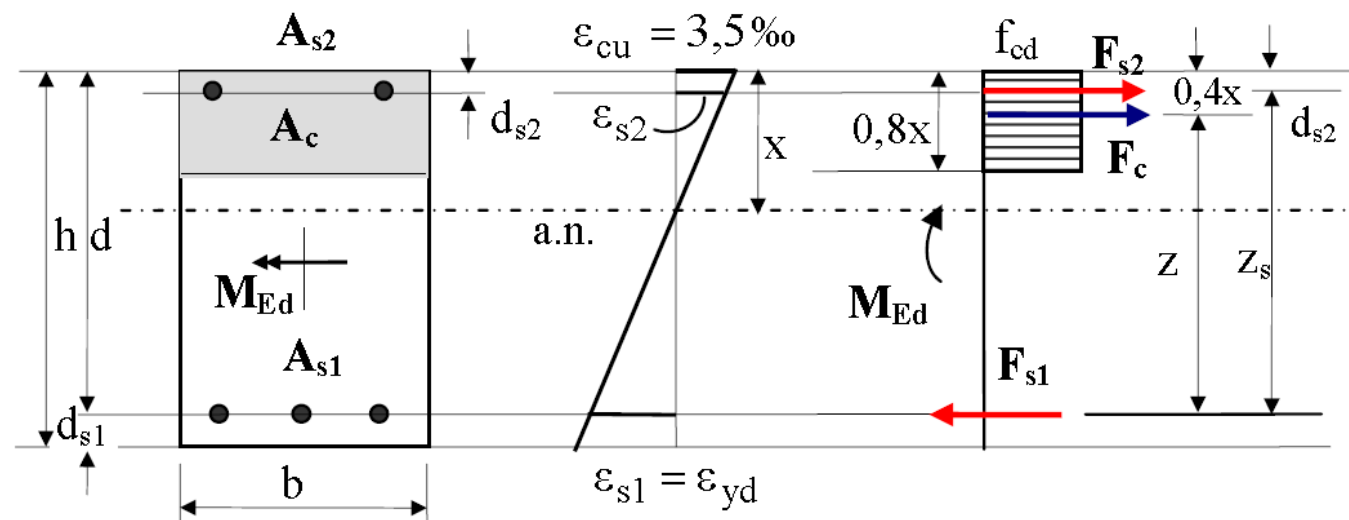
$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_{s2}} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cu} \frac{x - d_{s2}}{x}$$

Pt $x = x_{min} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} \Rightarrow x_{min} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s} d_{s2}$

$\downarrow$
 curge armătura
 comprimatăă

$\downarrow$
 curge armătura
 comprimatăă

Notând $\xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s} \Rightarrow x_{min} = \xi_2 d_{s2}$



Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

Presupunând că atât **armătura întinsă** A_{s1} , cât și **armătura comprimată** A_{s2} ajung la curgere:

$$\rightarrow x_{min} \leq x \leq x_{lim}$$

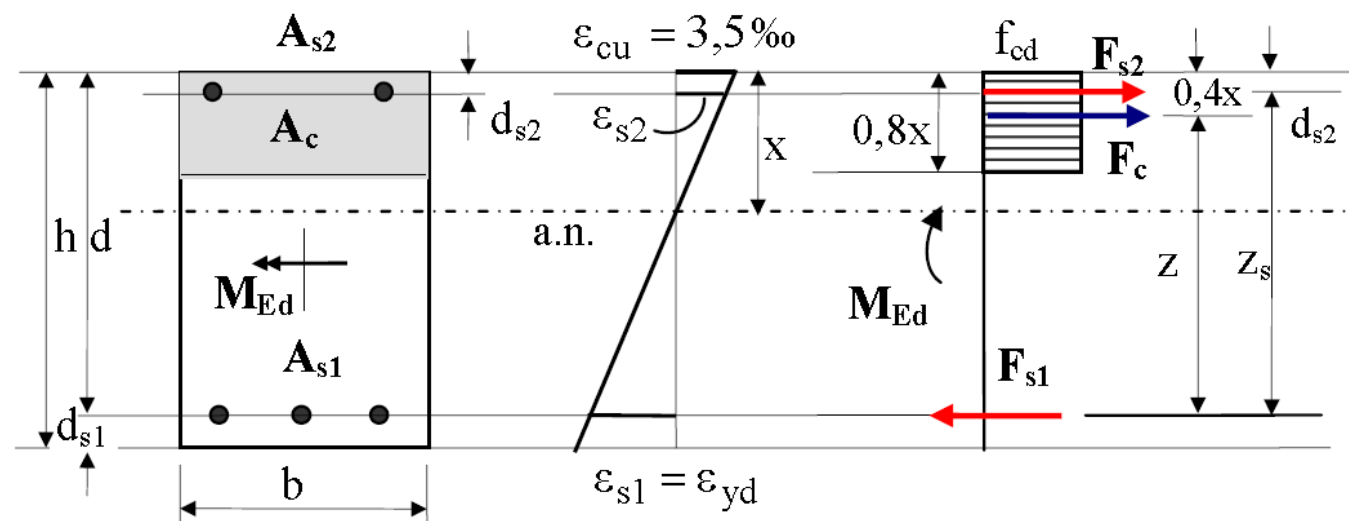
Ecuția de proiecție: $F_c + F_{s2} = F_{s1}$

$$F_c = 0.8bx f_{cd}$$

$$F_{s1} = A_{s1} f_{yd}$$

$$F_{s2} = A_{s2} f_{yd}$$

$$\Rightarrow 0.8bx f_{cd} + A_{s2} f_{yd} = A_{s1} f_{yd} \quad \Rightarrow$$

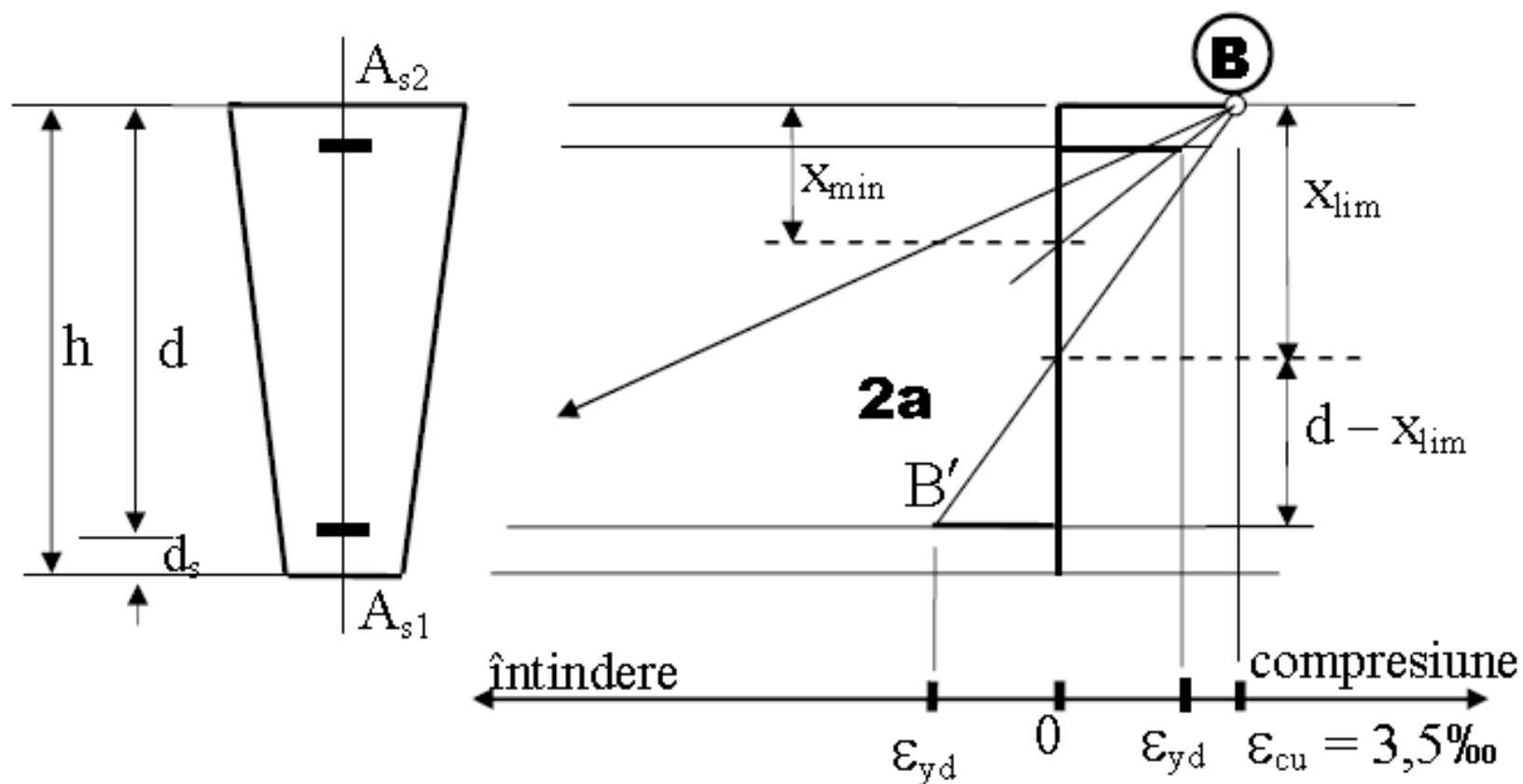


Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

Presupunând că atât **armătura întinsă** A_{s1} , cât și **armătura comprimată** A_{s2} ajung la curgere:

$$\rightarrow x_{min} \leq x \leq x_{lim}$$

Ecuția de proiecție: $F_c + F_{s2} = F_{s1}$

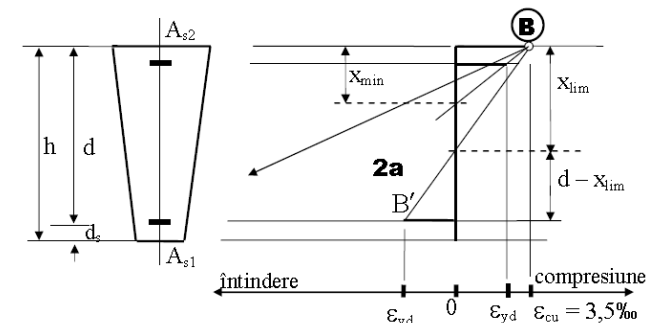


Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

Presupunând că atât **armătura întinsă** A_{s1} , cât și **armătura comprimată** A_{s2} ajung la curgere:

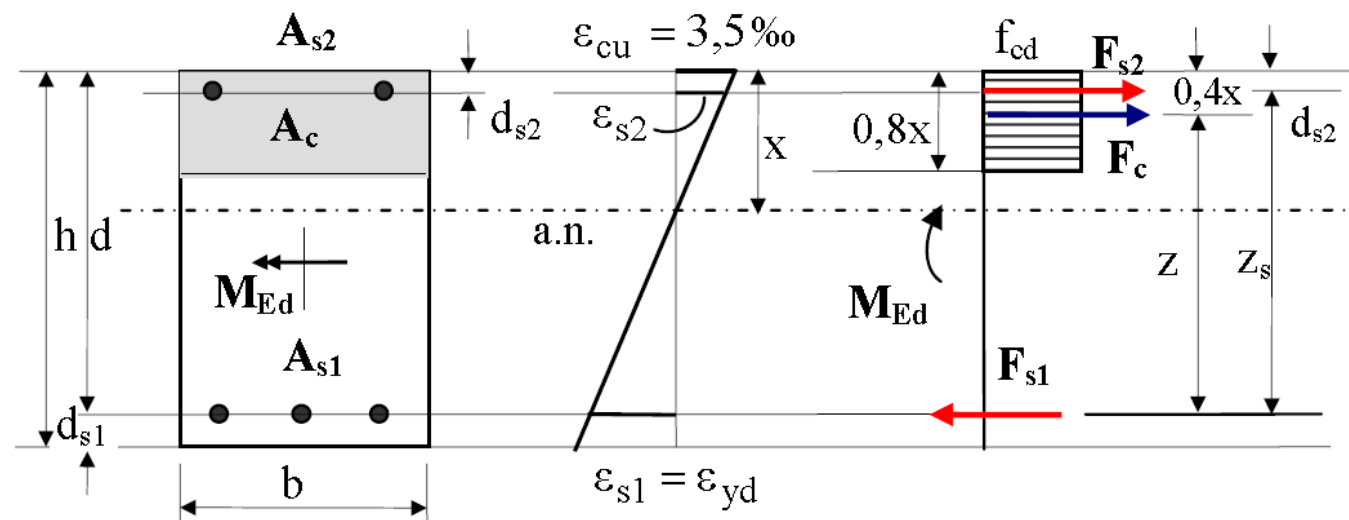
$$\rightarrow x_{min} \leq x \leq x_{lim}$$

Ecuția de proiecție: $F_c + F_{s2} = F_{s1}$



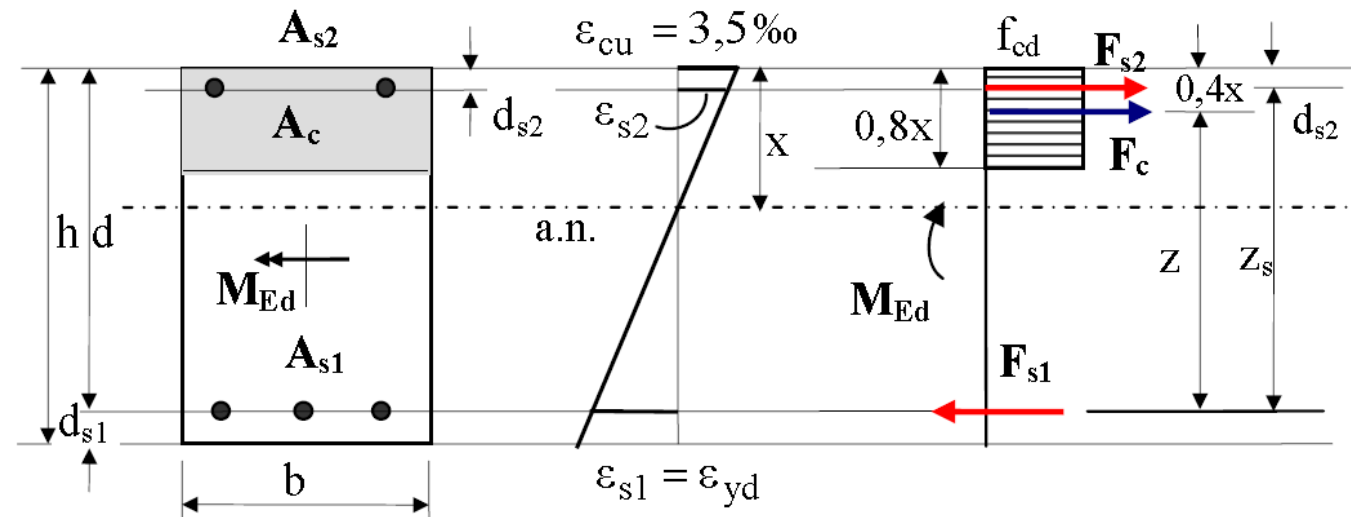
$$0.8bx f_{cd} + A_{s2}f_{yd} = A_{s1}f_{yd} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2})f_{yd}}{bf_{cd}} \quad \Rightarrow \quad \xi = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2})f_{yd}}{bdf_{cd}}$$



ΣM în raport cu F_{s1}

$$\Rightarrow M_{Ed} = \mu b d^2 f_{cd} + A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})$$



Double reinforced rectangular cross section / Secțiune dreptunghiulară dublu armată

Ecuția de momente

 ΣM în raport cu F_{s1}

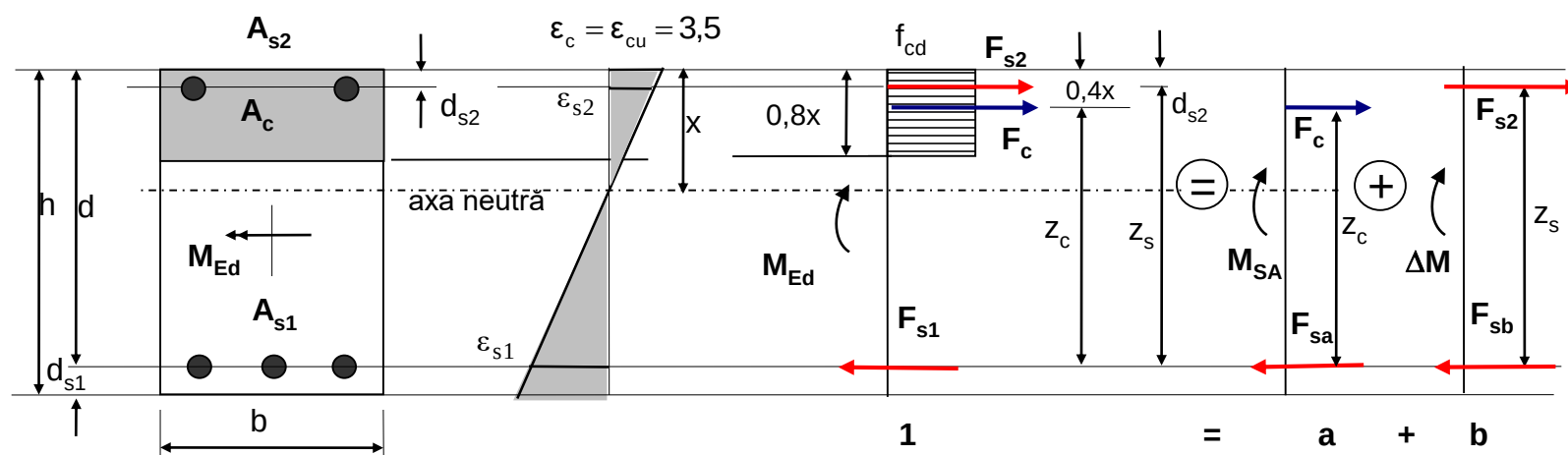
$$\Rightarrow M_{Ed} \leq M_{Rd} = \underbrace{\mu b d^2 f_{cd}}_{\text{moment preluat de}} + \underbrace{A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})}_{\text{sect. dreptunghiulară}} \quad \text{aportul armăturii}$$

moment preluat de
sect. dreptunghiulară
simplu armată cu A_{SA}

aportul armăturii
comprimate

 M_{SA} ΔM

$$\Rightarrow M_{Ed} = M_{SA} + \Delta M$$

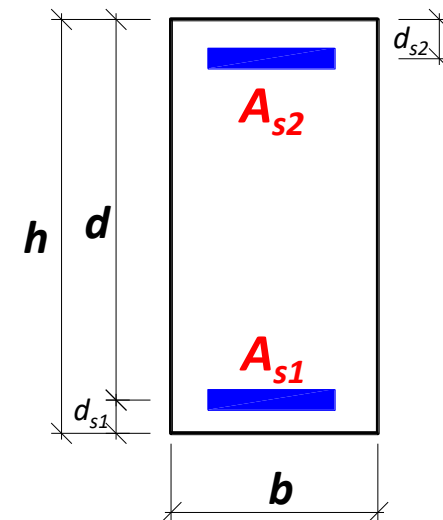


Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

1. Calculul ariilor de armătură

Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom}

Necunoscut: A_{s1} ; A_{s2}



Armarea dublă este necesară dacă armarea simplă nu este suficientă:

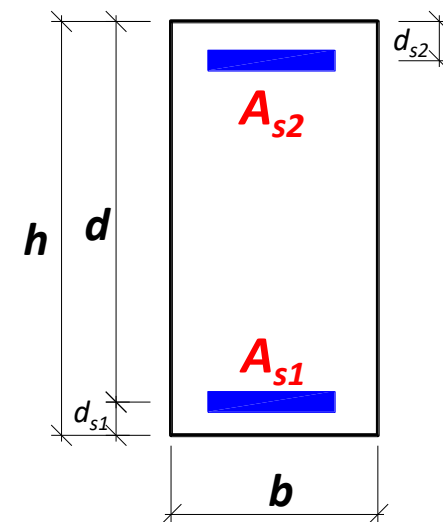
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} > \mu_{lim}$$

Soluție economică: $A_{s1,max}$ și $A_{s2,min}$

$$\Rightarrow M_{Ed} = M_{SA,max} + \Delta M$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

1. Calculul ariilor de armătură

Date de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} ; A_{s2} 

$$M_{SA,max} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd} \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd} + A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})$$

$$\Rightarrow \text{Armătura întinsă} \quad A_{s1} = A_{SA,max} + A_{s2,min}$$

$$\Rightarrow \text{Armătura comprimată} \quad A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \mu_{lim} b d^2 f_{cd}}{f_{yd} (d - d_{s2})}$$

$$\Rightarrow \text{Armătura întinsă} \quad A_{s1} = 0.8 \xi_{lim} b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + A_{s2}$$

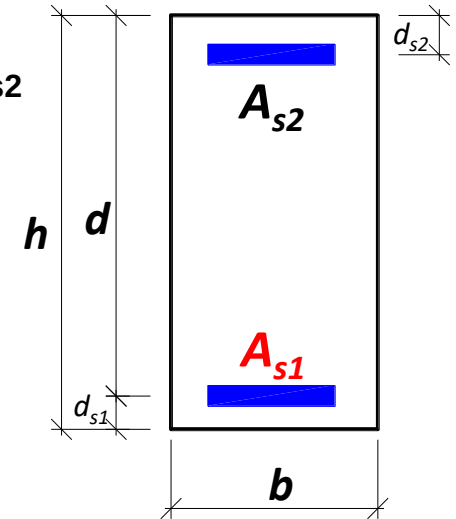
$$\xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + f_{yd}/E_s}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

