

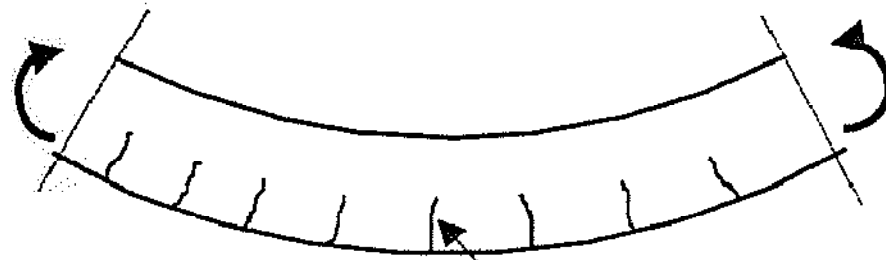
## STĂRI LIMITĂ DE SERVICIU (SLS):

- limitarea eforturilor unitare;
  - starea limită de fisurare;
  - limitarea săgeților.
- 
- La calculul eforturilor unitare și săgeților, secțiunile transversale vor fi considerate nefisurate dacă eforturile unitare din încovoiere  $\leq f_{ct,eff}$  .
  - Valoarea  $f_{ct,eff}$  poate fi considerată ca  $f_{ctm}$  sau  $f_{ctm,fl}$  dacă calculul armăturii întinse minime se bazează pe aceleași valori.
  - La calculul deschiderii fisurilor și participarea betonului întins se utilizează  $f_{ctm}$  .

## LIMITAREA EFORTURILOR UNITARE

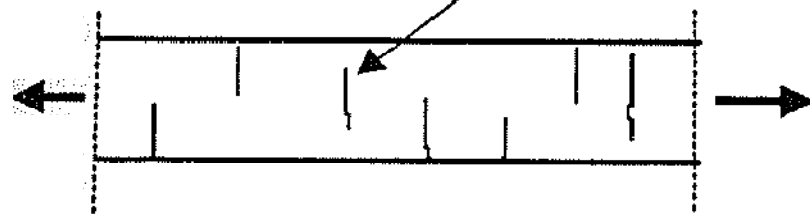
- Eforturile de compresiune din beton trebuie limitate în scopul evitării:
  - fisurilor longitudinale la combinații de înc. caracteristice:  
 $\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$  - în cazul claselor de expunere XD, XF;  
- în cazul clasei de expunere XS.
  - curgerii lente neliniare la comb. de înc. cvasi-perm.:  
 $\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$
- Eforturile de întindere din armături trebuie limitate pt. evitarea fisurilor și deformațiilor inacceptabile:
  - pt. combinații de încărcări caracteristice:  
 $\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$
  - dacă eforturile sunt produse de deformații impuse:  
 $\sigma_s \leq f_{yk}$

- Tipuri de fisuri:

