

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

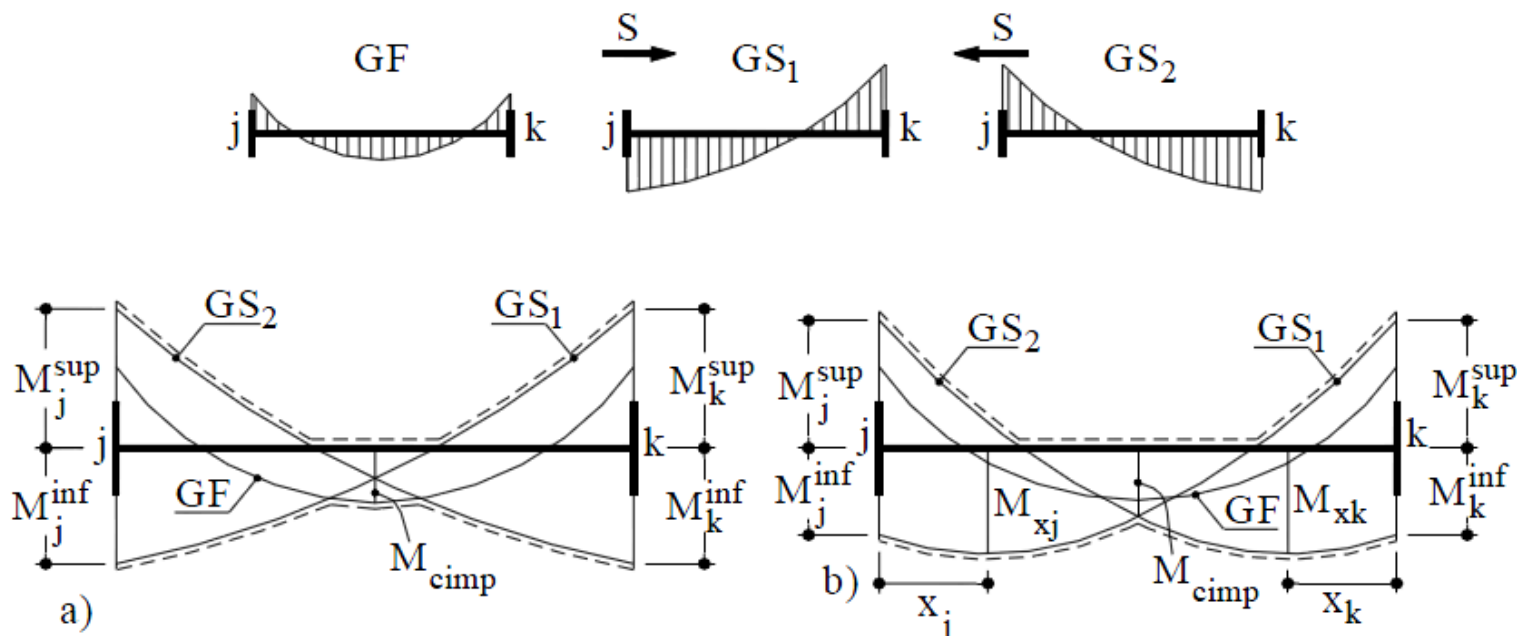
Cuprins

- » 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

VI. Dimensionarea și alcătuirea grinzilor

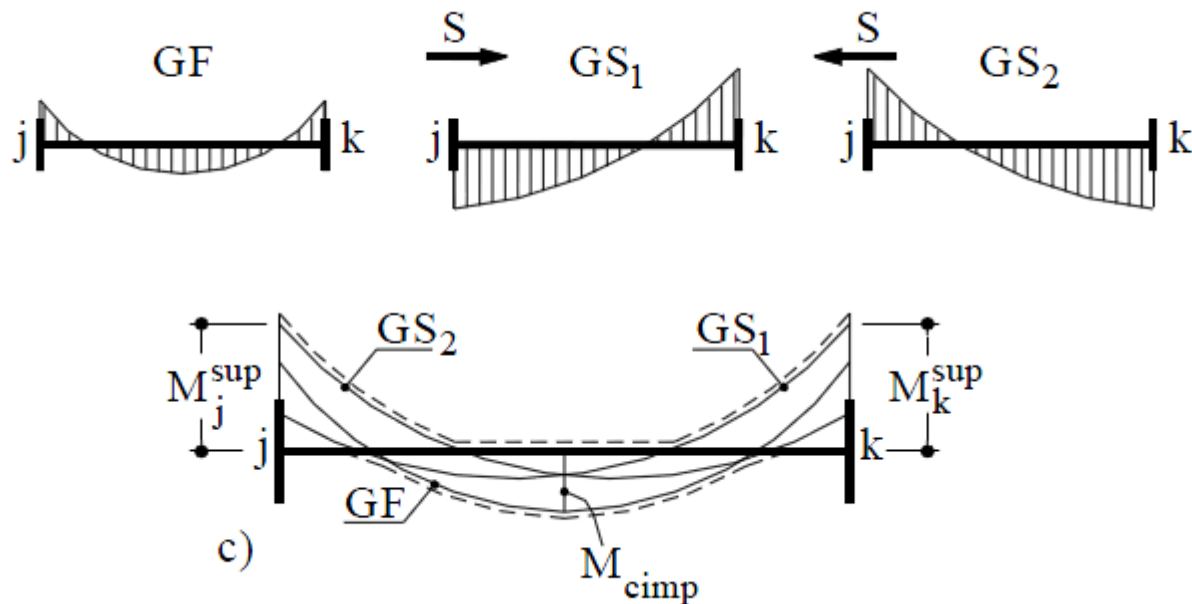
Se verifică (se schimbă dacă este cazul!) dimensiunile secțiunii transversale de beton alese la predimensionare (h și b), astfel încât, pe cât posibil, dimensiunile h și b să corespundă procentelor uzuale de armare pentru grinzi monolite: **1...1,5%**.

Deoarece calculul static s-a efectuat cu o valoare redusă a acțiunii seismice, este de așteptat ca sub efectul seismului real, momentele într-o secțiune de reazem să fie maxime din combinațiile care includ seismul. Momentele care întind fibra inferioară pot fi **maxime la fața reazemului, sau la o distanță oarecare x de reazem.**



VI. Dimensionarea și alcătuirea grinzilor

Dacă predomină efectul acțiunilor verticale, diagrama înfășurătoare poate să aibă alura din figura