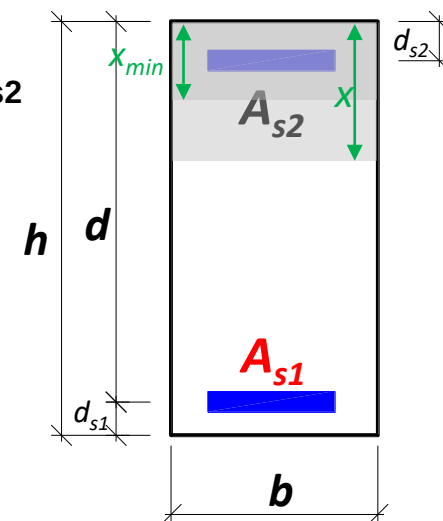
2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1}

$$M_{Ed} = \mu b d^2 f_{cd} + A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{M_{Ed} - A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})}{b d^2 f_{cd}} \Rightarrow \xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$



Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} a) Dacă $\mu \leq \mu_{lim} \Leftrightarrow \xi \leq \xi_{lim} \rightarrow A_{s1}$ curge

- Se verifică dacă $\xi \geq \xi_2 \frac{d_{s2}}{d}$ $\rightarrow$ armătura comprimată ajunge la curgere
 ($x \geq x_{min}$)

$$\xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s}$$

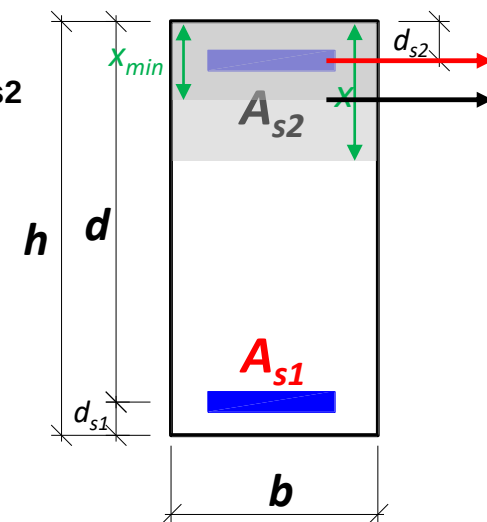
$$\xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\mu \rightarrow \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

 $\Rightarrow$

$$A_{s1} = A_{sA} + A_{s2} = \omega_s b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + A_{s2}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} a) Dacă $\mu \leq \mu_{lim} \Leftrightarrow \xi \leq \xi_{lim} \rightarrow A_{s1}$ curge

- Se verifică dacă $\xi \geq \xi_2 \frac{d_{s2}}{d}$ $\rightarrow$ armătura comprimată ajunge la curgere
 ($x \geq x_{min}$)

$$\xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s}$$

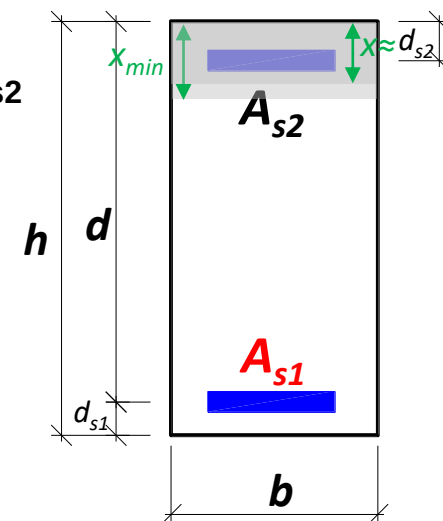
$$\xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\mu \rightarrow \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

 $\Rightarrow$

$$A_{s1} = A_{sA} + A_{s2} = \omega_s b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + A_{s2}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} a) Dacă $\mu \leq \mu_{lim} \Leftrightarrow \xi \leq \xi_{lim} \rightarrow A_{s1}$ curge

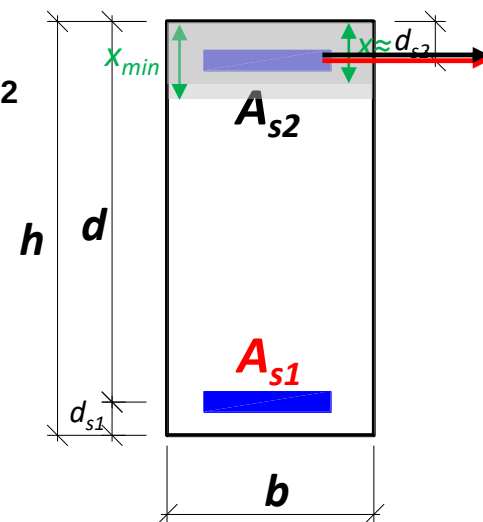
- Se verifică dacă $\xi < \xi_2 \frac{d_{s2}}{d}$ $\rightarrow$ armătura comprimată nu curgere
 ($x \leq x_{min}$) $\rightarrow F_c$ acționează la nivelul rezultantei F_{s2}

 $\rightarrow$ Ecuația de momente scrisă în raport cu F_{s2}

$$M_{Ed} = A_{s1} f_{yd} (d - d_{s2})$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}(d - d_{s2})}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} a) Dacă $\mu \leq \mu_{lim} \Leftrightarrow \xi \leq \xi_{lim} \rightarrow A_{s1}$ curge

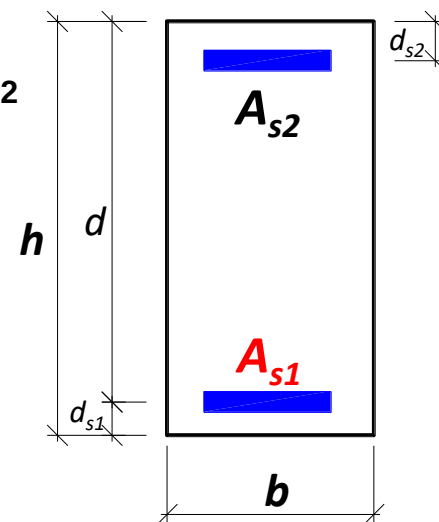
- Se verifică dacă $\xi < \xi_2 \frac{d_{s2}}{d}$ $\rightarrow$ armătura comprimată nu curgere
 ($x \leq x_{min}$) $\rightarrow F_c$ acționează la nivelul rezultantei F_{s2}

 $\rightarrow$ Ecuația de momente scrisă în raport cu F_{s2}

$$M_{Ed} = A_{s1} f_{yd} (d - d_{s2})$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}(d - d_{s2})}$$

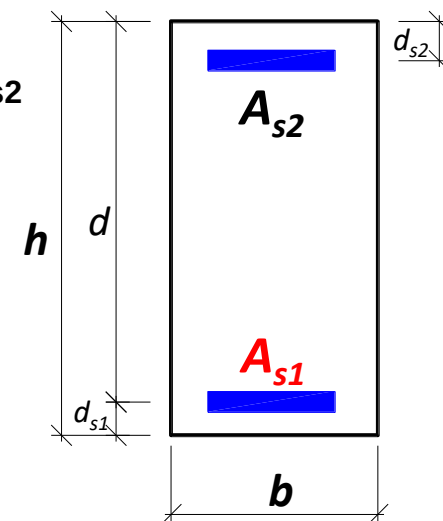
Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} b) Dacă $\mu < 0 \rightarrow A_{s2}$ este prea mare $\rightarrow$ nu curge

$$\mu = \frac{M_{Ed} - A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})}{b d^2 f_{cd}}$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd} (d - d_{s2})}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} c) Dacă $\mu > \mu_{lim}$ $\rightarrow A_{s2}$ este insuficientă $\Rightarrow$ este necesară: majorarea secțiunii

sau

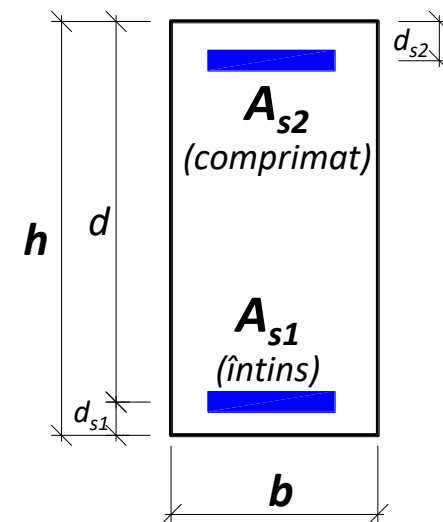
majorarea ariei de armătură comprimată $\Leftrightarrow$ NEECONOMIC!

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom}

Necunoscut: M_{Rd}

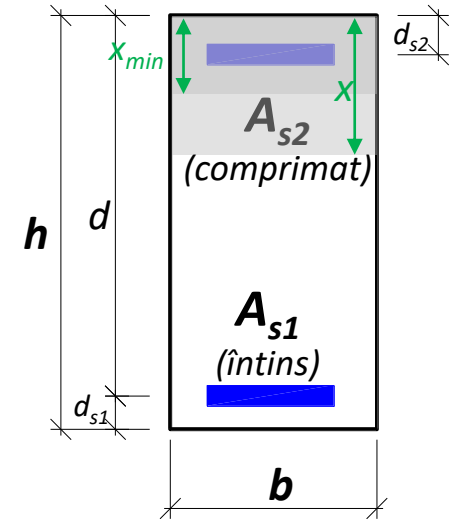


Presupunând că atât armătura întinsă cât și cea comprimată ajung la curgere

$$\xi = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2})f_{yd}}{bdf_{cd}}$$

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Necunoscut: M_{Rd}

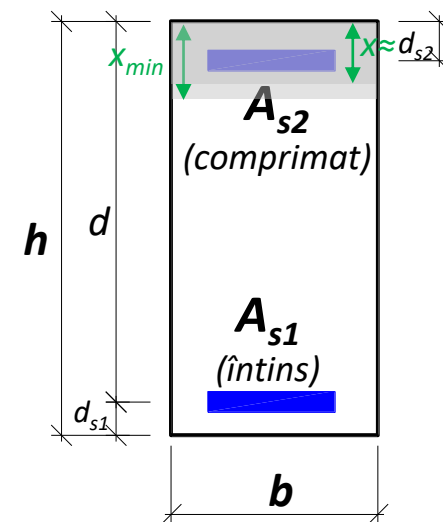


a) Dacă $\xi_2 \frac{d_{s2}}{d} \leq \xi \leq \xi_{lim}$ $\rightarrow \mu = 0.8\xi(1 - 0.4\xi)$
 ($x_{min} \leq x$)

$$\Rightarrow M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} + A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} 

b) Dacă $\xi < \xi_2 \frac{d_{s2}}{d}$
 ($x \leq x_{min}$)