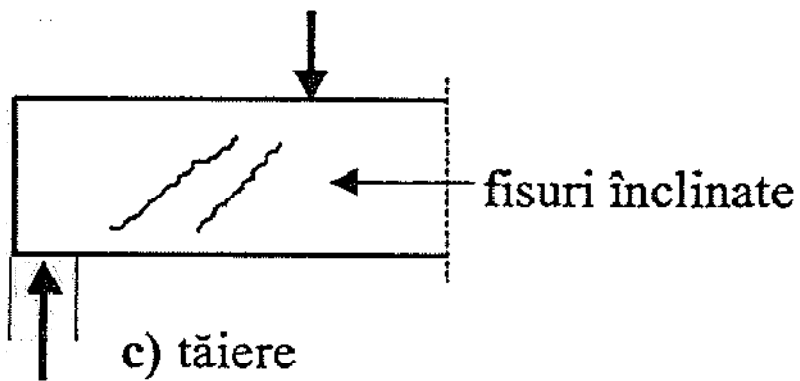


a) încovoiere

fisuri normale

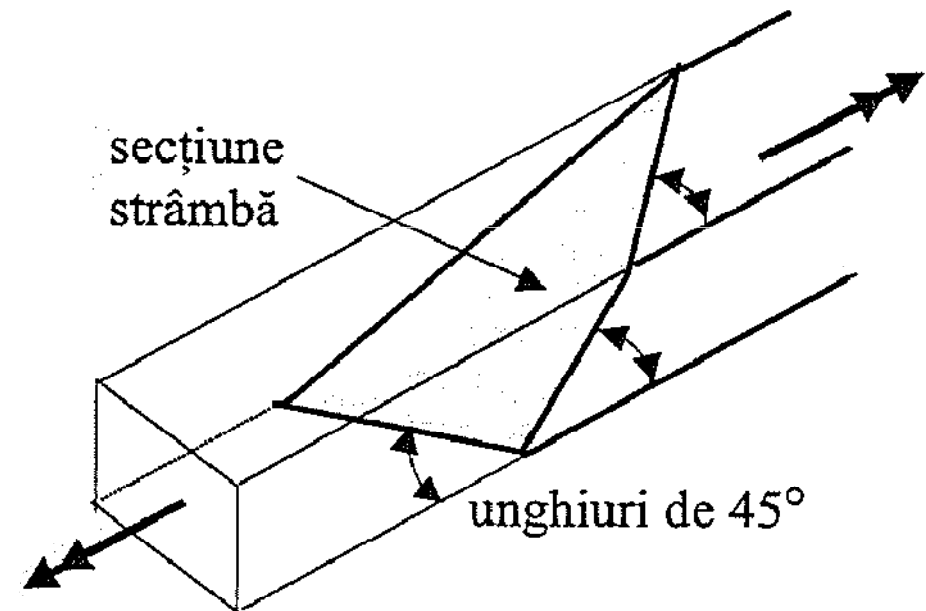


b) întindere centrică



c) tăiere

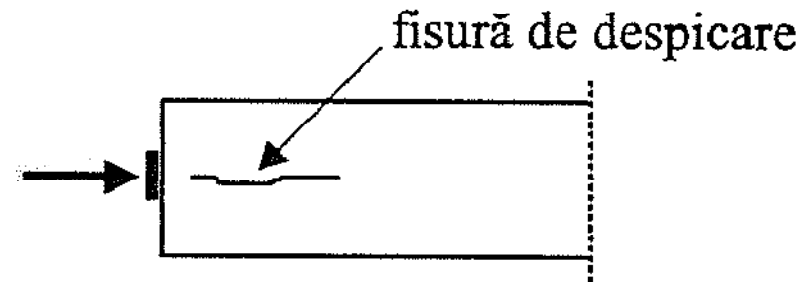
fisuri înclinate



secțiune strâmbă