VI. Dimensionarea și alcătuirea grinzilor

Diagrama înfășurătoare a momentelor

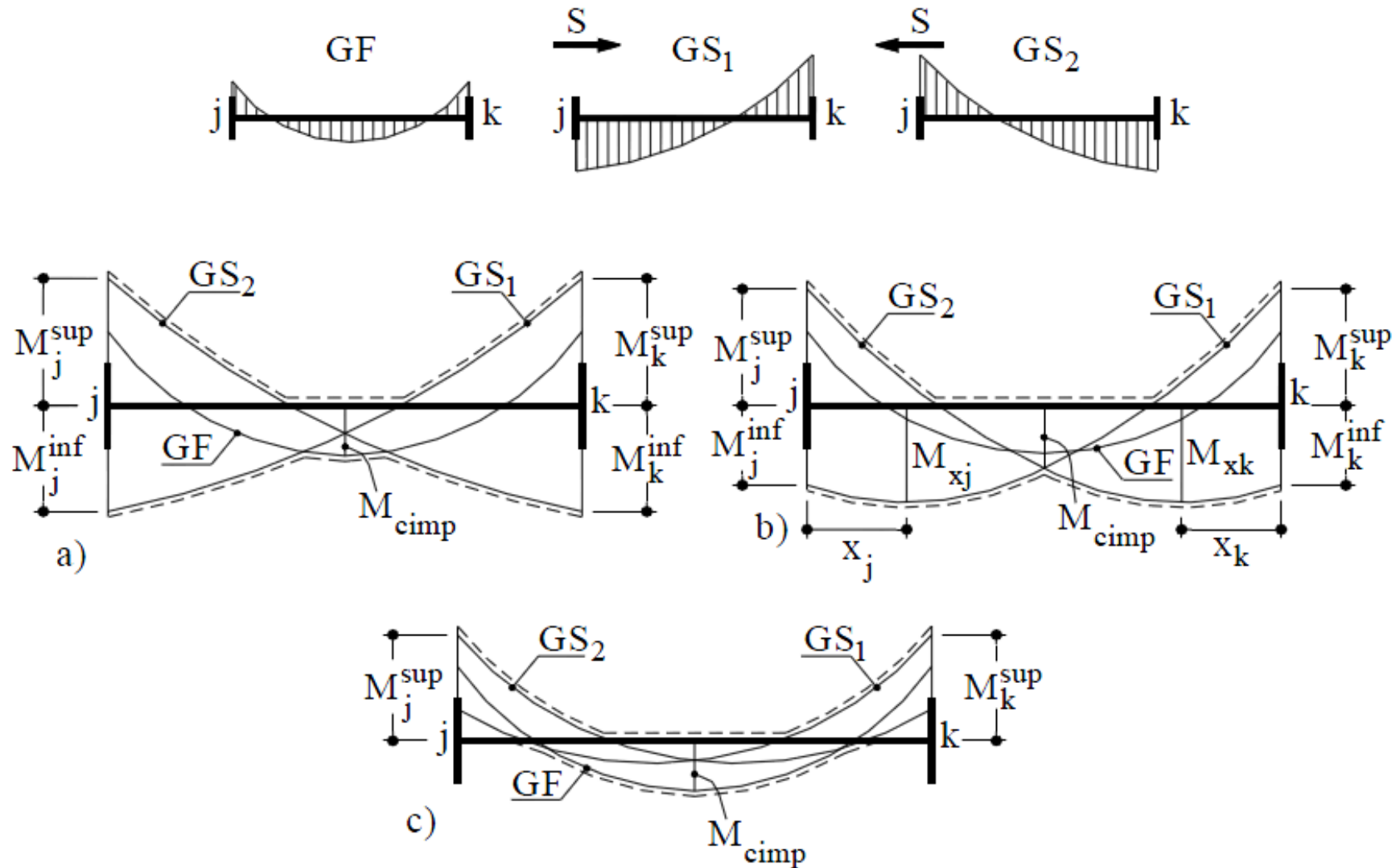


Diagrama înfășurătoare a momentelor

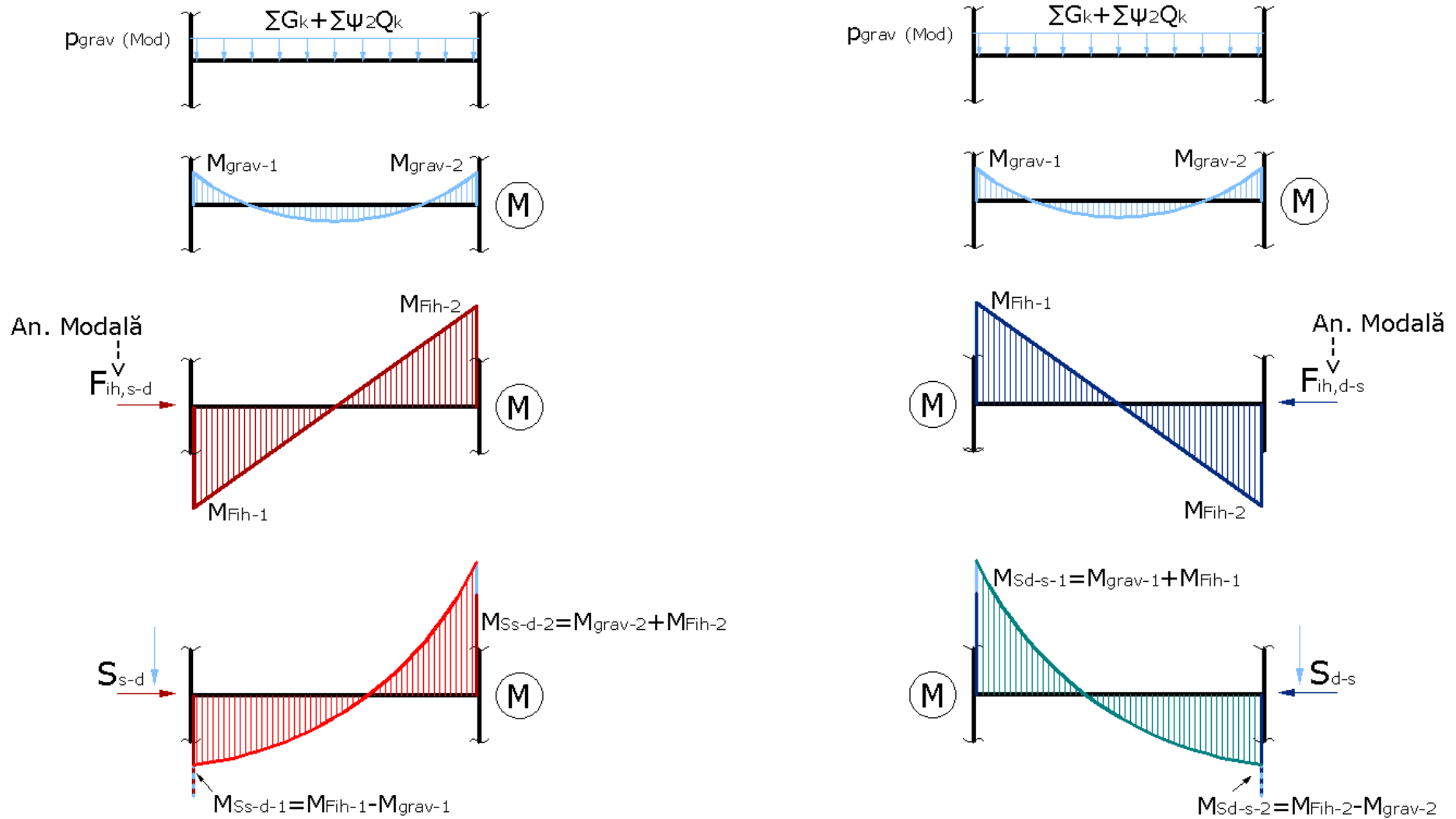
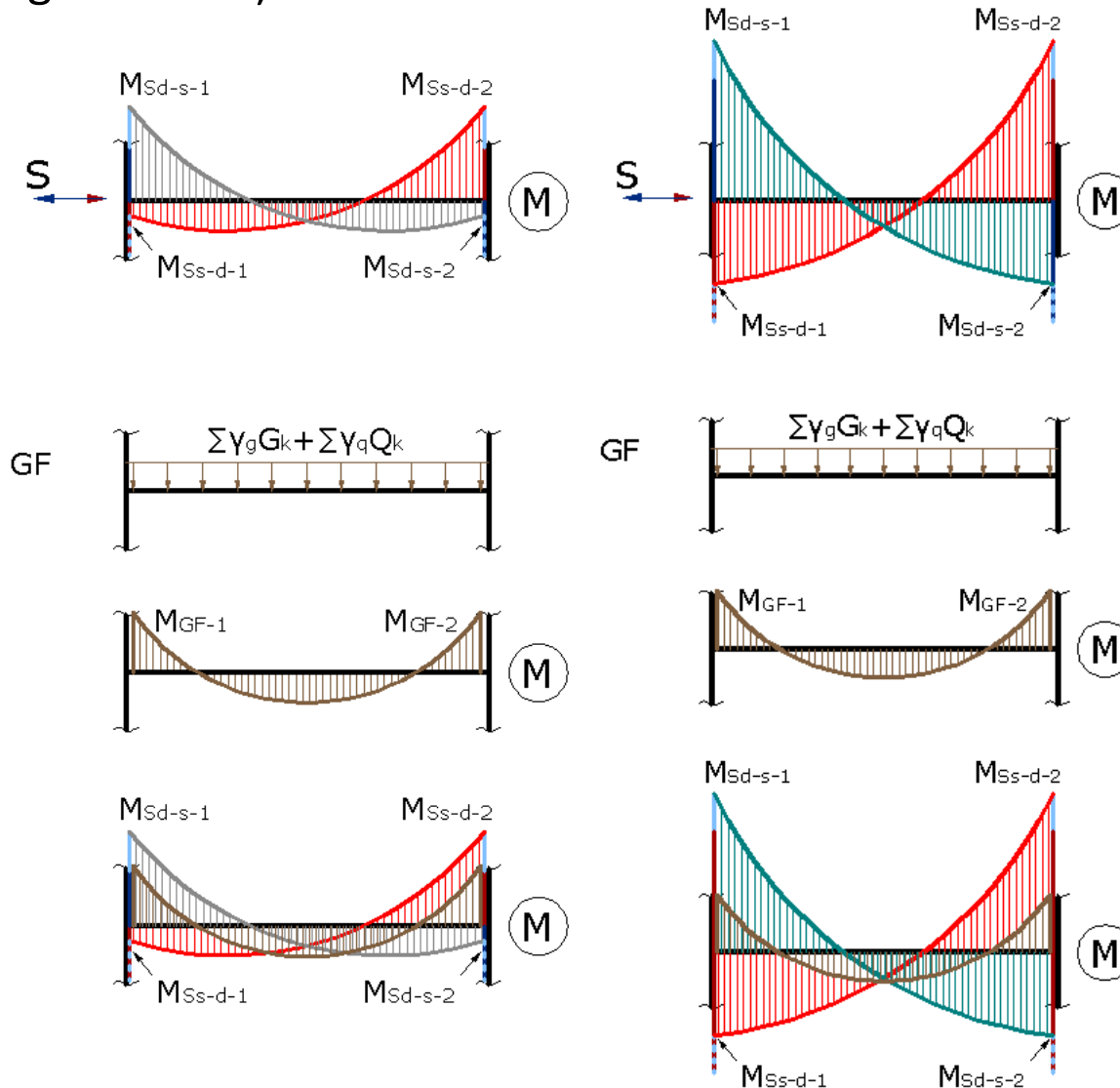