→ A_{s2} nu curge→ F_c acționează la nivelul rezultantei F_{s2}

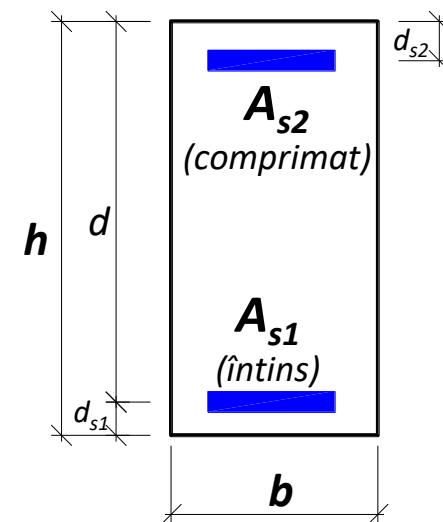
$$\Rightarrow M_{Rd} = A_{s1} f_{yd} (d - d_{s2})$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} c) Dacă $\xi_2 \frac{d_{s2}}{d} > \xi_{lim}$

$$\Rightarrow M_{Rd} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd} + A_{s2} f_{yd} (d - d_{s2})$$

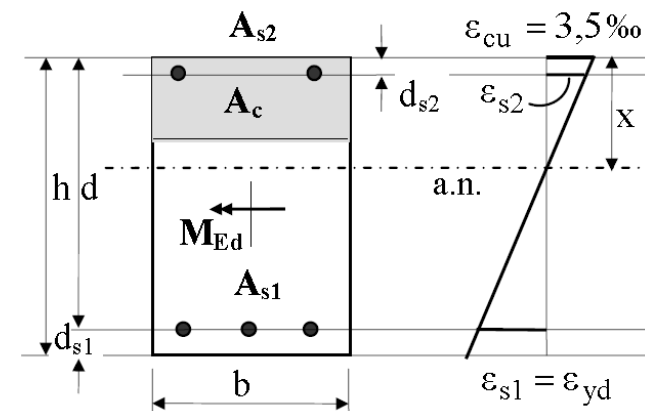


Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)**Pentru** $x = x_{min}$

$$\rightarrow \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

↓
cure armătura
comprimată



$$\rightarrow \frac{x_{min}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{x_{min} - d_{s2}}{\varepsilon_{yd}} \rightarrow x_{min} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd}/E_s} d_{s2}$$

Pt. armături PC52

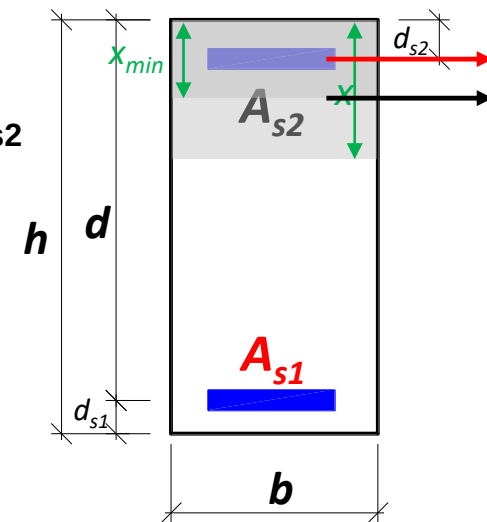
$$\rightarrow x_{min} = \frac{0.0035}{0.035 - 300/210000} d_{s2} = 1.7 d_{s2} \approx 2 d_{s2}$$

Pt. armături S500

$$\rightarrow x_{min} = \frac{0.0035}{0.035 - 435/200000} d_{s2} = 2.6 d_{s2} \approx 2.5 d_{s2}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} 

Se calculează $\xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$
 $x = \xi d$

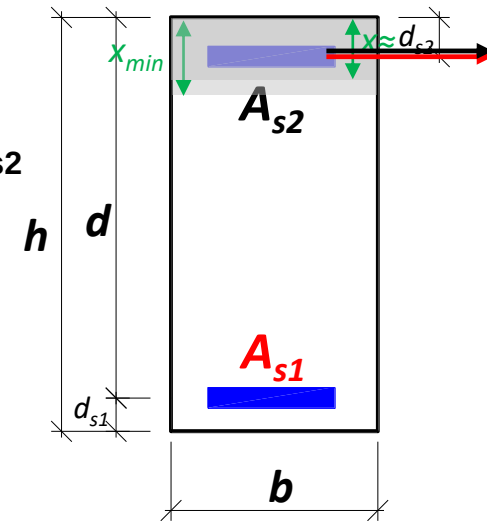
Dacă $x > x_{min} = (2 \dots 2,5)d_{s2}$
 dar $x \leq x_{lim} = \xi_{lim}d$

→ armătura comprimată ajunge la curgere

$$\rightarrow A_{s1} = 0,8bx \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + A_{s2}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)

2. Calculul ariei întinse (A_{s1}), având armătura comprimată A_{s2} Date de intrare: M_{Ed} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: A_{s1} 

Se calculează $\xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$
 $x = \xi d$

Dacă $x \leq x_{min} = (2 \dots 2,5)d_{s2}$

→ armătura comprimată nu curgere

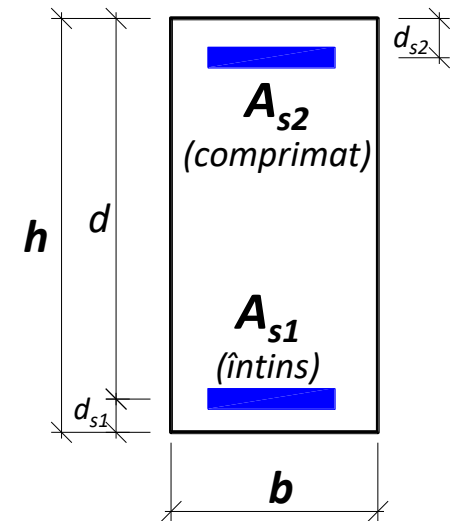
→ F_c acționează la nivelul rezultantei F_{s2} → Ecuația de momente scrisă în raport cu F_{s2}

$$\rightarrow A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}(d - d_{s2})}$$

Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} 

Presupunând că atât armătura întinsă cât și cea comprimată ajung la curgere →

$$x_{min} \leq x \leq x_{lim}$$

Ecuția de proiecție:

$$F_c + F_{s2} = F_{s1}$$

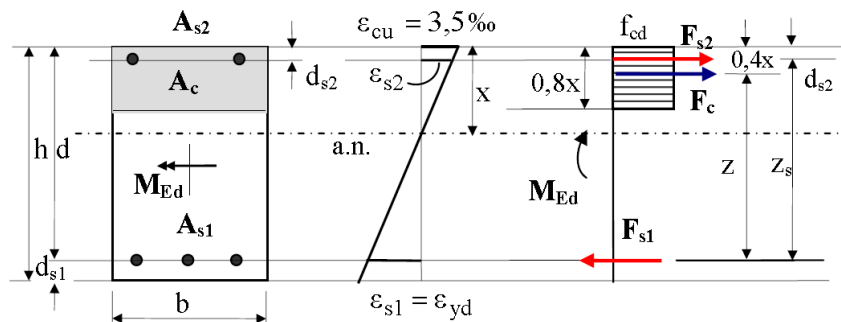
$$F_c = 0.8bx f_{cd}$$

$$F_{s1} = A_{s1} f_{yd}$$

$$F_{s2} = A_{s2} f_{yd}$$

$$\rightarrow 0.8bx f_{cd} + A_{s2} f_{yd} = A_{s1} f_{yd}$$

$$\rightarrow x = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2}) f_{yd}}{b f_{cd}}$$



Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd}

Se calculează

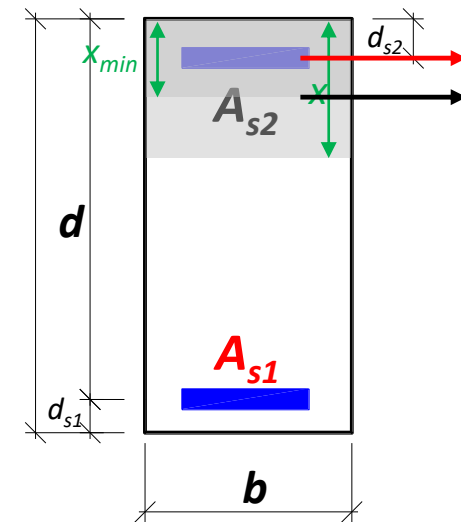
$$x = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2})f_{yd}}{bf_{cd}}$$

Dacă $x > x_{min} = (2 \dots 2,5)d_{s2}$ dar $x \leq x_{lim} = \xi_{lim}d$

→ armătura comprimată ajunge la curgere

 ΣM în raport cu F_{s1}

$$M_{Ed} = 0.8bx f_{cd}(d - 0.4x) + A_{s2}f_{yd}(d - d_{s2})$$



Double reinforced rectangular cross section - Design / Secțiune dreptunghiulară dublu armată - Proiectarea

O ALTĂ ABORDARE (SIMPLIFICARE)

3. Verificarea momentului încovoietor capabil

Date de intrare: A_{s1} ; A_{s2} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , h ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd}

Se calculează

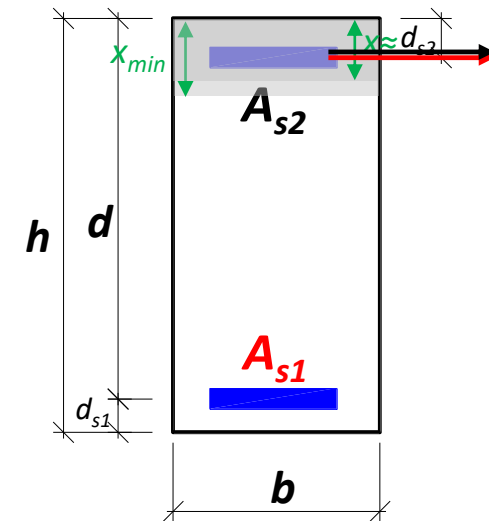
$$x = 1.25 \frac{(A_{s1} - A_{s2})f_{yd}}{bf_{cd}}$$