unghiuri de 45°

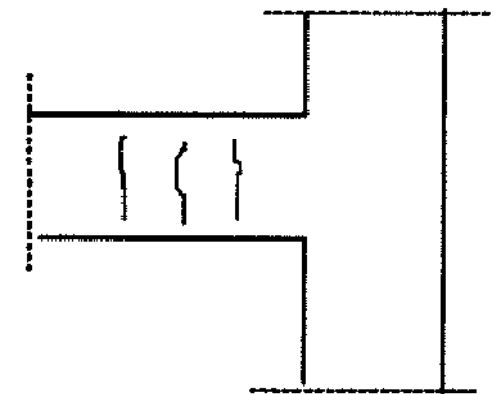
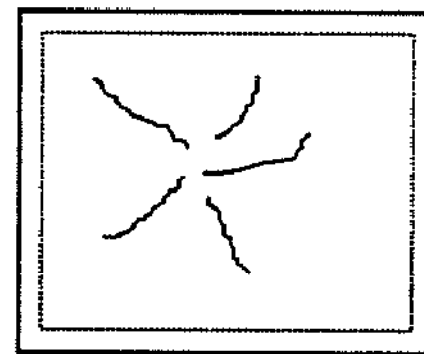
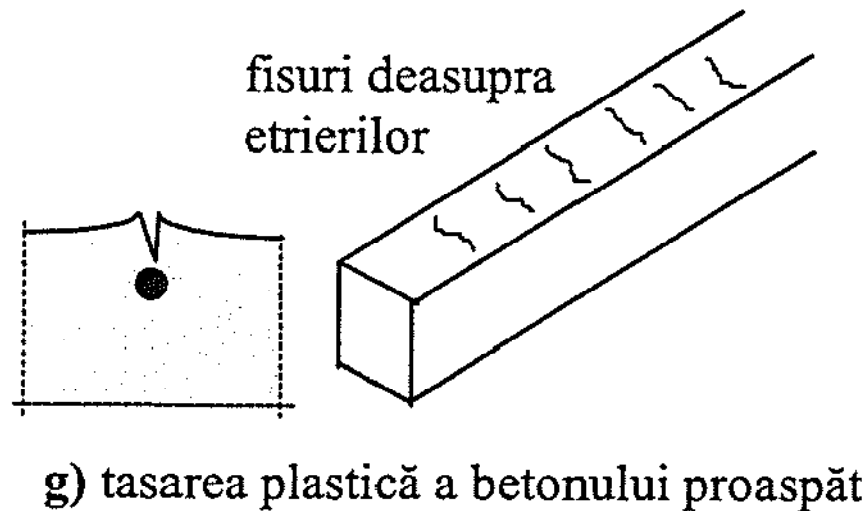
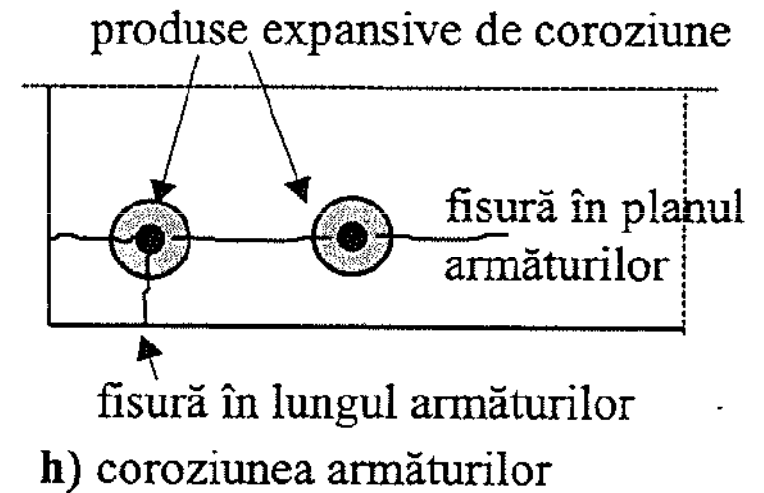
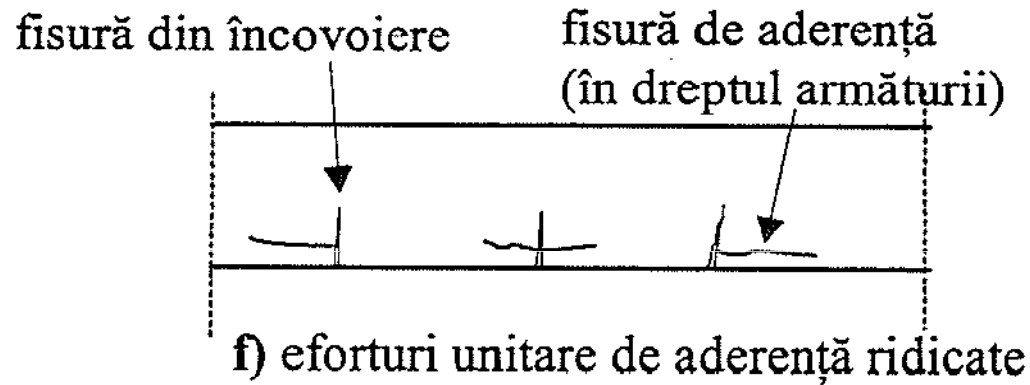
d) torsiune



