

- STARE LIMITĂ DE SERVICIU (SLS).
- Deformația unui element sau a unei structuri nu trebuie să afecteze buna lor funcționare sau aspectul lor.
- Limitarea săgeților depinde de:
  - natura și destinația construcției;
  - elementele conexe: pereți despărțitori, zidării, instalații, finisaje;
  - buna funcționare a utilajelor și aparaturii rezemate pe structură.
- Aspectul și funcționalitatea generală a structurii nu este susceptibilă de a fi afectată dacă săgeata calculată  $f \leq L / 250$  pt. o grindă, placă sau consolă supusă la încărcări cvasi-permanente ( $L =$  deschiderea).
- Poate fi prevăzută o contrasăgeată pt. compensarea totală sau parțială a săgeții. Contrasăgeată impusă prin cofraj este de maxim  $L / 250$ .
- Săgețile care pot afecta elemente adiacente (ex. după realizarea pereților despărțitori) a structurii se limitează:  $\Delta f \leq L / 500$ .
- STAREA LIMITĂ DE DEFORMAȚIE poate fi verificată prin:
  - limitarea raportului ( $L / d$ )  $\Rightarrow$  calculul săgeții nu este necesar;
  - calculul săgeții și compararea cu o valoare limită.

- În general, valorile săgeților nu vor depăși limitele anterioare dacă raportul dintre deschidere  $L$  și înălțime  $d$  respectă anumite limite. Calculul săgeților este necesar dacă raportul  $L / d$  depășește limitele sau valoarea săgeții limită este diferită de cea anterioară.

$$\frac{L}{d} \leq \left( \frac{L}{d} \right)_{\text{lim}}$$

$$\left( \frac{L}{d} \right)_{\text{lim}} = \begin{cases} K \cdot \left[ 11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_1} + 3.2 \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} \cdot \left( \frac{\rho_0}{\rho_1} - 1 \right)^{3/2} \right] & \text{pt. } \rho_1 \leq \rho_0 \\ K \cdot \left[ 11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_1 - \rho_2} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}} \right] & \text{pt. } \rho_1 > \rho_0 \end{cases}$$

unde:

$K$  = coeficient pt. diferite sisteme structurale;

$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3}$  = coeficientul de armare de referință;

$\rho_1 = A_{s1}/b \cdot d$      $\rho_2 = A_{s2}/b \cdot d$  = coef. de armare din calculul  
la SLU la mijlocul deschiderii  
(la reazem pt. consolă);

$f_{ck}$  - în [MPa].

Corecții ale valorii  $(L/d)_{lim}$  :

- Formulele anterioare sunt obținute în ipoteza că tensiunile de întindere din armături sunt  $\sigma_s = 310$  MPa la încărcări din SLS, în secțiunea fisurată din mijlocul deschiderii grinzii sau de pe reazemul consolei, corespunzător unei valori  $f_{yk} = 500$  MPa.

Dacă sunt folosite alte nivele ale tensiunii în SLS, raportul  $(L/d)_{lim}$  va fi

multiplicat cu:  $\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}}$

unde:  $A_{s,prov}$  = aria de armătură existentă în secțiune;

$A_{s,req}$  = aria de armătură necesară în secțiune la SLU.

Corecții ale valorii  $(L/d)_{lim}$  :

- Pt. secțiuni T, dacă:  $\frac{b}{b_w} > 3 \Rightarrow (L/d)_{lim} \cdot 0.8$

- Pt. grinzi și plăci, fără planșee dală, cu  $L > 7.0$  m , pe care reazemă pereți desparțitori sensibili la săgeți mari:

$$(L/d)_{lim} \cdot \frac{7}{L}$$

- Pt. planșee dală, cu  $L_{max} > 8.5$  m , pe care reazemă pereți desparțitori sensibili la săgeți mari:

$$(L/d)_{lim} \cdot \frac{8.5}{L}$$

- Pt. cazurile uzuale (clasa de beton C30/37 și  $\sigma_s = 310$  MPa) valorile  $(L/d)_{lim}$  sunt:

Sistem structural	K	Beton puternic solicitat: $\rho = 1.5\%$	Beton slab solicitat: $\rho = 0.5\%$
		$(L/d)_{lim}$	
Grindă simplu rezemată, placă simplu rezemată armată pe una sau două direcții	1.0	14	20
Deschiderea marginală a unei: grinzi continue; plăci continue armată pe o direcție; plăci continue armată pe două direcții – pt. verificare se ia în considerare direcția scurtă	1.3	18	26
Deschiderea interioară a unei: grinzi continue; plăci continue armată pe una sau două direcții	1.5	20	30
Planșeu dală – pt. verificare se ia în considerare deschiderea lungă	1.2	17	24
Consolă	0.4	6	8