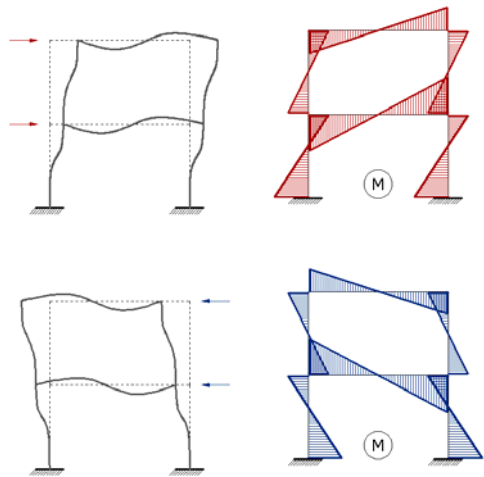
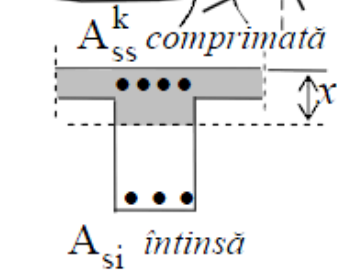
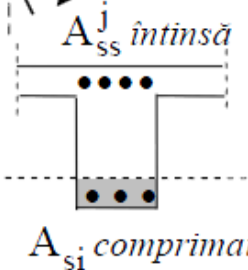
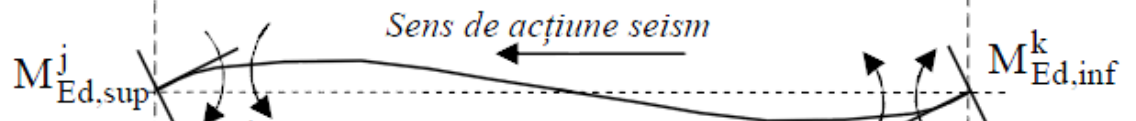
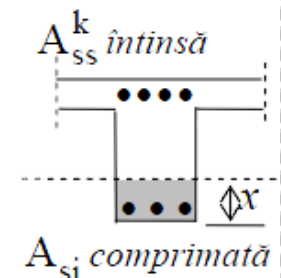
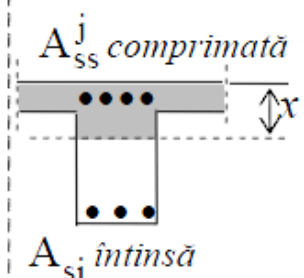
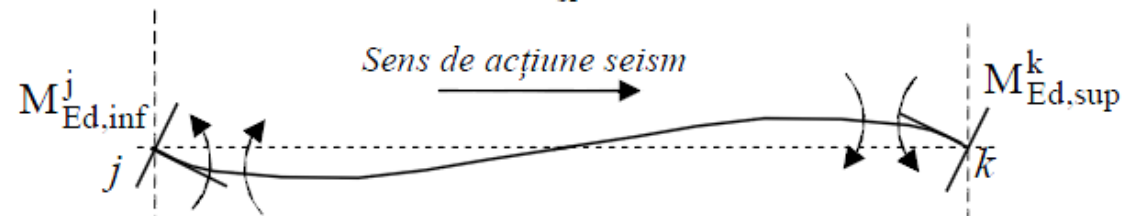
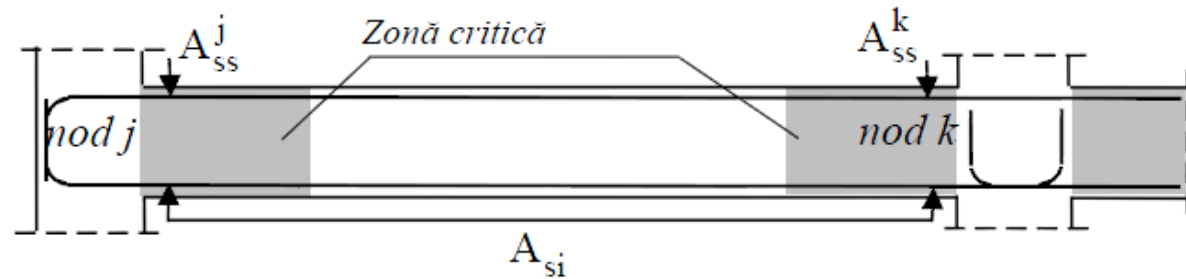
Diagrama înfășurătoare a momentelor



1. Principiul de dimensionare a armăturilor longitudinale

- a. Se calculează ariile necesare pentru armăturile situate în **partea inferioară a grinzilor**, A_{sj} . De obicei, aceste armături se prevăd cu aceeași secțiune pentru toată deschiderea unei grinzi, de aceea se utilizează cea mai mare valoare selectată din diagrama de momente înfășurătoare, indiferent de poziția în lungul grinzii.
- b. Se calculează ariile necesare pentru armăturile longitudinale situate în **partea superioară a grinzilor**, A_{ss} , în **secțiunile de reazem**. Calculul ariilor trebuie efectuată cel puțin pentru cele două secțiuni de reazem a unei deschideri de grindă, deoarece armăturile pot diferi în aceste secțiuni. În secțiunile de reazem adiacente unui stâlp interior, armăturile se vor alege pentru valorile maxime rezultate din calculul în stânga, respectiv în dreapta stâlpului.
- c. În paralel cu calculul ariilor de armătură în toate secțiunile caracteristice ale riglelor, se alege **traseul armăturilor**. Se recomandă ca armarea longitudinală să se facă cu bare drepte, ancorate în mod corespunzător.