fisură de despicare

e) forță concentrată

## - Tipuri de fisuri:



- STARE LIMITĂ DE SERVICIU (SLS).
- Stadiul fisurat reprezintă stadiul normal de lucru (stadiul de serviciu) pt. elementele din beton armat.
- La combinații de încărcări caracteristice, deschiderea fisurilor limită este:
  - $w_k \leq w_{\max} = 0.4 \text{ mm}$ 
    - nu există risc de coroziune;
    - carbonatare în mediu uscat sau mediu umed permanent;
  - $= 0.3 \text{ mm}$ 
    - alte cazuri de carbonatare;
    - prezența clorurilor;
    - cloruri din apa de mare.
- măsuri speciale pt. alte clase de expunere.
- Riscul dezvoltării fisurilor larg deschise apare în ST unde: se schimbă dimensiunile ST; sunt aplicate încărcări concentrate; barele de armătură se întrerup; zone cu eforturi mari de aderență (capătul barelor).

- Condiții pt. aria minimă de armătură:

$F_{cr} = F_{s,y}$  (forța de întindere din beton înainte de fisurare  
= forța din armătură la curgere)

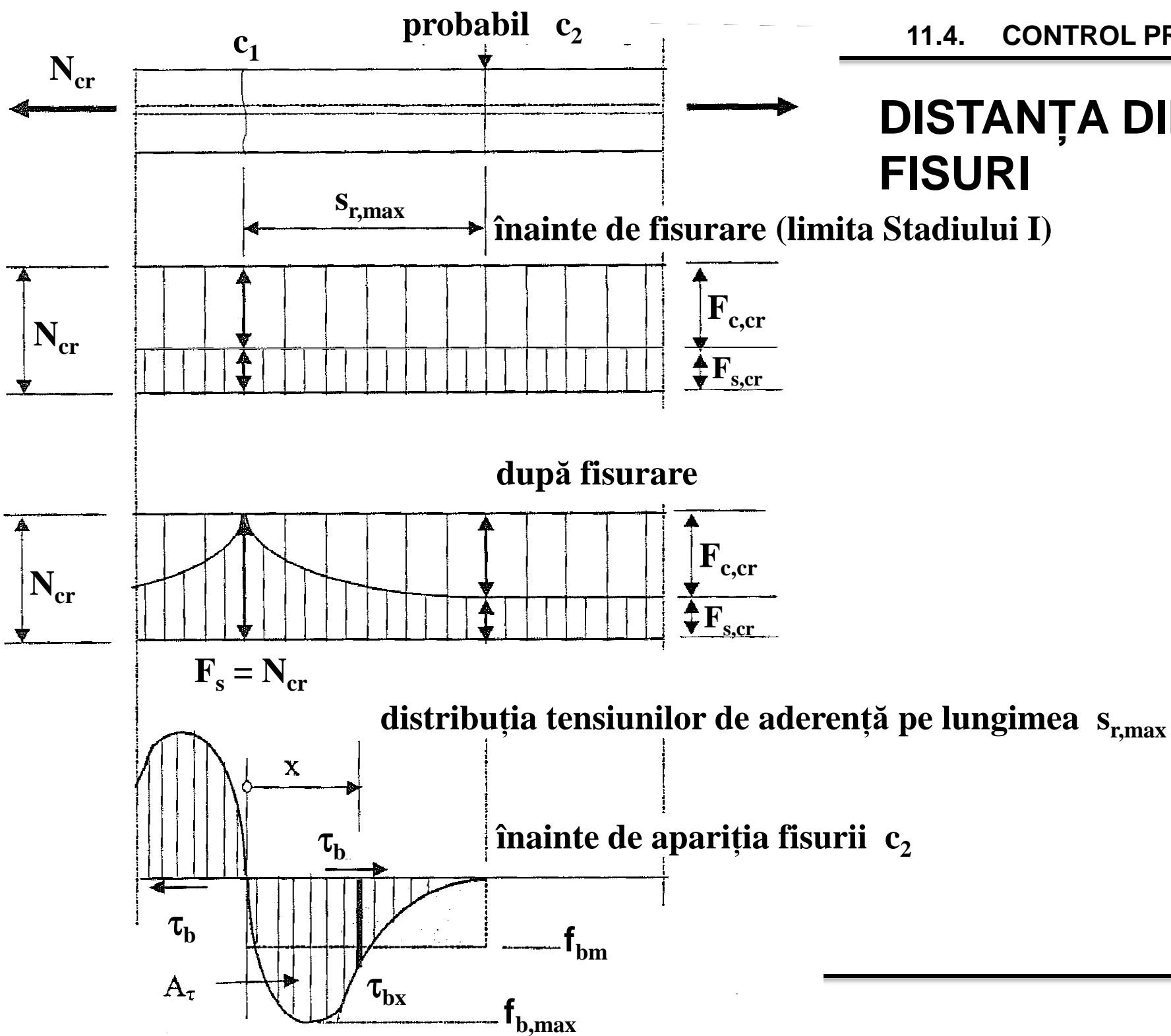
$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ctm} \cdot A_{ct}$$