Dacă $x \leq x_{lim} = (2 \dots 2,5)d_{s2}$

→ armătura comprimată nu curgere

→ F_c acționează la nivelul rezultantei F_{s2} → Ecuația de momente scrisă în raport cu F_{s2}

$$M_{Rd} = A_{s1}f_{yd}(d - d_{s1})$$



8.1 DEFINIȚII

8.2 IPOTEZE DE PROIECTARE

8.3 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ SIMPLU ARMATĂ

8.4 SECȚIUNEA DREPTUNGHULARĂ DUBLU ARMATĂ

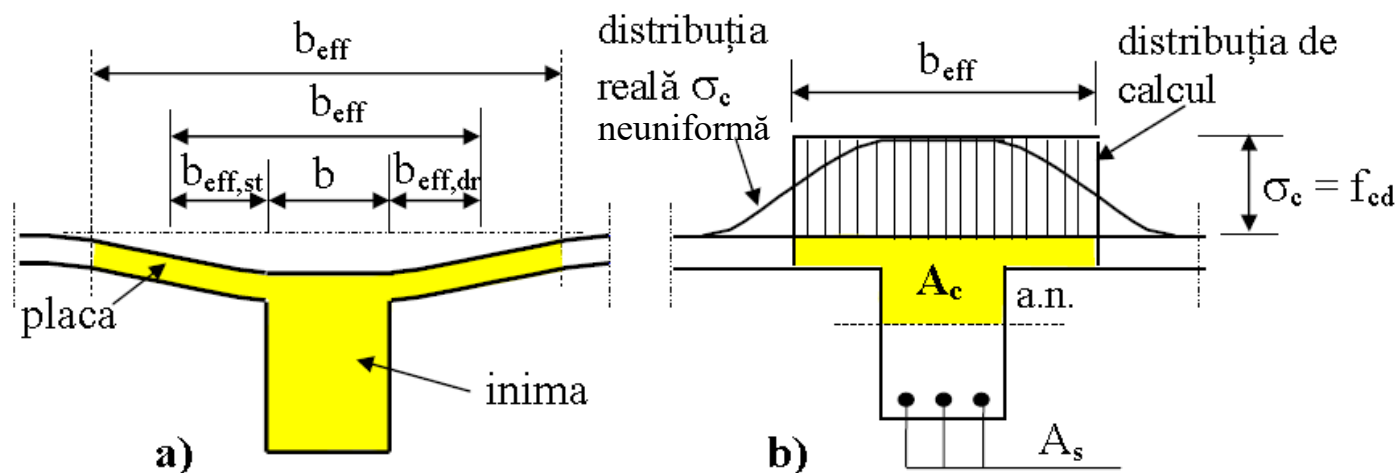
8.5 SECȚIUNEA ÎN FORMĂ DE T SIMPLU ARMATĂ

Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

Secțiunile în formă de T :

- grinzi prefabricate
- grinzile planșeelor monolite
- secțiuni în formă de I sau chesonate

Lățimea efectivă a plăcii → Datorită **conlucrării** între grinda și placă, aceasta **urmărește deformațiile** inimii

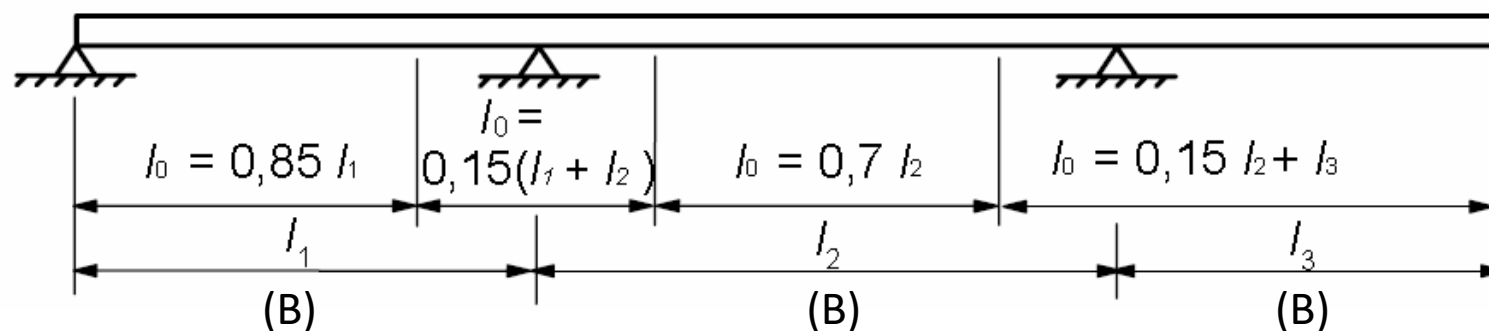


→ Determinarea lui b_{eff} este dificilă → simplificat în EC2

Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

Lățimea activă a plăcilor comprimate (b_{eff}) depinde de dimensiunile inimii și ale plăcii, de tipul de încărcare considerat, de deschidere, de condițiile de reazem și de armarea transversală.

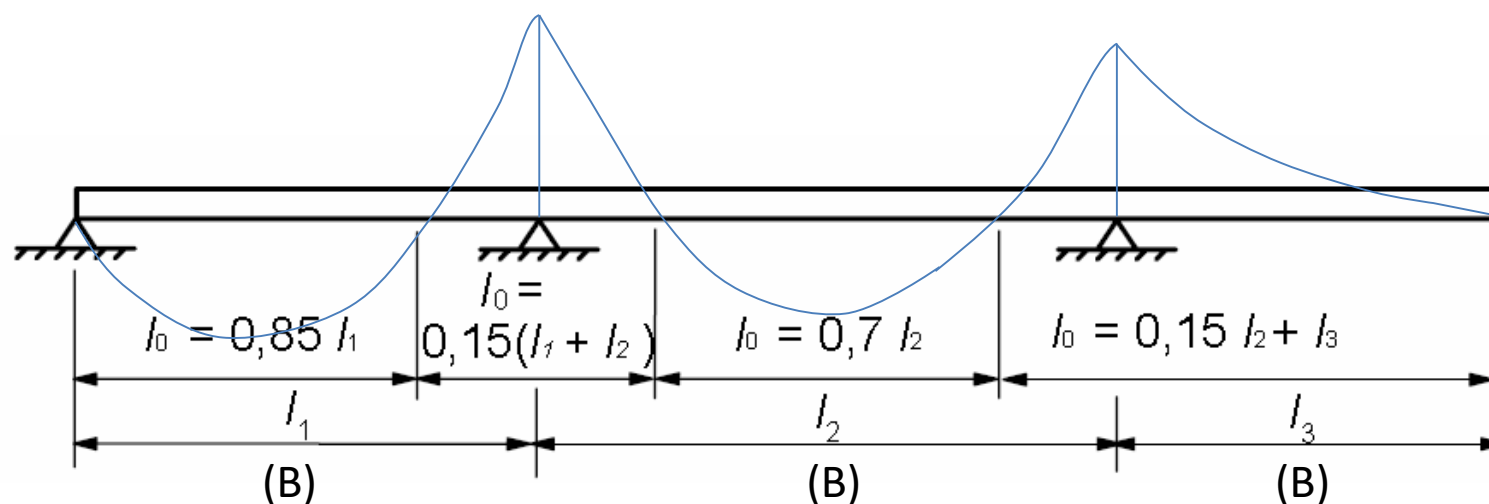
Lățimea activă a plăcilor comprimate (b_{eff}) se stabilește în funcție de distanța l_0 dintre punctele de moment nul.



Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

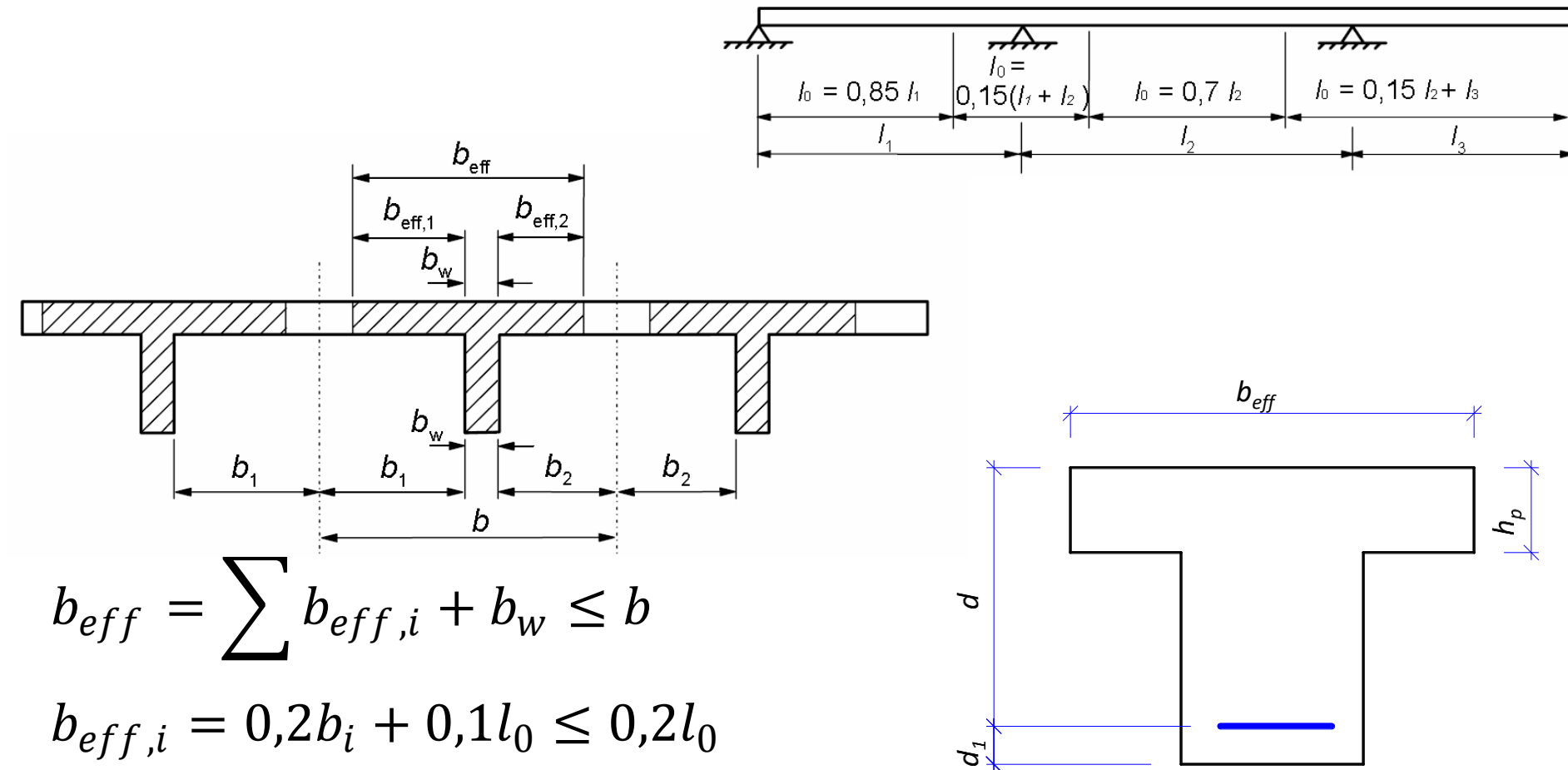
Lățimea activă a plăcilor comprimate (b_{eff}) depinde de dimensiunile inimii și ale plăcii, de tipul de încărcare considerat, de deschidere, de condițiile de reazem și de armarea transversală.

Lățimea activă a plăcilor comprimate (b_{eff}) se stabilește în funcție de distanța l_0 dintre punctele de moment nul.



Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

Lățimea activă a plăcilor comprimate (b_{eff}) depinde de dimensiunile inimii și ale plăcii, de tipul de încărcare considerat, de deschidere, de condițiile de reazem și de armarea transversală.



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

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

La proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare în cazul grinzilor cu secțiunea în formă de T, se iau în considerare și armăturile din placă, paralele cu grinda, dacă sunt plasate la interiorul lățimii efective a grinzilor b_{eff} și dacă sunt ancorate adecvat.