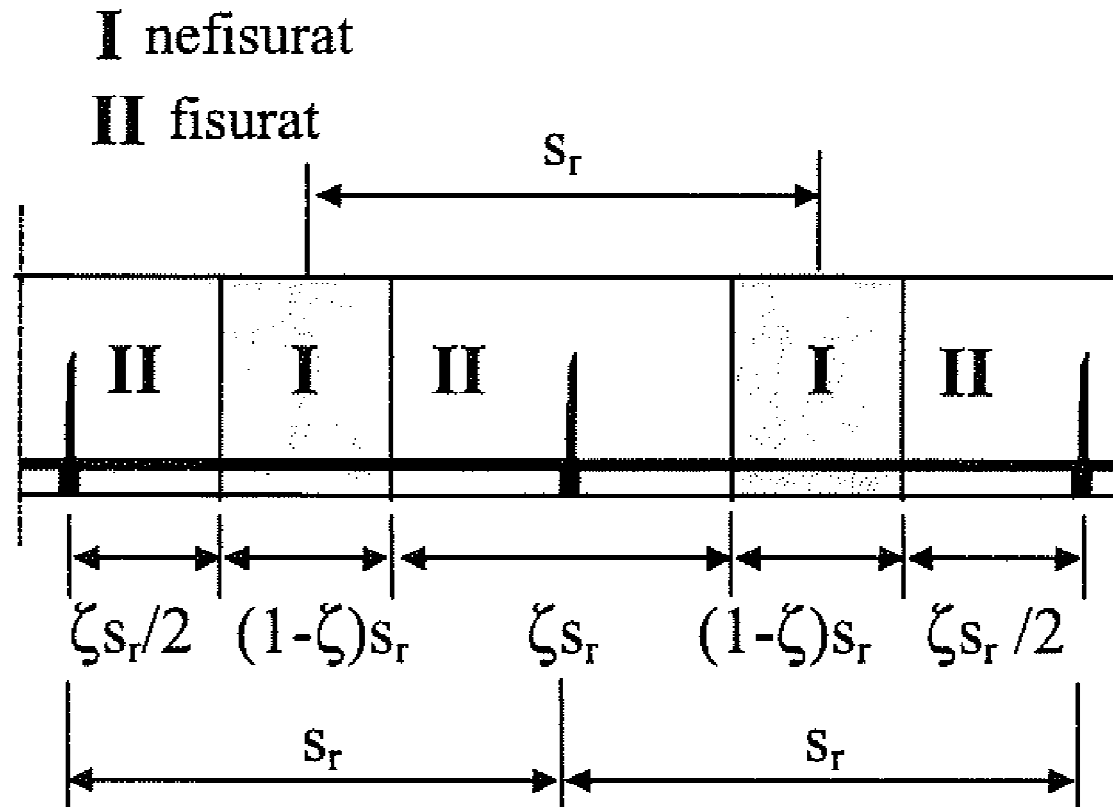
### NOTE:

- Valorile din tabel sunt în general acoperitoare iar din calcul se pot obține frecvent ST mai reduse.
- Pt. plăci armate pe două direcții, la verificare se ia în considerare direcția scurtă. Pt. planșee dală, la verificare se ia în considerare direcția lungă.

## MODELUL DE CALCUL

- Deformațiile se calculează la încărcări din Starea Limită de Serviciu (SLS).
- Metoda simplificată de calcul a deformațiilor se bazează pe faptul ca elementele structurale se deformează în stadiul nefisurat și de asemenea în stadiul fisurat. Pt. analiză se folosesc următoarele stări limită:
  - I – stadiul nefisurat: comportare elastică a betonului și oțelului;
  - II – stadiul complet fisurat: betonul întins se neglijează.
- Comportarea reală e elementelor din beton armat este intermediară celor două stadii anterioare. Pt. elementele încovoiate, comportarea reală se modelează ca interpolare între cele două stadii:

## MODELUL DE CALCUL



- Formula pt. calculul deformațiilor:

$$\alpha = (1 - \zeta) \cdot \alpha_I + \zeta \cdot \alpha_{II}$$

unde:  $\alpha$  = parametrul de deformație  
(deformație specifică, curbura, rotație, săgeată)

## MODELUL DE CALCUL

unde:

$\alpha_I$  ,  $\alpha_{II}$  = parametru de deformație calculat pt. stadiul nefisurat și complet fisurat;