Solicitările produse de seism



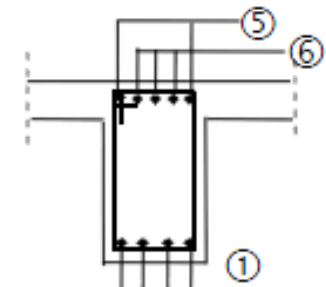
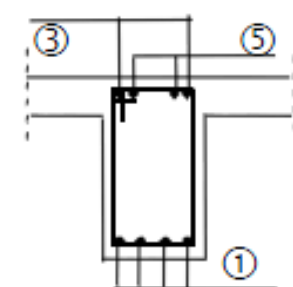
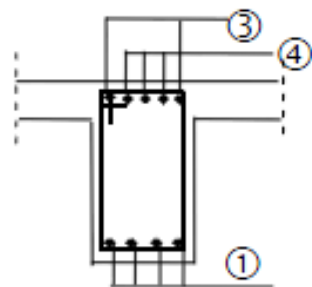
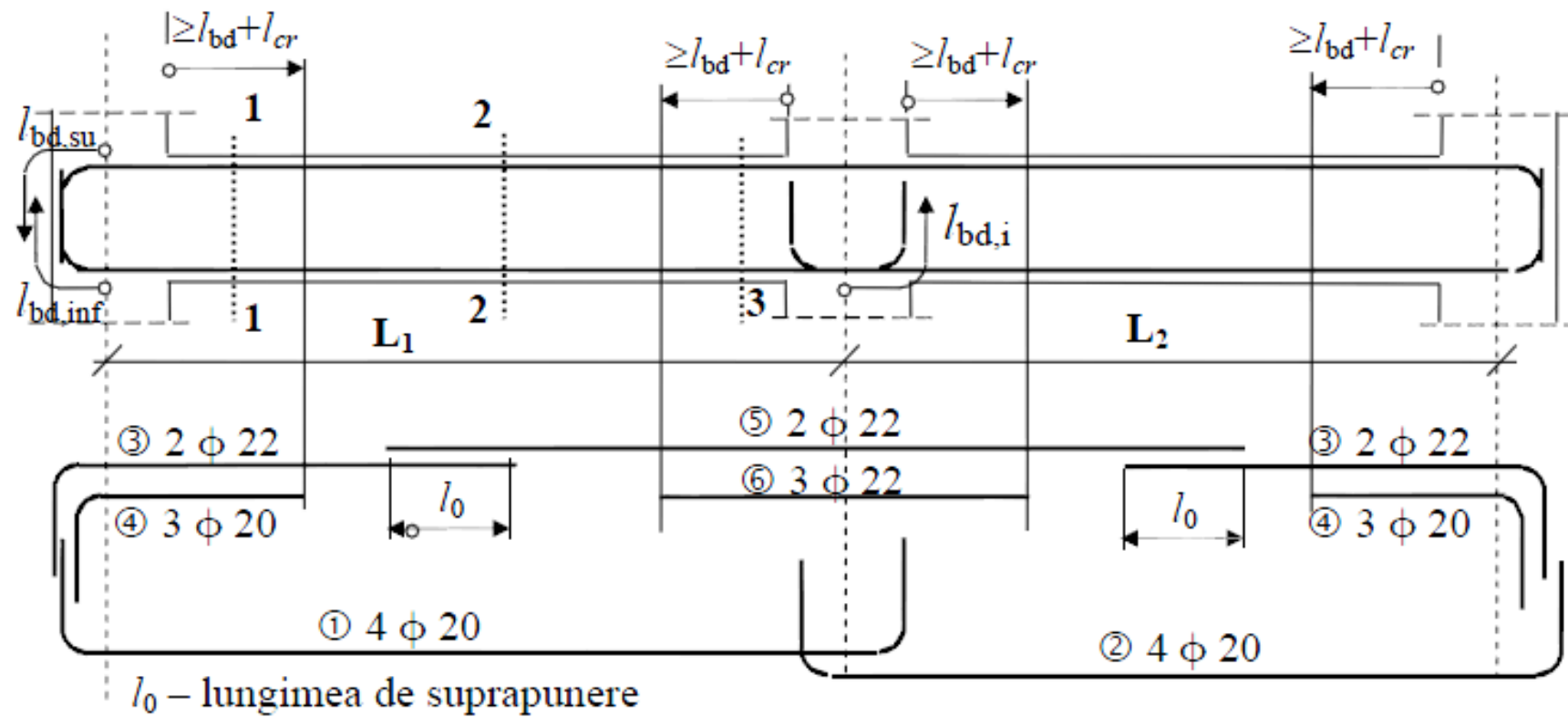
2. Prevederi constructive pentru grinzi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
<p>Zonele de la extremitățile grinzilor cu lungimea l_{cr}, măsurate de la fața stâlpilor, precum și zonele cu această lungime, situate de o parte și de alta a unei secțiuni din câmpul grinzii, unde poate interveni curgerea în cazul combinației seismice de proiectare, se consider zone critice (disipative).</p>	
$l_{cr} = 1,5h_w$	$l_{cr} = h_w$
<p>Cel puțin jumătate din secțiunea de armătură întinsă se prevede și în zona comprimată a acestor secțiuni</p>	
$\rho = \frac{A_s}{bd} \geq 0,5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$	
<p>Armăturile longitudinale se vor dimensiona astfel încât înălțimea zonei comprimate</p>	
$\xi \leq 0,25$	