unde:

- $\sigma_s$  =  $f_{yk}$  sau  $< f_{yk}$  pt. a respecta condițiile de diametru și distanța între bare;
- $A_{ct}$  = aria betonului întins înainte de apariția primei fisuri;
- $k_c$  - coeficient pt. distribuția tensiunilor înainte și după fisurare;
- $k$  - coeficient pt. distribuția neuniformă a tensiunilor în secțiunile T.

- La plăcile din beton armat din clădiri, solicitate la încovoiere cu  $h \leq 200$  mm : verificarea la fisurare nu este necesară.
- Dacă  $A_{s,min}$  (conform condițiilor anterioare) este prevăzută, deschiderea fisurilor va fi acceptabilă pt.:
  - fisuri datorită blocajelor: dimensiunile barelor sunt limitate (EC 2);
  - fisuri datorită încărcărilor: dimensiunile și distanța dintre bare sunt limitate (EC 2).
- La grinzile cu  $h > 1000$  mm , când armătura longitudinală este dispusă pe o zonă redusă a înălțimii ST, trebuie prevăzute armături suplimentare laterale pt. controlul fisurării pe fețele laterale ale grinzii. Armăturile se dispun uniform pe înălțimea ST și sunt legate cu agrafe.

# DISTANȚA DINTRE FISURI





## DISTANȚA DINTRE FISURI

- apariția unei noi fisuri este posibilă în secțiunea în care forța de întindere din beton este:

$$F_{c,cr} = A_c \cdot f_{ctm}$$

- pe lungimea  $s_{r,max}$  se produce transferul forței  $F_{c,cr}$  prin aderența din armătură în beton:

$$F_{c,cr} = F_b$$

$$A_c \cdot f_{ctm} = \mu \cdot s_{r,max} \cdot f_{b,m}$$

$$s_{r,max} = \frac{A_c \cdot f_{ctm}}{\mu \cdot f_{b,m}}$$

perimetru  $\mu = \pi \cdot \phi$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} \rightarrow A_c = \frac{A_s}{\rho} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4 \cdot \rho}$$

$$s_{r,max} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4 \cdot \rho} \cdot \frac{1}{\pi \cdot \phi} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{b,m}}$$

$$s_{r,max} = 0,25 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{b,m}} \cdot \frac{\phi}{\rho}$$