$\zeta = 1 - \beta \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$  = coeficient de distribuție, care ține cont de extinderea zonei fisurate;

$\zeta = 0$  pt. secțiuni nefisurate;

$\beta$  = coeficient de influență al încărcării (înc. de lungă durată; înc. repetate);

$\beta = 1.0$  pt. o singură aplicare a înc. de scurtă durată;

$\beta = 0.5$  pt. înc. de lungă durată sau înc. ciclice;

$\sigma_{sr}$  = tensiunea în arm. întinsă după prima fisură;

$\sigma_s$  = tensiunea în arm. întinsă în ST fisurată;

$\sigma_{sr} / \sigma_s$  poate fi înlocuit prin  $M_{cr} / M$  pt. încovoire sau  $N_{cr} / N$  pt. întindere;  $M_{cr}$  ,  $N_{cr}$  = ef. de fisurare.

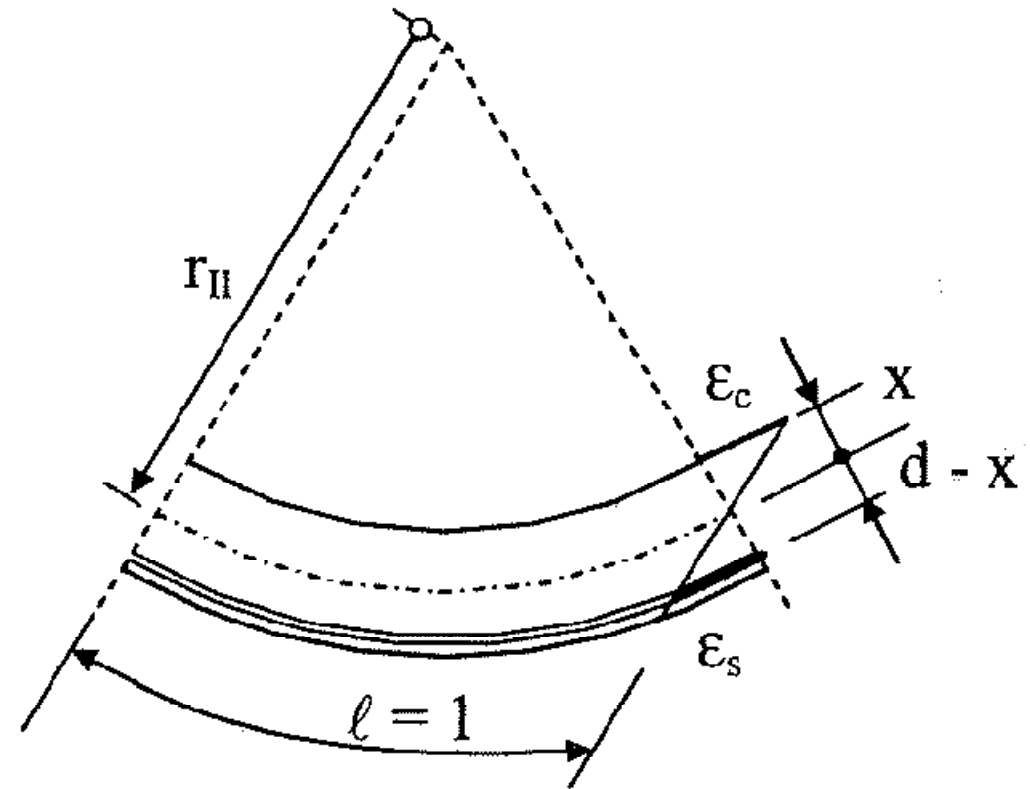


## MODELUL DE CALCUL

- Calculul deformațiilor din încărcări se bazează pe modelul de calcul:

- STADIUL II de lucru;
- ST este fisurată dacă:  
 $\sigma_{ct} > f_{ct,ef}$  ;
- Rezistența la întindere  
 $f_{ct,ef}$  poate fi  $= f_{ctm}$  sau

$= f_{ct,fl}$  dacă nu există tensiuni de întindere axiale (din contracție sau temperatură).



## MODELUL DE CALCUL

- Pt. încărcări de lungă durată, deformația totală inclusiv curgerea lentă poate fi calculată folosind:

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)}$$

unde:  $\phi(\infty, t_0)$  = coeficient de curgere lentă.