Lățimea efectivă a grinzilor cu secțiune în formă de T, în zona aripilor, b_{eff} , se determină după cum urmează:

- nod exterior cu grinzi transversale

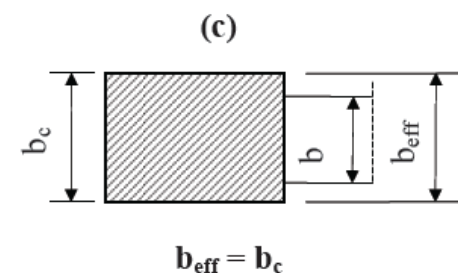
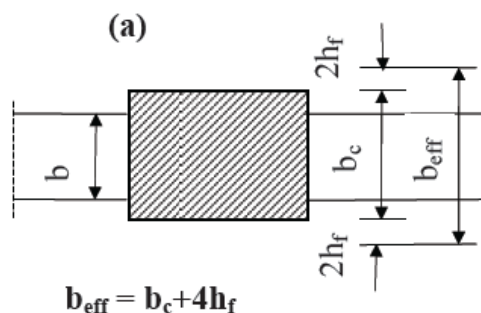
$$b_{eff} = b_c + 2h_p + 2h_p$$

- nod interior

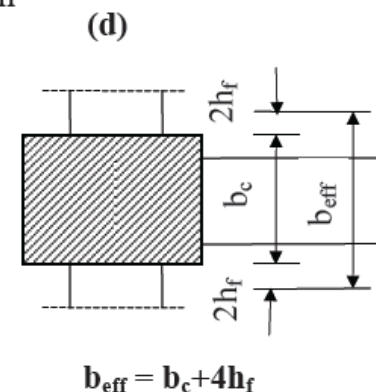
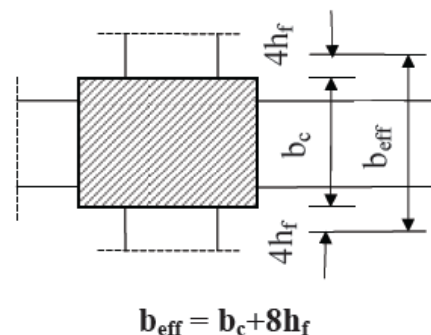
$$b_{eff} = b_c + 4h_p + 4h_p$$

- nod exterior fără grinzi transversale

$$b_{eff} = b_c$$



$h_f = \text{grosimea plăcii}$



Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

Determinarea poziției axei neutre ($0.8x \leq h_f$ sau $0.8x > h_f$)

Pt delimitarea celor două situații se consideră cazul particular în care $0.8x = h_f$

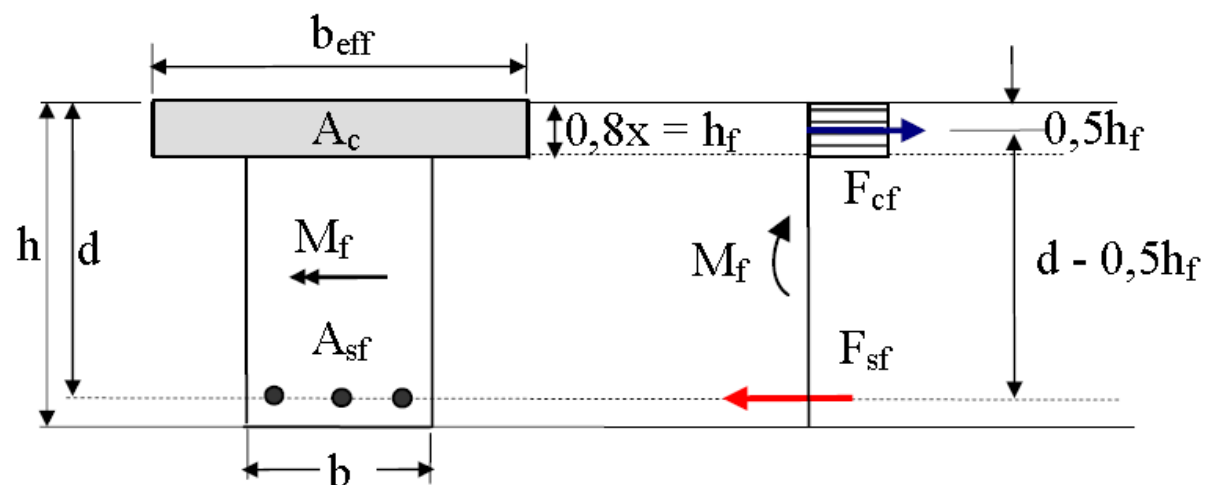
Ecuția de proiecție

$$F_{cf} = F_{sf}$$

$$F_{cf} = b_{eff} h_f f_{cd}$$

$$F_{sf} = A_{sf} f_{yd} \quad \Rightarrow \quad A_{sf} = b_{eff} h_f \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$0.8x = h_f$$



Simple reinforced flanged (T) section / Secțiune în formă de T simplu armată

Determinarea poziției axei neutre ($0.8x \leq h_f$ sau $0.8x > h_f$)

Ecuția de momente

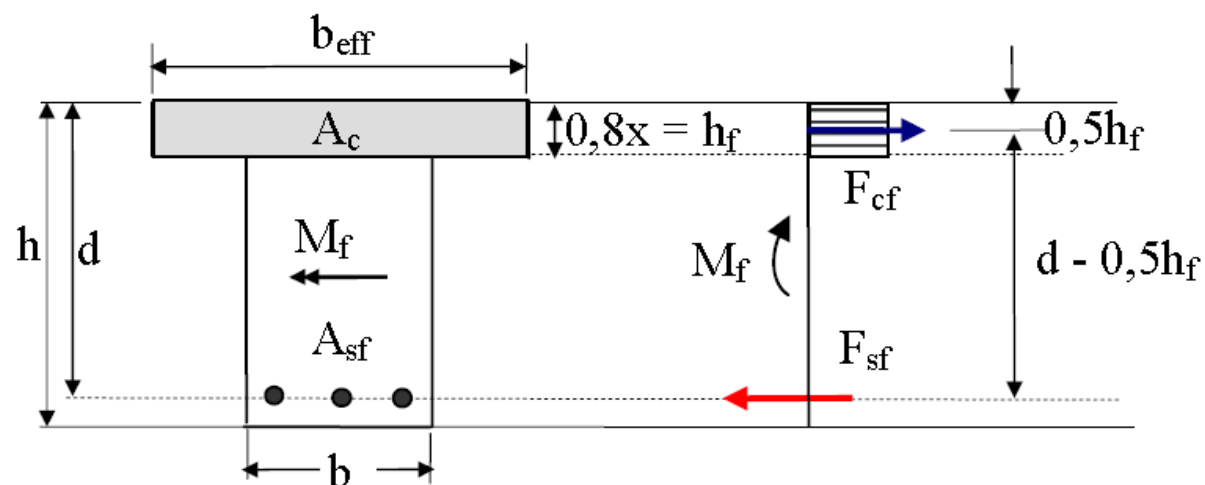
ΣM în raport cu F_{sf}

$$M_f = F_{cf} (d - 0.5h_f)$$

$$F_{cf} = b_{eff} h_f f_{cd} \quad \Rightarrow \quad M_f = b_{eff} h_f f_{cd} (d - 0.5h_f)$$

Dacă axa neutră este în placă $0.8x \leq h_f \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} \leq M_f$

Dacă axa neutră este în inimă $0.8x > h_f \quad \Rightarrow \quad M_{Ed} > M_f$



Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

Proiectarea secțiunii T în cazul în care axa neutră este în placă $M_{Ed} \leq M_f$

→ se calculează ca o **secțiune de formă dreptunghiulară** cu lățimea b_{eff} și înălțimea utilă d , deoarece **zona întinsă fiind fisurată**, pentru calcul **contează numai dimensiunile zonei comprimate de beton**

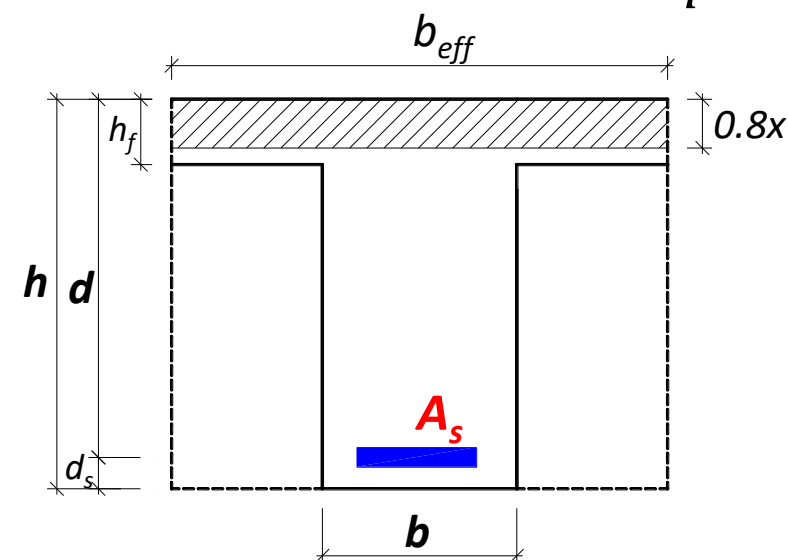
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} \quad \mu \leq \mu_{lim}!!!$$

$$\omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

(sau din tabele)

$$p$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_s = \omega_s b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ A_s = p \frac{b_{eff} d}{100} \end{array} \right.$$



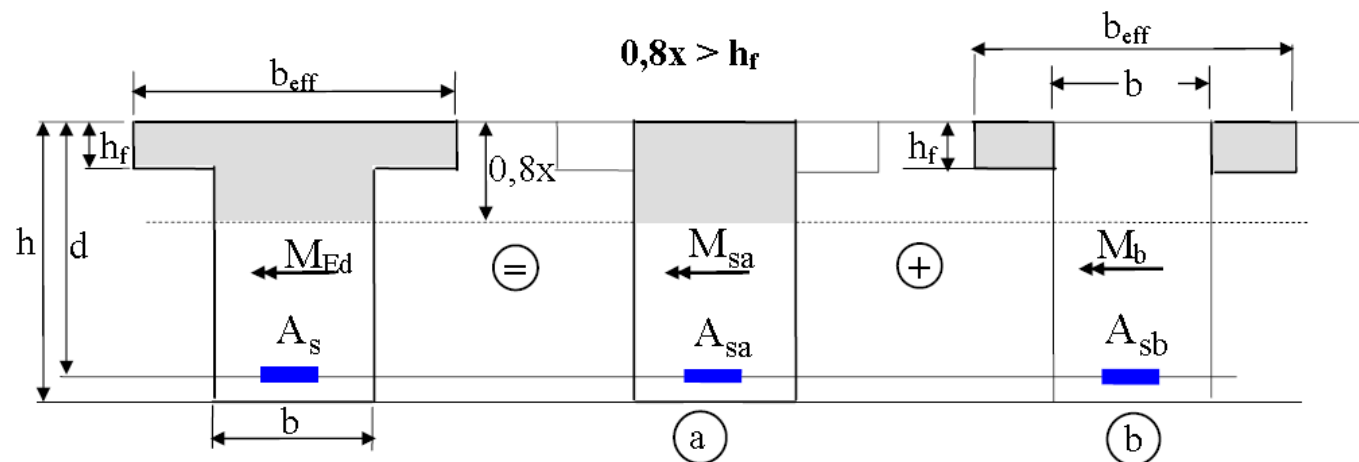
Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