## DISTANȚA DINTRE FISURI

- conform cu EUROCODE 2:

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot c + 0,425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{s_{eff}}$$

$c$  - acoperirea cu beton a armăturii longitudinale

$k_1 = 0,8$  pt. bare profilate (adincitura mare)  
 $= 1,0$  pt. bare netede (adincitura redusă)

$k_2 = 0,5$  pt. încovoiere  
 $= 1,0$  pt. întindere centrică

$= \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$ ,  $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$  pt. întindere excentrică

$$s_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$A_{c,eff}$  - aria efectivă de beton, întins

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff}$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 \cdot (h - d) \\ (h - x) / 3 \\ h / 2 \end{cases}$$

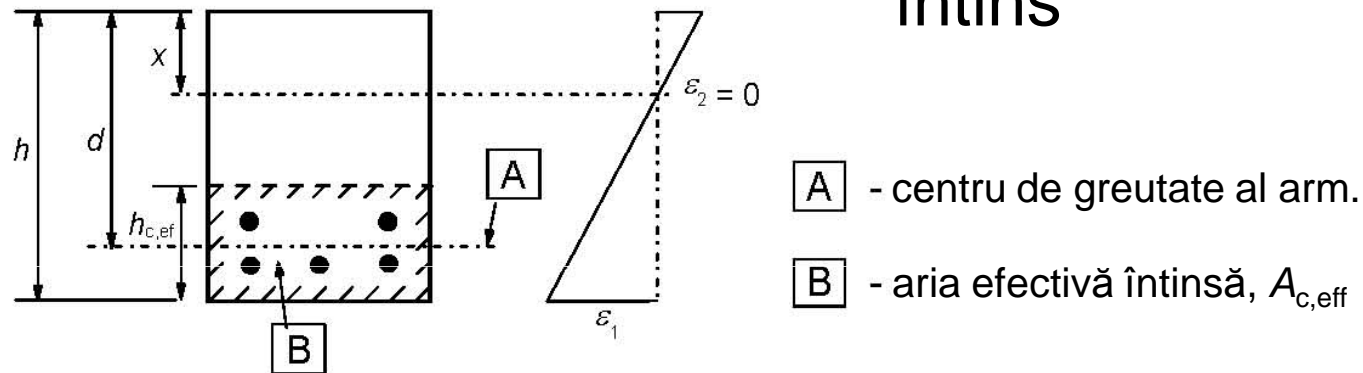
$\phi$  - diametrul barei

- pt. mai multe bare de diametri diferiți:

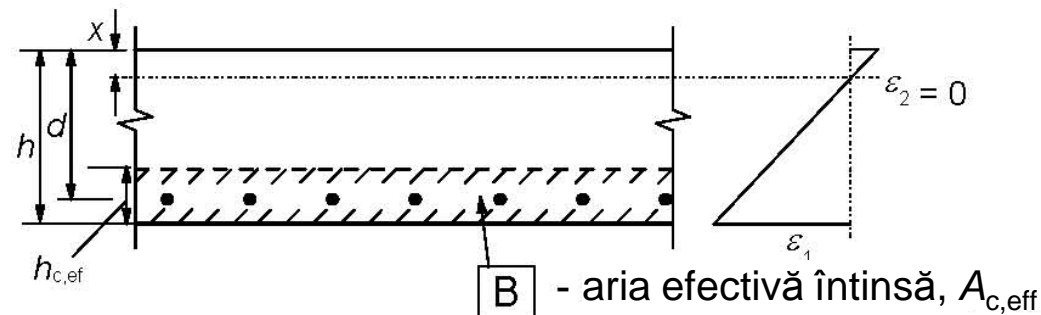
$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \cdot \phi_1^2 + n_2 \cdot \phi_2^2}{n_1 \cdot \phi_1 + n_2 \cdot \phi_2}$$