- Efectul contracției este luat în considerare prin curbura:

$$\frac{1}{r_{cs}} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot \frac{S_s}{I_c}$$

unde:

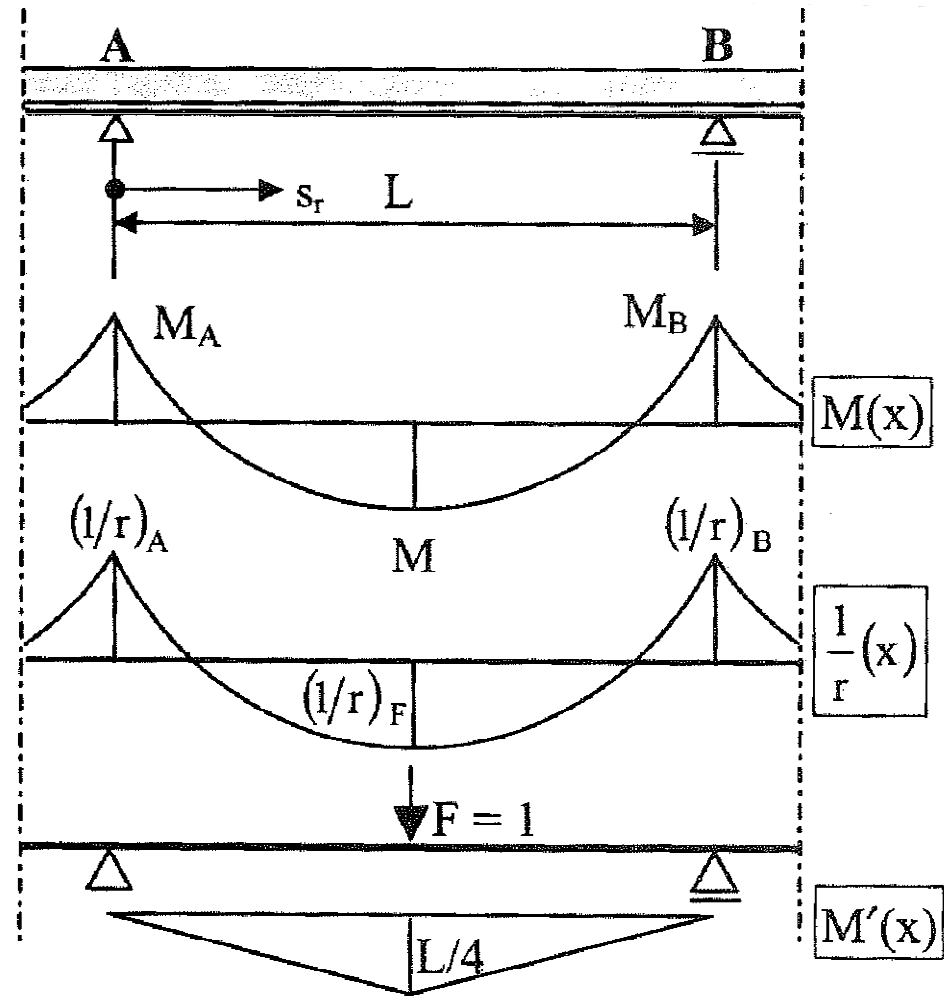
- $1 / r_{cs}$  = curbura datorită contracției;
- $\varepsilon_{cs}$  = deformația specifică liberă din contracție;
- $S_s$  = momentul static al ariei de armătură față de centrul de greutate al ST;
- $I_c$  = momentul de inerție al ST din beton;
- $\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$
- $S_s$  ,  $I_c$  trebuie calculate pt. ST nefisurată și complet fisurată, curbura finală fiind evaluată prin  $\alpha$  ca interpolare între cele două stadii.

## CALCULUL PRACTIC AL SĂGETIILOR

- Prin calculul curburilor din încărcări și contracție.  
Curburile sunt exprimate prin formulele anterioare pt.  $\alpha$  ca interpolare dintre:
  - stadiul I – ST nefisurată, și
  - stadiul II – ST complet fisurată.

- Calculul exact al săgeții se bazează pe integrarea curburii:

$$f = \int_0^L \frac{1}{r}(x) \cdot M'(x) dx$$



# CALCULUL PRACTIC AL SĂGEȚILOR

- Calculul simplificat al săgeților ia în considerare diagramele de moment încovoietor și deformație:

$$f = S \cdot \frac{M_{Eqp} \cdot L^2}{E \cdot I}$$

CU  $\frac{1}{r} = \frac{M_{Eqp}}{E \cdot I}$

$$\Rightarrow f = S \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r}$$

- $(1/r)$  din încărcări și contracție, pt. ST nefisurată și complet fisurată.