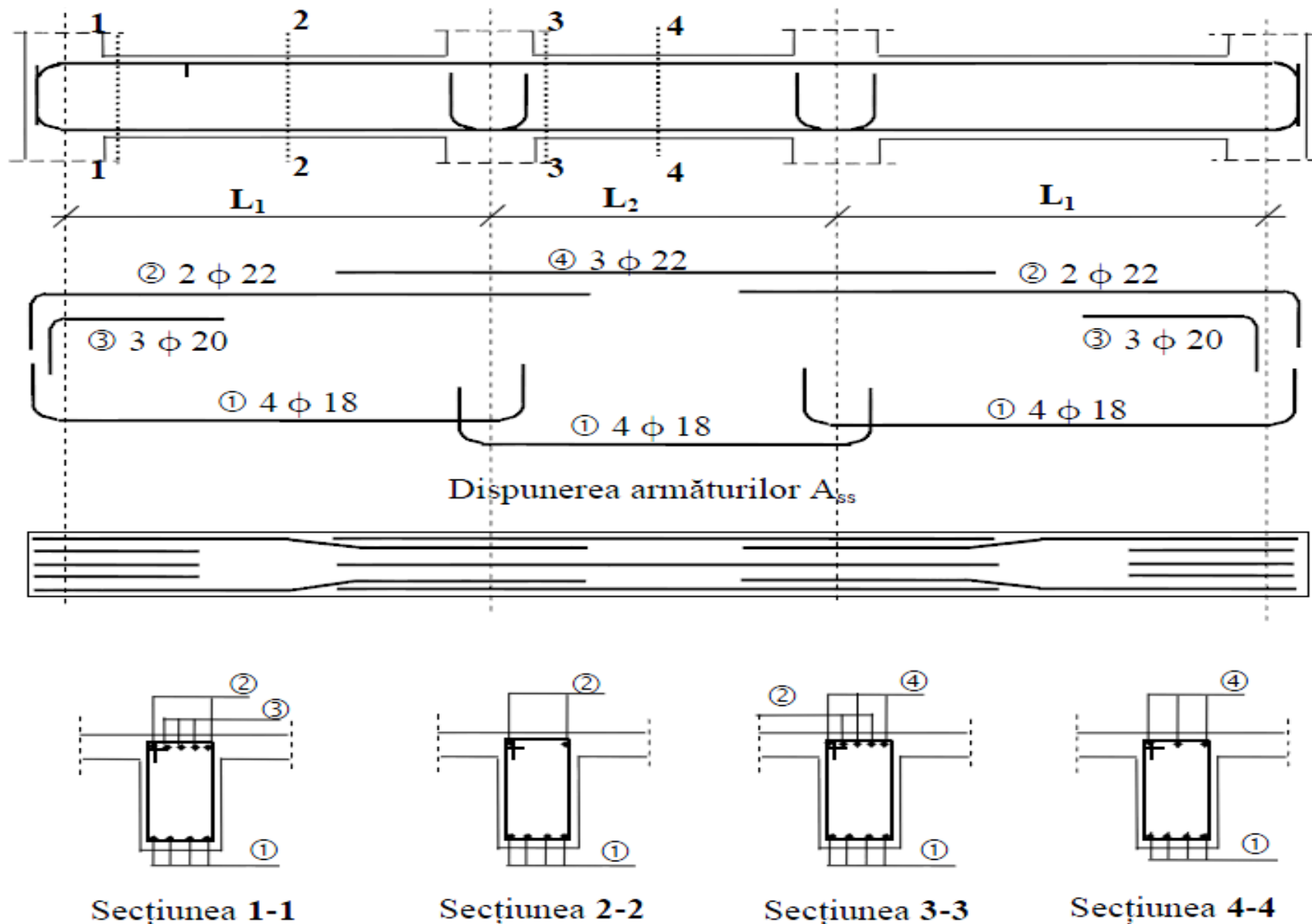
2. Prevederi constructive pentru grinzi

Clasa de ductilitate înaltă (H)	Clasa de ductilitate medie (M)
<p>Se prevede armare continuă pe toată deschiderea grinzii, astfel:</p> <p>a) la partea superioară și inferioară a grinzilor se prevăd cel puțin câte două bare cu suprafața profilată cu diametrul ≥ 14 mm;</p> <p>b) cel puțin un sfert din armătura maximă de la partea superioară (A_{ss}) a grinzilor se prevede continuă pe toată lungimea grinzii.</p>	
<p>Etrierii prevăzuți în zona critică trebuie să respecte condițiile:</p> <p>a) diametrul etrierilor $d_{bw} \geq 6$ mm;</p> <p>b) distanța dintre etrieri:</p>	
$s \leq \min \{h_w / 4 ; 150 \text{ mm} ; 8d_{bL}\}$	$s \leq \min \{h_w / 4 ; 200 \text{ mm} ; 8d_{bL}\}$
<p>În afara zonelor critice se va prevedea o cantitate de etrieri cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.</p>	

3. Principii de armare longitudinală a grinzilor



3. Principii de armare longitudinală a grinzilor



4. Calculul armăturilor longitudinale

Se cunosc:

$$M_{Ed, inf}, M_{Ed, sup}$$

– momentele încovoietoare maxime care întind fibra inferioară, respectiv superioară a grinzii în secțiunea considerată

$$b, h$$

– dimensiunile secțiunii transversale ale grinzii

$$c_{nom}$$

– stratul de acoperire cu beton a armăturilor longitudinale

$$d$$

– înălțimea utilă a grinzii

$$d_{ss}, d_{si}$$

– distanța măsurată de la marginea secțiunii până la centrul de greutate al armăturii A_{ss} , respectiv A_{si}

$$f_{cd} = f_{ck}/1,5$$

– rezistența de calcul a betonului pentru combinația cu seism

$$f_{yd} = f_{yk}/1,15$$

– rezistența de calcul a oțelului pentru combinația cu seism

Se calculează:

$$A_{ss}$$

- secțiunea de armătură longitudinală dispusă la partea superioară a grinzilor de cadru

$$A_{si}$$

- secțiunea de armătură dispusă la partea inferioară a grinzilor

4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{si}

1. În secțiunea de calcul există **momente alternante**, cu valorile maxime $M_{Ed,inf}$ și $M_{Ed,sup}$

- Se calculează A_{si} cu valoarea momentului (care întinde fibra de jos) din diagrama de momente înfășurătoare; armătura A_{si} este întinsă, iar A_{ss} comprimată.
- Secțiunea de calcul a grinzii este dreptunghiulară dublu armată.

Cazul de proiectare: dacă $M_{Ed,inf} < M_{Ed,sup}$ rezultă $A_{si} < A_{ss}$, deci $x < x_{min}$

⇒ armătura comprimată nu curgere + F_c acționează la nivelul F_{ss}

$$\Rightarrow A_{si}^{nec} = \frac{M_{Ed,inf}}{f_{yd}(d-d_{ss})} \geq A_{s,min} \quad \text{unde} \quad A_{si,min} = \frac{0,5M_{Ed,sup}}{f_{yd}(d-d_{ss})}$$

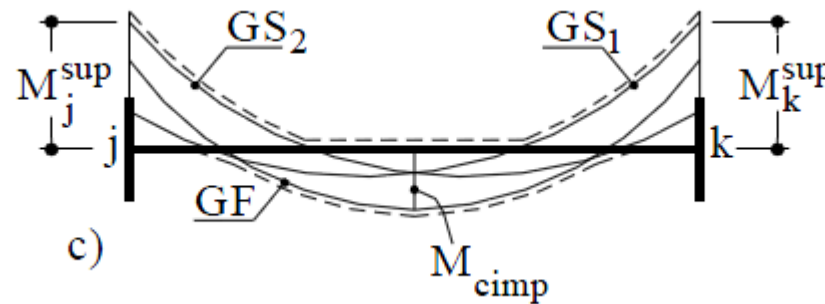
- Se aleg barele ca diametru și ca număr. Aria de armătură rezultată efectiv este A_{si} ales.

4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{si}

2. În secțiunea de calcul **nu există momente alternante**

$$\Rightarrow A_{si,min} = \frac{0,5M_{Ed,sup}}{f_{yd}(d-d_{ss})}$$



4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{ss}

- Se calculează A_{ss} (armătura întinsă) pentru valoarea momentului maxim $M_{Ed,sup}$ din diagrama de momente înfășurătoare; poziția relativă a axei neutre se limitează la valoarea:

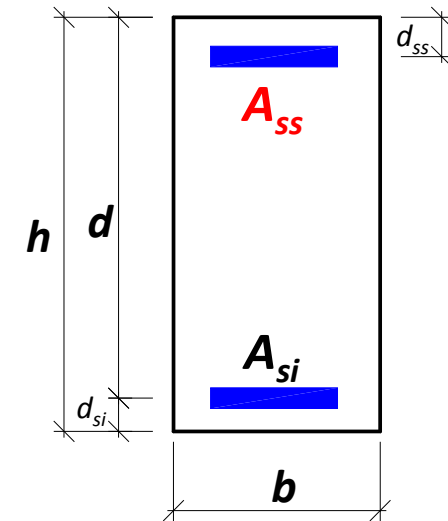
$$\xi \leq 0,25$$

- Secțiunea de calcul a grinzii este dreptunghiulară dublu armată, armătura din zona comprimată fiind A_{si}

4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{ss}

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



Pentru $\mu > 0 \Rightarrow \xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$

- dacă $\xi > \xi_{lim} = 0.25$

SE MĂRESC DIMENSIUNILE SECȚIUNII DE BETON!