Proiectarea secțiunii T în cazul în care axa neutră este înima grinzii $M_{Ed} > M_f$

→ Secțiunea de calcul se consideră formată din două componente:

a) **Secțiunea dreptunghiulară simplu armată** (cu armătura A_{sa}) sollicitată de momentul încovoietor M_{sa}

b) **Secțiunea formată din aripile plăcii**, având lățimea ($b_{eff} - b$) și armătura corespunzătoare A_{sb} , sollicitată de M_b



Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

Proiectarea secțiunii T în cazul în care axa neutră este înima grinzii $M_{Ed} > M_f$

Ecuția de proiecție

$$F_c = F_s$$

Beton:

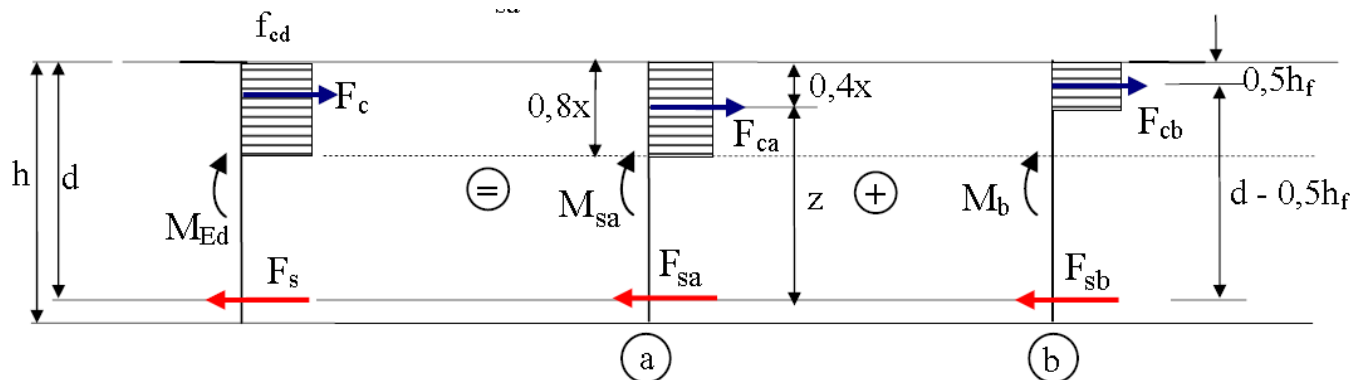
$$F_c = F_{ca} + F_{cb} = 0.8bx f_{cd} + (b_{eff} - b)h_f f_{cd}$$

Armătură:

$$F_s = (A_{sa} + A_{sb})f_{yd} = A_s f_{yd}$$

$$\Rightarrow 0.8bx f_{cd} + (b_{eff} - b)h_f f_{cd} = A_s f_{yd}$$

$$\Rightarrow x = 1.25 \left(\frac{A_s f_{yd}}{b f_{cd}} - \frac{b_{eff} - b}{b} h_f \right) \quad \xi = \frac{x}{d} \quad \xi = 1.25 \left(\frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} - \frac{b_{eff} - b}{b d} h_f \right)$$



Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

Proiectarea secțiunii T în cazul în care axa neutră este înima grinzii $M_{Ed} > M_f$

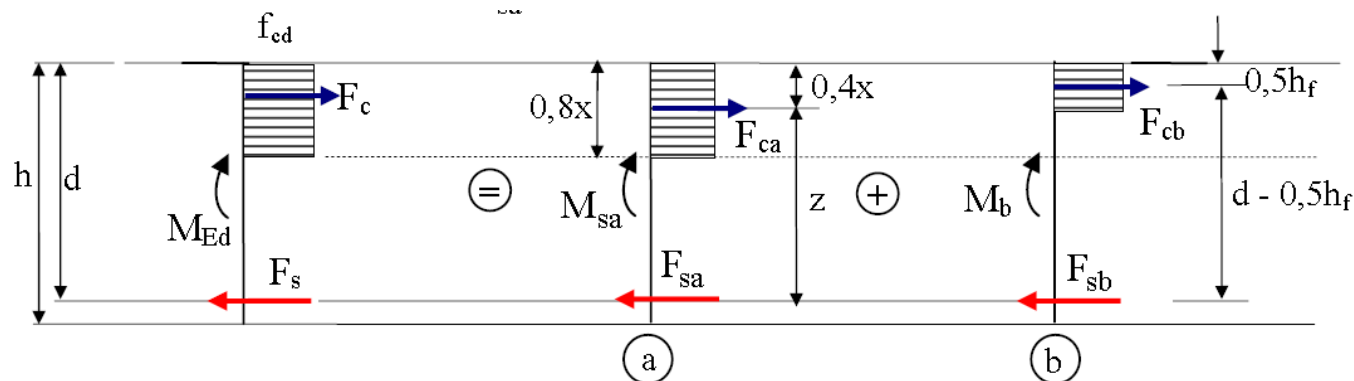
Ecuția de momente

ΣM în raport cu F_s

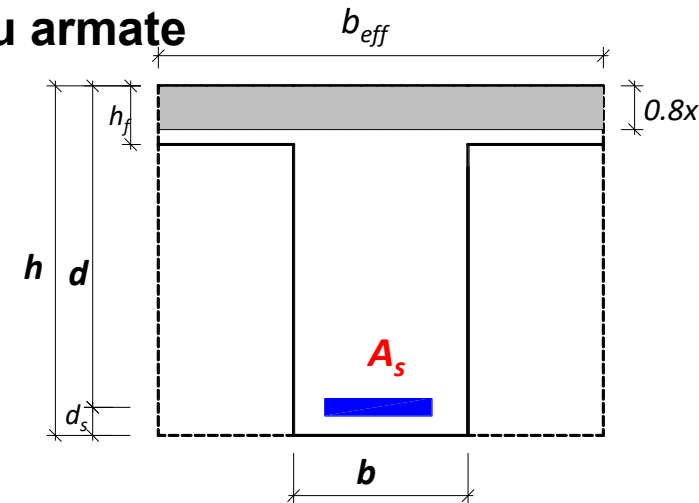
$$M_{Ed} = F_{ca} z + F_{cb} (d - 0.5h_f)$$

$$\Rightarrow M_{Ed} = \mu b d^2 f_{cd} + (b_{eff} - b) h_f (d - 0.5h_f) f_{cd}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} + (b_{eff} - b) h_f (d - 0.5h_f) f_{cd}$$



Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

1. Calculul ariei de armătură A_s al secțiunii T simplu armateDate de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: A_s 

$$0.8x = h_f \Rightarrow M_f = b_{eff} h_f f_{cd} (d - 0.5h_f)$$

Dacă $M_{Ed} \leq M_f \rightarrow$ axa neutră este în placă

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} \xrightarrow{\mu \leq \mu_{lim}!!!} \begin{cases} \omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \\ \text{(sau din tabele)} \\ p \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A_s = \omega_s b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ A_s = p \frac{b_{eff} d}{100} \end{cases}$$

Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

1. Calculul ariei de armătură A_s al secțiunii T simplu armateDate de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: A_s

$$0.8x = h_f \Rightarrow M_f = b_{eff} h_f f_{cd} (d - 0.5h_f)$$

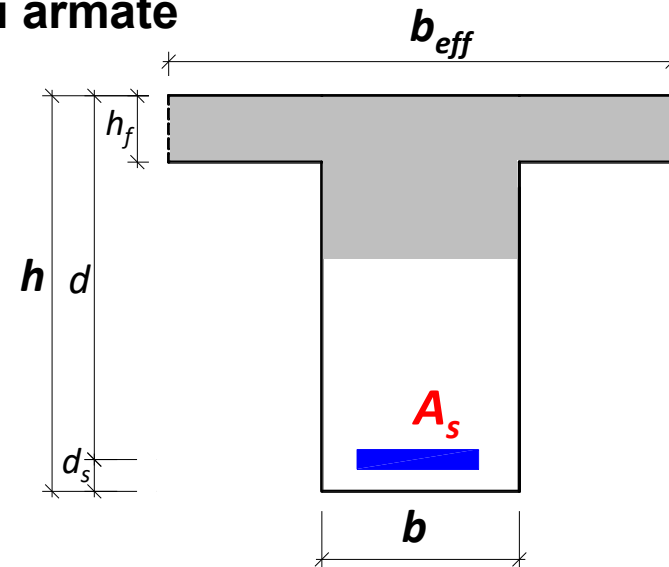
Dacă $M_{Ed} > M_f \rightarrow$ axa neutră este în inimă

$$\mu = \frac{M_{Ed} - (b_{eff} - b)h_f(d - 0.5h_f)f_{cd}}{bd^2f_{cd}} \quad \mu \leq \mu_{lim}!!!$$

$$\omega_s = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

(sau din tabele)

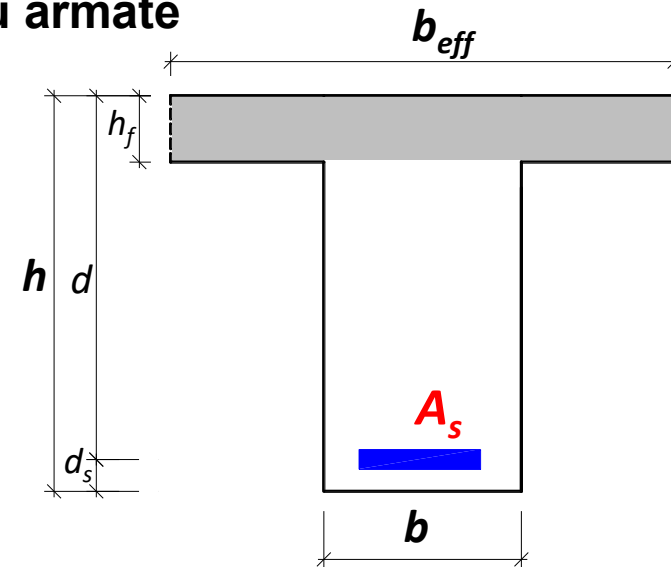
$$\Rightarrow A_s = \omega_s bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + (b_{eff} - b)h_f \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$