# DISTANȚA DINTRE FISURI: $A_{c,eff}$ – aria efectivă de beton întins

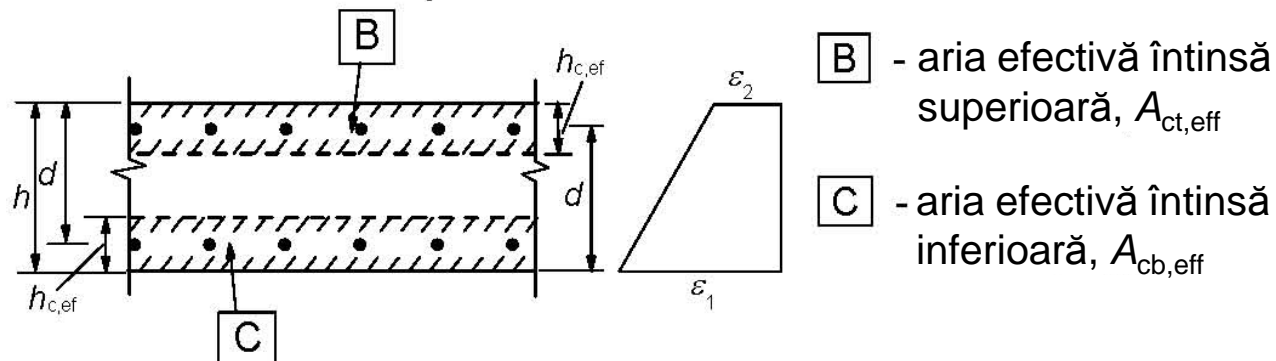
## Grindă



## Placă



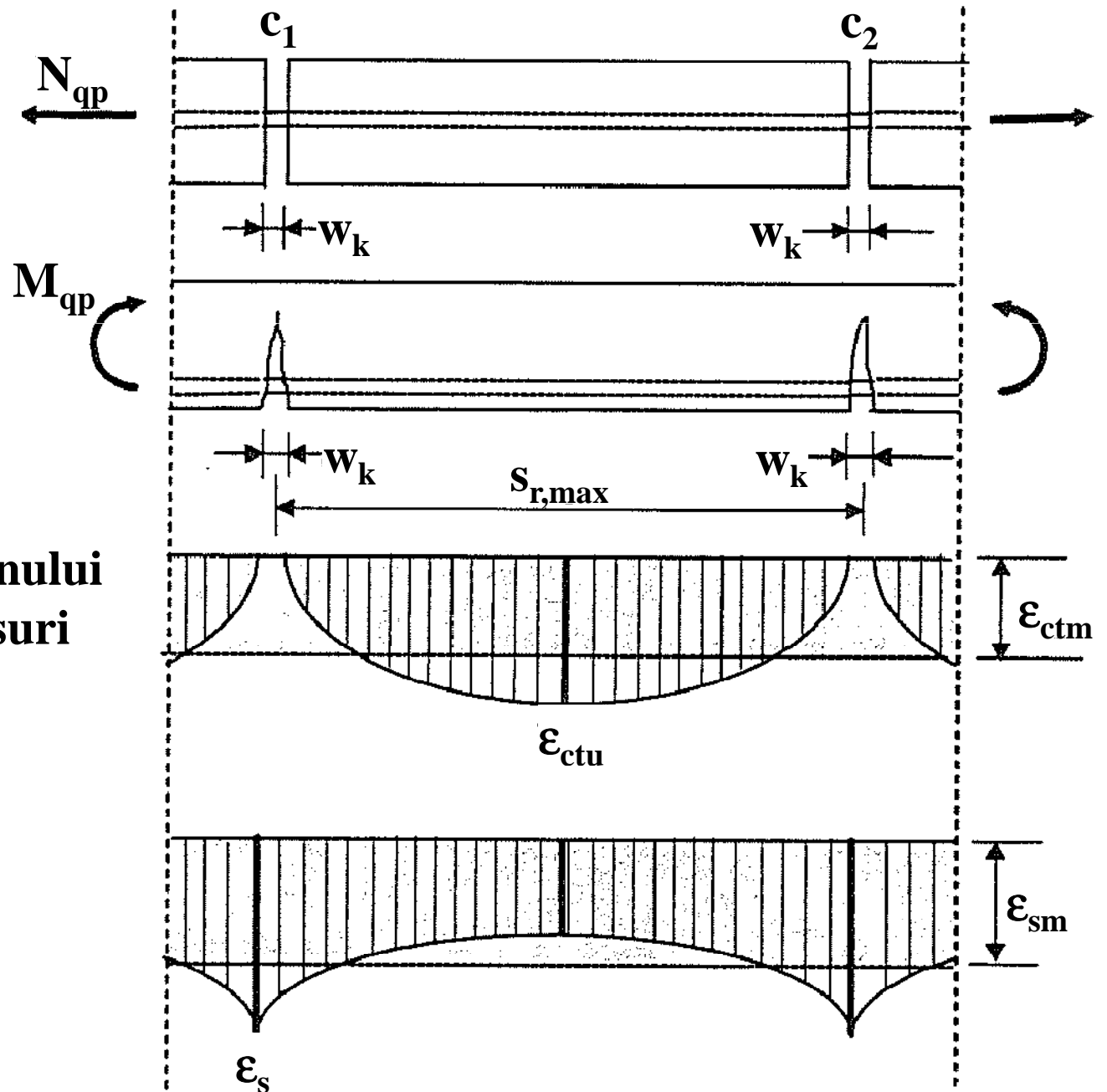
## Element întins



# DESCHIDEREA FISURILOR

Stadiul II

contribuția betonului  
întins dintre fisuri



DESCHIDEREA FISURILOR

- pe lungimea  $s_{r, \max}$ :

alungirea armăturilor = alungirea betonului +  $w_k$

$$\varepsilon_{sm} \cdot s_{r, \max} = \varepsilon_{cm} \cdot (s_{r, \max} - w_k) + w_k$$

$\geq 100 \text{ mm}$        $< 1,0 \text{ mm}$

$$w_k = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \cdot s_{r, \max} \quad \text{--- EC 2}$$

- în momentul fisurării, forța de întindere:

$$F_{cr} = A_c \cdot f_{ctm} + A_s \cdot \sigma_s$$

$$\text{but } \sigma_s = \alpha_e \cdot \sigma_c = \alpha_e \cdot f_{ctm}$$

$$F_{cr} = A_c \cdot f_{ctm} + A_s \cdot \alpha_e \cdot f_{ctm} \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_c}$$

$$F_{cr} = A_c \cdot f_{ctm} (1 + \alpha_e \cdot \rho) \quad \rho = A_s / A_c$$

- deformația din armătură în momentul fisurării  $\varepsilon_{s, cr}$  este egală cu deformația din beton  $\varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{s, cr} = \frac{F_{cr}}{A_s \cdot E_s} = \frac{A_c \cdot f_{ctm} (1 + \alpha_e \cdot \rho)}{A_s \cdot E_s}$$

- după fisurare, deformația din armătură crește de la  $\varepsilon_{s, cr} = \varepsilon_{cm}$  la  $\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s$

- această creștere conduce la deschiderea fisurii  $w_k$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{s, cr} = \frac{\sigma_s}{E_s} - \frac{f_{ctm} (1 + \alpha_e \cdot \rho)}{A_s \cdot E_s}$$

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

DESCHIDEREA FISURILOR

- conform cu EC 2:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ctm} \cdot (1 + \alpha_e \cdot s_{eff})}{E_s} \Rightarrow 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$s_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$k_t = 0,6$  - pt. încărcări de scurtă durată  
 $= 0,4$  - pt. încărcări de lungă durată  
 (influența curgerii lente)