4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{ss}

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

Pentru $\mu > 0 \Rightarrow \xi = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$

- dacă $\xi < \xi_{lim} = 0.25 \rightarrow A_{ss}$ curge

\Rightarrow Se verifică dacă $\xi \geq \xi_2 \frac{d_{si}}{d}$ unde $\xi_2 = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} - f_{yd}/E_s}$

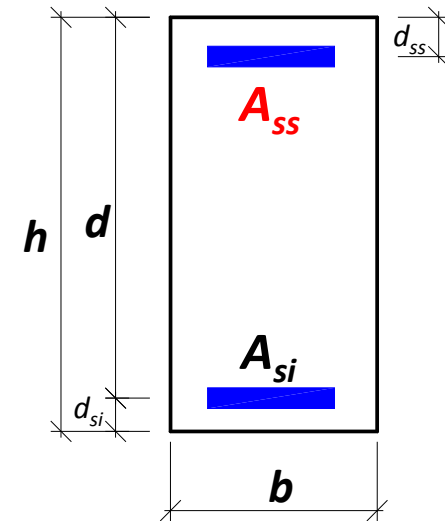
\rightarrow armătura comprimată ajunge la curgere

$$A_{ss} = 0.8\xi bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + A_{si} \geq A_{ss,min}$$

\Rightarrow Se verifică dacă $\xi < \xi_2 \frac{d_{si}}{d}$

\rightarrow armătura comprimată nu curge + F_c acționează la nivelul F_{si}

$$A_{ss} = \frac{M_{Ed,sup}}{f_{yd}(d-d_{si})} \geq A_{ss,min}$$

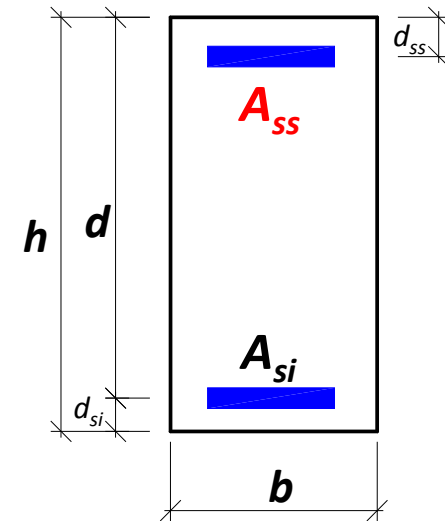


4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{ss}

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

Pentru $\mu < 0 \Rightarrow A_{ss} = \frac{M_{Ed,sup}}{f_{yd}(d - d_{si})} \geq A_{ss,min}$

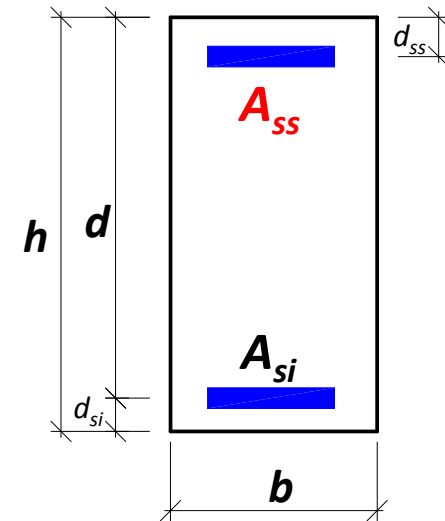


4. Calculul armăturilor longitudinale

Calcul A_{ss}

Unde

$$A_{ss,min} = 0.5bd \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$



5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

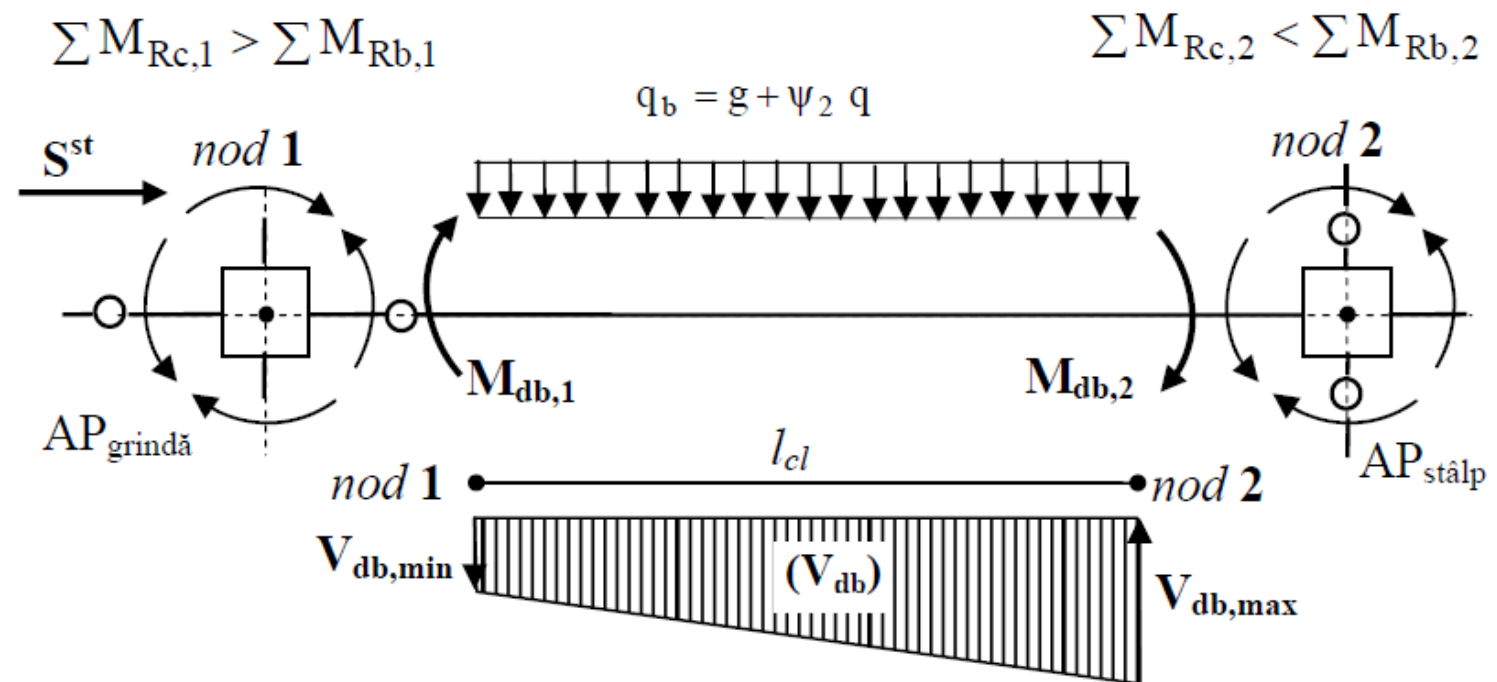
Calculul la forțe tăietoare se face considerând schema statică a cadrului cu articulațiile plastice (AP) formate în zonele de reazem ale grinzilor sau ale stâlpilor (zone critice).

Articulațiile plastice, pentru fiecare sens de acțiune al seismului, se pot forma în grinzile sau stâlpii conectați în nod.