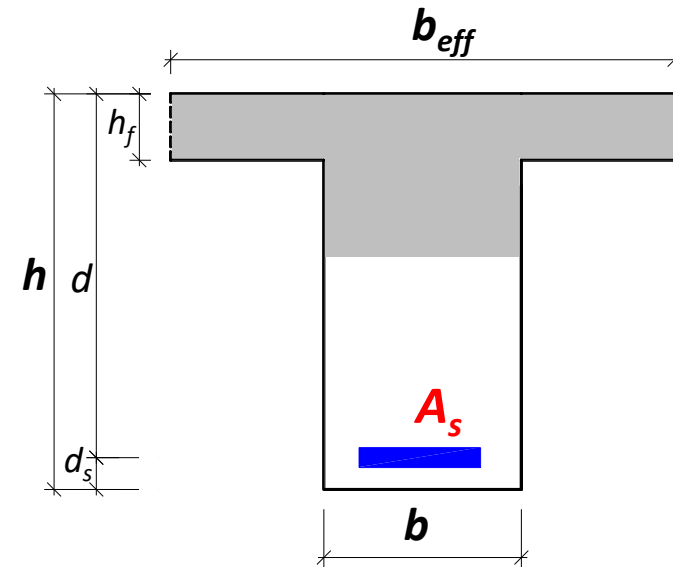
Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

1. Calculul ariei de armătură A_s al secțiunii T simplu armateDate de intrare: M_{Ed} ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: A_s Dacă $b_{eff}/b \geq 5$ → se acceptă să se considere $0,8x = h_f$

$$\Rightarrow A_s = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}(d - 0.5h_f)}$$



Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

2. Verificarea momentului încovoiător capabil M_{Rd} al secțiunii T simplu armateDate de intrare: A_s ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} 

$$\text{Dacă } A_s \geq A_{sf} = b_{eff} h_f \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

→

axa neutră este în inimă

$$\xi = 1.25 \left(\frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} - \frac{b_{eff} - b}{b d} h_f \right)$$

⇒

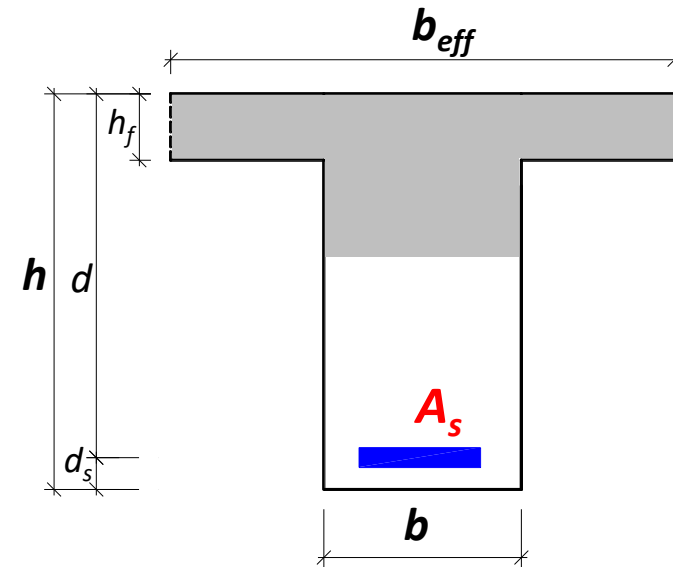
$$\mu = 0.8 \xi (1 - 0.4 \xi)$$

Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

2. Verificarea momentului încovoiator capabil M_{Rd} al secțiunii T simplu armate

Date de intrare: A_s ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom}

Necunoscut: M_{Rd}



a) Dacă $\xi \leq \xi_{lim}$ $\rightarrow$ armătura curge

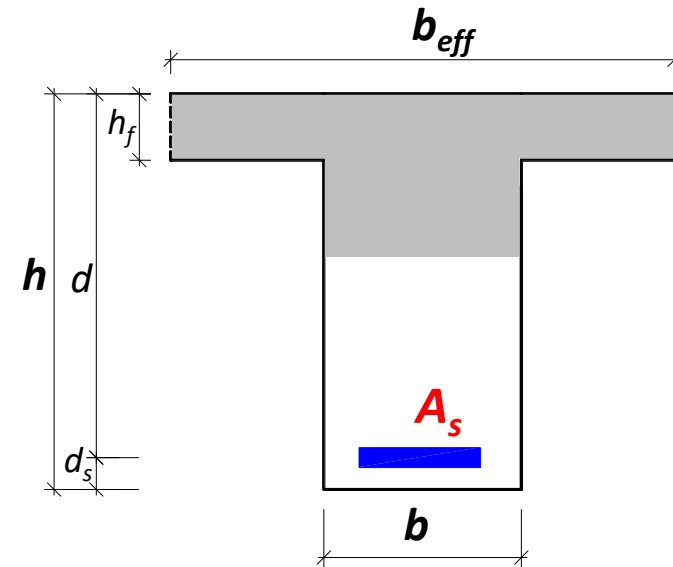
$$\Rightarrow M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} + (b_{eff} - b) h_f (d - 0.5 h_f) f_{cd}$$

Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

2. Verificarea momentului încovoietor capabil M_{Rd} al secțiunii T simplu armate

Date de intrare: A_s ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom}

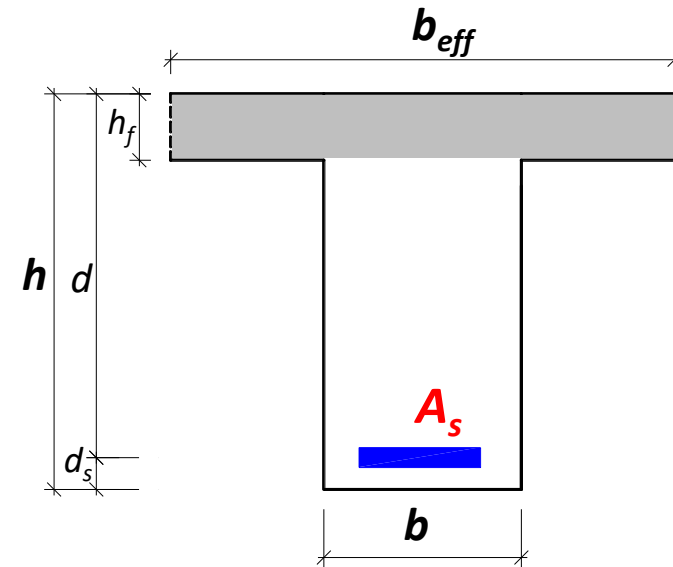
Necunoscut: M_{Rd}



b) Dacă $\xi > \xi_{lim} \rightarrow$ momentul încovoietor capabil se limitează

$$\Rightarrow M_{Rd} = \mu_{lim} b d^2 f_{cd} + (b_{eff} - b) h_f (d - 0.5 h_f) f_{cd}$$

Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

2. Verificarea momentului încovoiator capabil M_{Rd} al secțiunii T simplu armateDate de intrare: A_s ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd} c) Dacă $b_{eff}/b \geq 5$ → se acceptă ca

$$\Rightarrow M_{Rd} = A_s f_{yd} (d - 0.5 h_f)$$

Simple reinforced flanged (T) section – Design / Secțiune în formă de T simplu armată – Proiectare

2. Verificarea momentului încovoiator capabil M_{Rd} al secțiunii T simplu armateDate de intrare: A_s ; f_{cd} ; f_{yd} ; b , b_{eff} , h , h_f ; c_{nom} Necunoscut: M_{Rd}

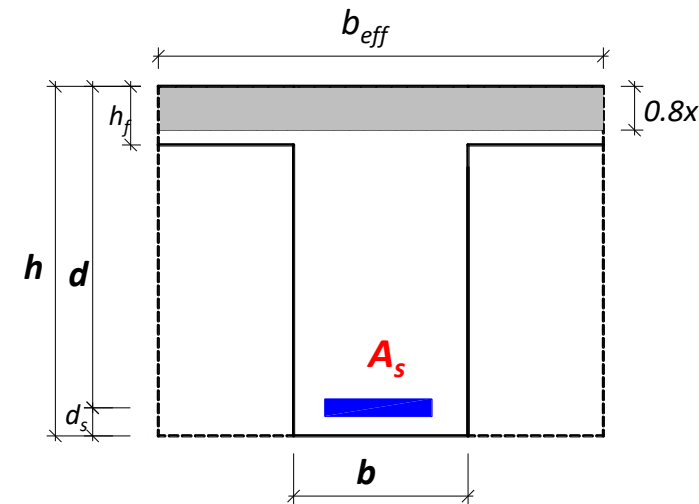
Dacă $A_s < A_{sf} = b_{eff} h_f \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$ → axa neutră este în placă

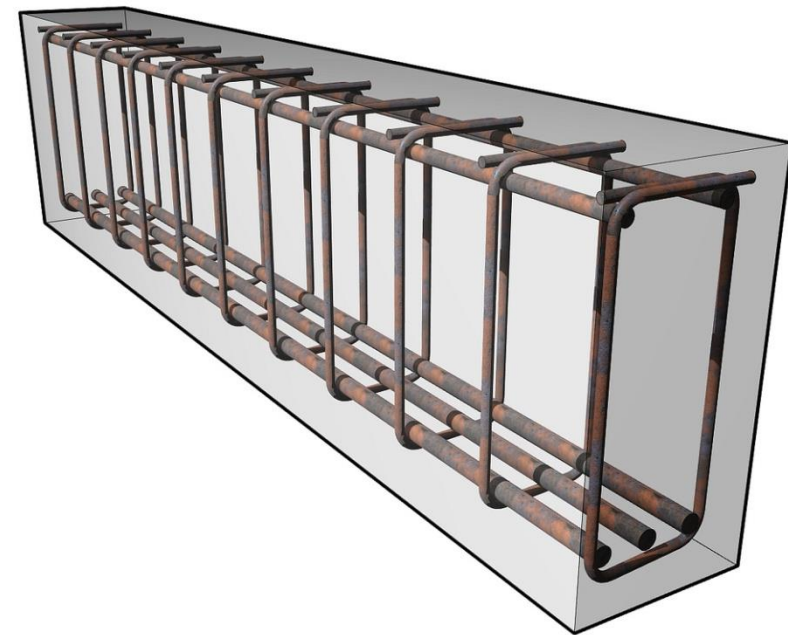
$$\mu = \omega_s (1 - 0,5\omega_s) \quad \omega_s = \frac{A_s}{bd} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

- Dacă $\mu \leq \mu_{lim}$ → armătura curge → $M_{Rd} = \mu b_{eff} d^2 f_{cd}$

- Dacă $\mu > \mu_{lim}$ → armătura nu curge → $M_{Rd,max} = \mu_{lim} b_{eff} d^2 f_{cd}$

$$\mu_{lim} = 0.8\xi_{lim} (1 - 0.4\xi_{lim})$$





Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás
profesor

E-mail:

tamas.nagy-gyorgy@upt.ro

Tel:

+40 256 403 935

Web:

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

Birou:

A219

MULȚUMESC FRUMOS PENTRU ATENȚIE!