În secțiunile în care s-au format AP, momentele ajung la valorile momentelor capabile ale acestor secțiuni $M_{Rb} \Rightarrow$ **diagramele de forțe tăietoare rezultate din calcul static cresc la valori asociate momentelor capabile.**

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Forțele tăietoare de proiectare ($V_{db,min} / V_{db,max}$) se determină din echilibrul fiecărei deschideri sub efectul încărcării gravitaționale din gruparea seismică q_b și a momentelor capabile de calcul $M_{db,1} / M_{db,2}$ de la extremitățile grinzii, corespunzătoare pentru fiecare sens de acțiune al seismului.



$$M_{db,1} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,1}$$

$$M_{db,2} = \gamma_{Rd} M_{Rb,2} \left(\frac{\sum M_{Rc,2}}{\sum M_{Rb,2}} \right)$$

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Momentele capabile de calcul (M_{db}) se determină ținându-se cont de suprarezistența secțiunii datorită efectului de consolidare al oțelului, cu relația:

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

$M_{Rb,i}$ - valoarea de proiectare a momentului capabil la extremitatea i , în sensul asociat direcției de acțiune a forțelor seismice

γ_{Rd} - factorul de suprarezistență datorat efectului de consolidare al oțelului
= 1,2 pentru DCH
= 1,0 pentru DCM

ΣM_{Rc} și ΣM_{Rb} - sumele valorilor de proiectare ale momentelor capabile ale stâlpilor și grinzilor care intră în nodul învecinat secțiunii de calcul.
 ΣM_{Rc} corespunde forței axiale din stâlp în combinația seismică de proiectare (Modal)

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Dacă se respectă condiția de realizare a mecanismului de disipare a energiei (stâlpi puternici – grinzi slabe) în toate nodurile articulațiile plastice apar doar la capetele grinzilor!

Astfel din

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

$$\frac{\Sigma M_{Rc}}{\Sigma M_{Rb}} > 1,0$$

$$\Rightarrow M_{db,i} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i}$$

Deci $M_{db,1} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,1}$

$$M_{db,2} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,2}$$

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Momentele capabile M_{Rd} se calculează pe baza ariilor armăturilor alese, conform schiței de armare, considerându-se ambele sensuri de acțiune seismică.

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

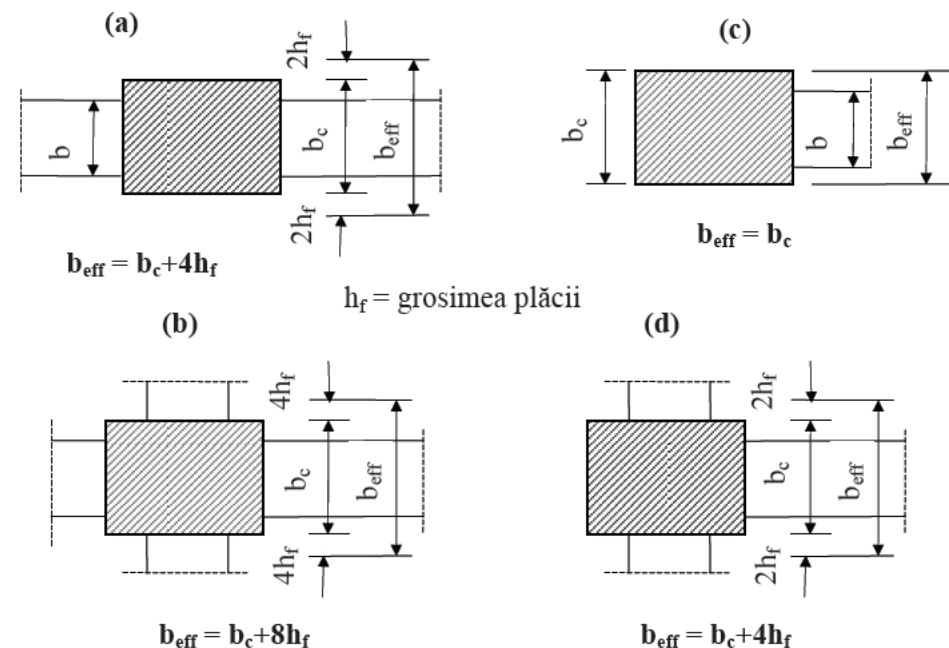
$$b_{eff} = b_c + 2h_p + 2h_p$$

- nod interior

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

- nod exterior fără grinzi transversale

$$b_{eff} = b_c$$



5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Calculul momentelor încovoietoare capabile de proiectare

Se cunosc:

A_{ss} , A_{si} – secțiunea de armătură longitudinală dispusă la partea superioară, respectiv la partea inferioară a grinzilor de cadru

b , h – dimensiunile secțiunii transversale ale grinzii

c_{nom} – stratul de acoperire cu beton a armăturilor longitudinale

d – înălțimea utilă a grinzii

d_{ss} , d_{si} – distanța măsurată de la marginea secțiunii până la centrul de greutate al armăturii A_{ss} , respectiv A_{si}

$f_{cd} = f_{ck}/1,5$ – rezistența de calcul a betonului pentru combinația cu seism

$f_{yd} = f_{yk}/1,15$ – rezistența de calcul a oțelului pentru combinația cu seism

Se calculează:

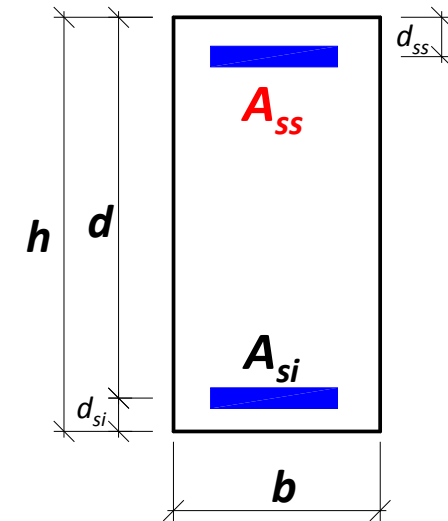
$M_{Rd,inf}$, $M_{Rd,sup}$ - momentele încovoietoare capabile care întind fibra inferioară, respectiv superioară a grinzii în secțiunea considerată

Momentele încovoietoare capabile $M_{Rd,inf}$ / $M_{Rd,sup}$ în acest proiect se vor determina dintr-o secțiune dreptunghiulară dublu armată!

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Calculul $M_{Rd,sup}$

$$\xi = 1.25 \frac{(A_{ss} - A_{si}) f_{yd}}{b d f_{cd}}$$



Dacă $\xi_2 \frac{d_{si}}{d} \leq \xi \leq \xi_{lim} \Rightarrow M_{Rd,sup} = b d^2 f_{cd} 0.8 \xi (1 - 0.4 \xi) + A_{si} f_{yd} (d - d_{si})$

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

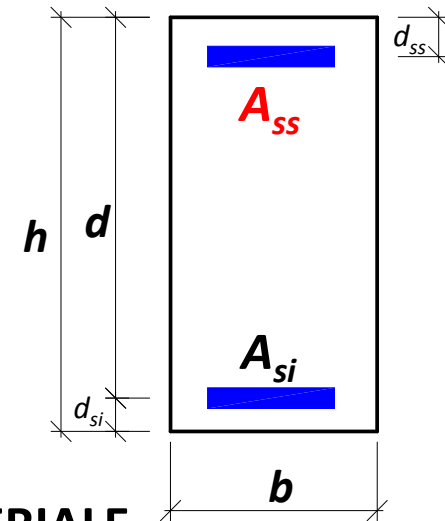
Dacă $\xi \leq \xi_2 \frac{d_{si}}{d} \Rightarrow M_{Rd,sup} = A_{ss} f_{yd} (d - d_{ss})$

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Calculul $M_{Rd,sup}$

$$\xi = 1.25 \frac{(A_{ss} - A_{si}) f_{yd}}{b d f_{cd}}$$

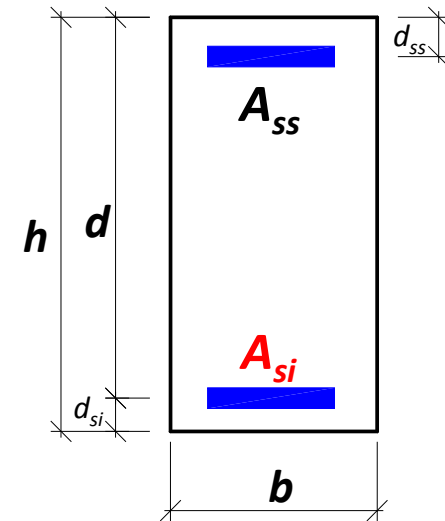
Dacă $\xi \geq \xi_{lim} \Rightarrow$ **REDIMENSIONAREA GEOMETRIE** sau **MATERIALE**



5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

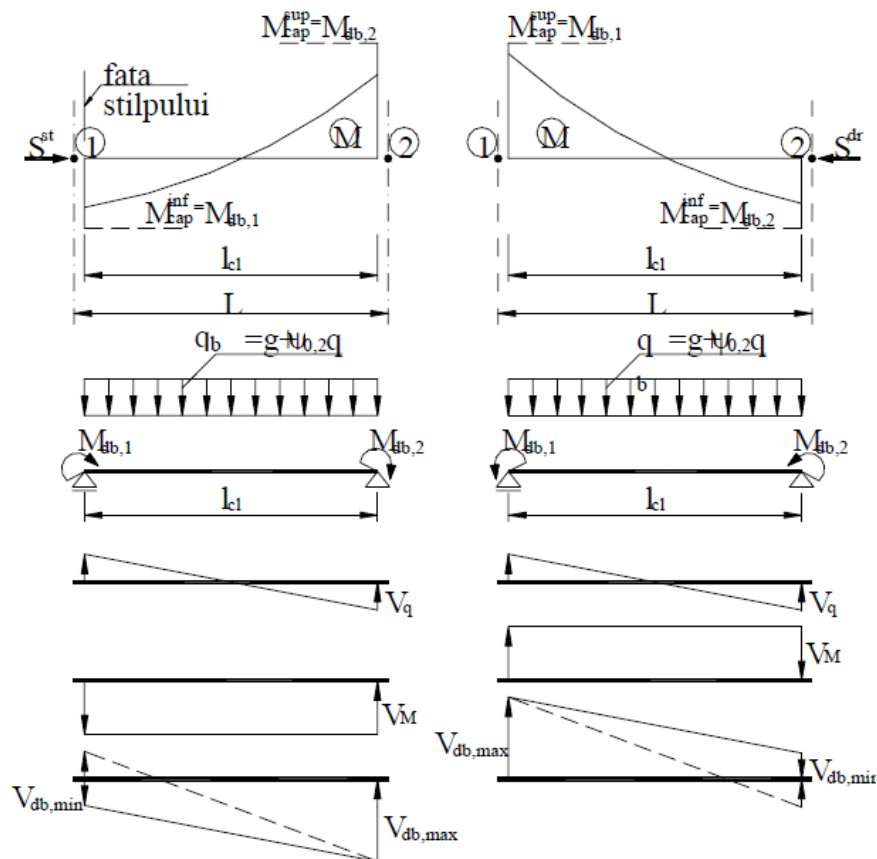
Calculul $M_{Rd,inf}$ Deoarece $A_{si} < A_{ss}$ \Rightarrow armătura comprimată nu curgere

$$\Rightarrow M_{Rd,inf} = A_{si} f_{yd} (d - d_{si})$$

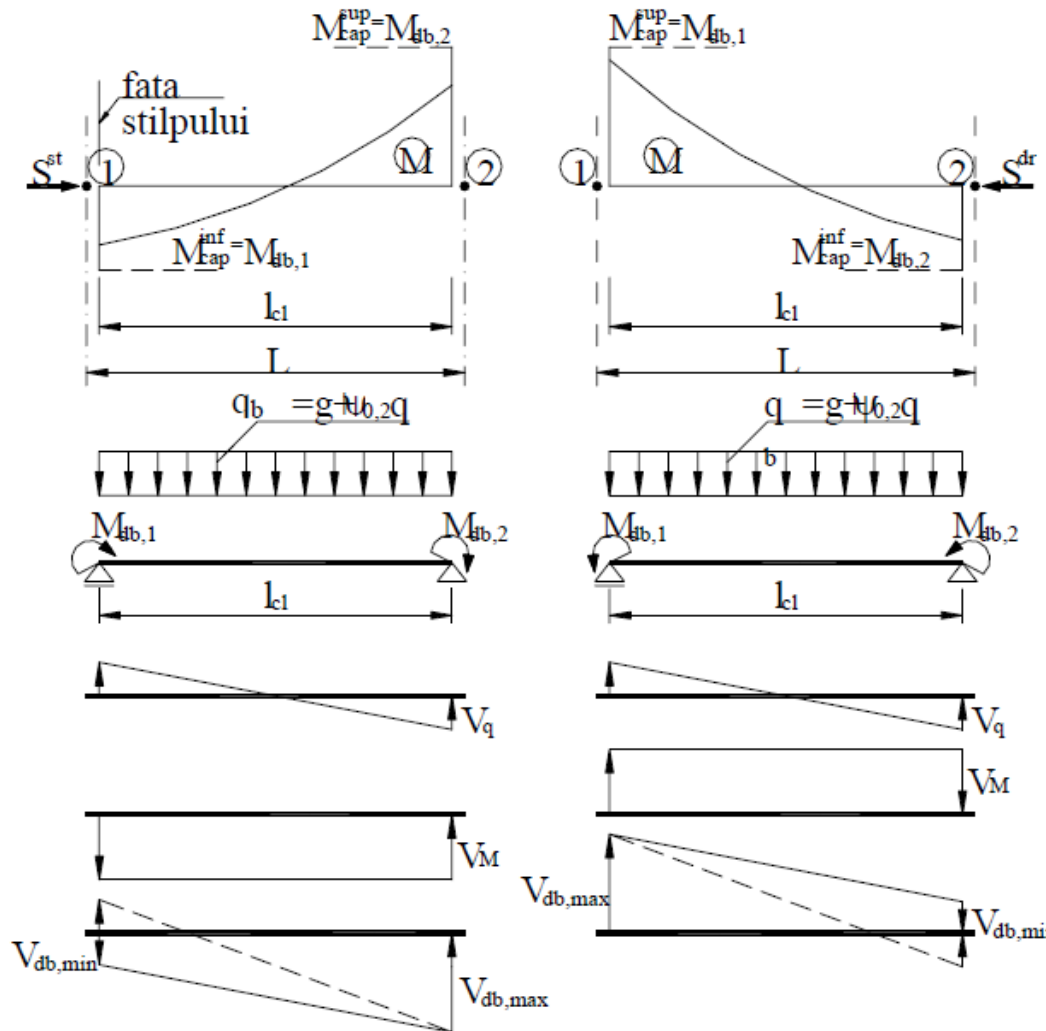


5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

Pentru fiecare deschidere, în cele două secțiuni de reazem se calculează două valori ale forțelor tăietoare de proiectare, $V_{db,max}$ și $V_{db,min}$ corespunzând valorilor momentelor capabile pozitive și negative $M_{db,i}$, care se dezvoltă la cele două extremități $i = 1$ și $i = 2$ ale grinzii. Pe fiecare deschidere a grinzii, diagrama V_{db} se calculează pentru cele două sensuri ale seismului.



5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare



$$V_{bd \max, \min} = V_q + V_M$$

$$V_{bd \max, \min} = \frac{q_b \cdot l_{cl}}{2} \pm \frac{|M_{db,1}| + |M_{db,2}|}{l_{cl}}$$

Unde $q_b = g + \psi_2 \cdot q$ (Modal)

l_{cl} - deschiderea de calcul (lumina)

5. Proiectarea grinzilor cadrelor seismice la forfecare

➤ Calculul la forțe tăietoare se face atât în **zonele critice (1)** cât și în **afara lor (2)**.

➤ Se recomandă ca preluarea forței tăietoare să se facă numai cu etrieri dispuși normal pe axa barei,

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

➤ Se impune pasul (s) etrierului conform prevederilor constructive pentru grinzi

$$\Rightarrow A_{sw}$$

➤ În zonele critice ale grinzilor, **înclinarea diagonalelor** comprimate în modelul de grindă se va lua egală cu **45°**.

