

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

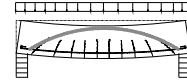
4.1 ANCORAREA ARMĂTURII ÎN BETON

4.2 STADIILE DE LUCRU

4.3 DURABILITATEA BETONULUI ARMAT

Anchorage / Ancorarea**Ancorarea armăturii în beton**

Betonul nu rezistă la întindere, de aceea se asociază cu armăturile din oțel. După fisurarea betonului, armătura are rolul de a prelua eforturile de întindere din elementele de rezistență.

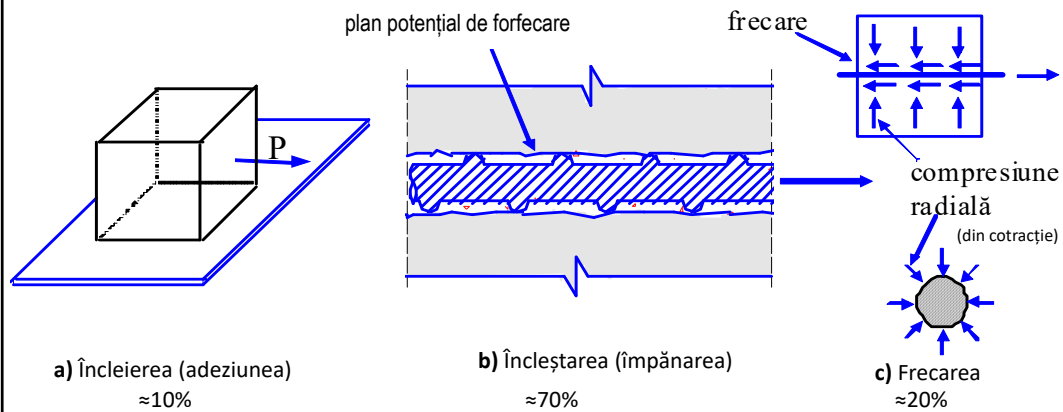


⇒ **Trebuie asigurată conlucrarea** betonului cu armătura, adică împiedicarea lunecării armăturii în beton, printr-o **ancorare** corespunzătoare.

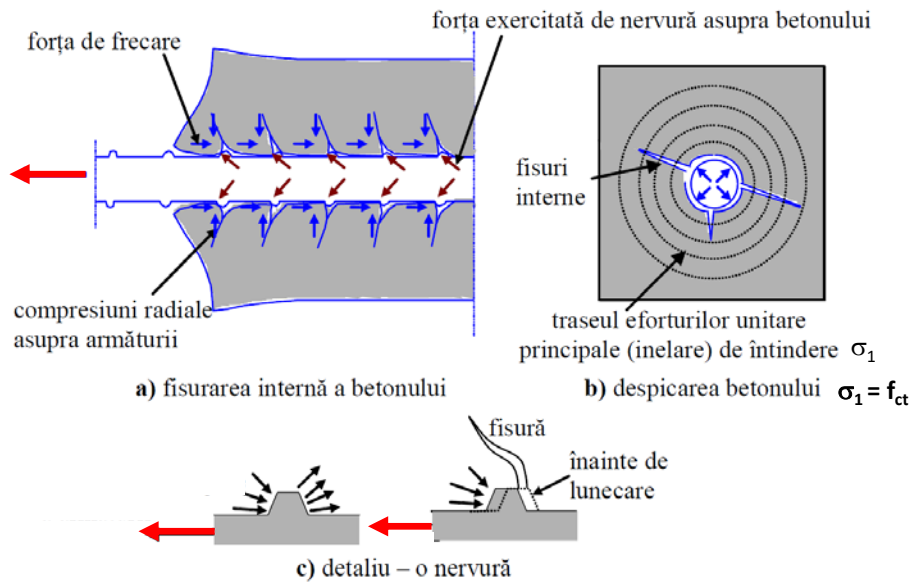
Ancorarea armăturii se realizează prin:

- aderență
- forma capetelor barelor (cârlige)
- bare transversale sudate
- ancore speciale.

Aderența = legătura dintre **armătură** și **beton**, creată la suprafața de contact, prin întărirea betonului; este definită de **efortul unitar tangențial de aderență, f_b**



Modelul de aderență dintre beton și armătură cu profil periodic



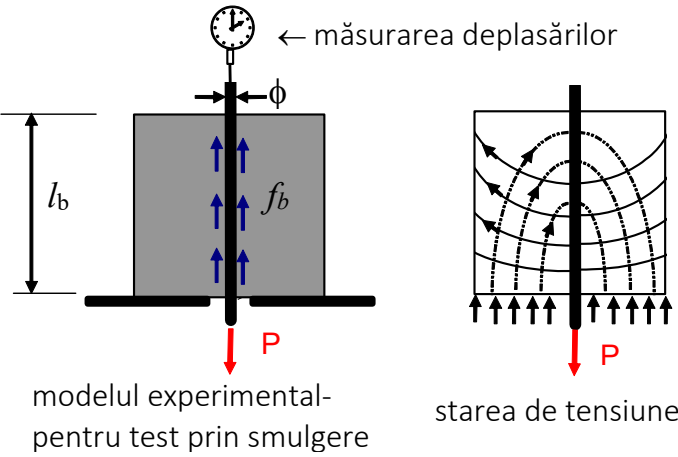
Barele profilate, denumite și armături cu *aderență înaltă*, au din fabricație nervuri transversale dispuse regulat, de ordinul milimetrilor. Efectul încleștării este mare, din cauza pragurilor create de nervuri. În tendința de smulgere a barei, în fața pragurilor betonul este comprimat, iar în spatele pragurilor este întins, pe o porțiune ce depășește nivelul pragurilor. Când se atinge rezistența la întindere a betonului, se formează fisuri interne, înclinate față de axa longitudinală a barei. Fisurarea internă a betonului formează „dinți” de beton (trunchiuri de con), care se pot desprinde și crează un efect de împănare al armăturii în beton, sporit de presiunea radială dată de contracție. Acest efect trebuie asigurat printr-o acoperire cu beton suficient de mare, altfel stratul de beton se poate desprinde. Cedarea aderenței se produce în final prin *despicarea betonului* printr-o fisură radială ; se observă că cedarea nu se produce la nivelul superior al nervurilor, unde există un plan potențial de forfecare, ci antrenând o masă mai mare de beton.

Determinarea efortului de aderență → proba de smulgere

Modul de cedare

→ **Lunecarea** armăturii (bare cu suprafața netedă)

→ **Despicarea** betonului printr-o fisură radială (bare profilate)



Eforturi unitare de aderență

$$f_b = \frac{P}{\pi \cdot \phi \cdot l_b}$$

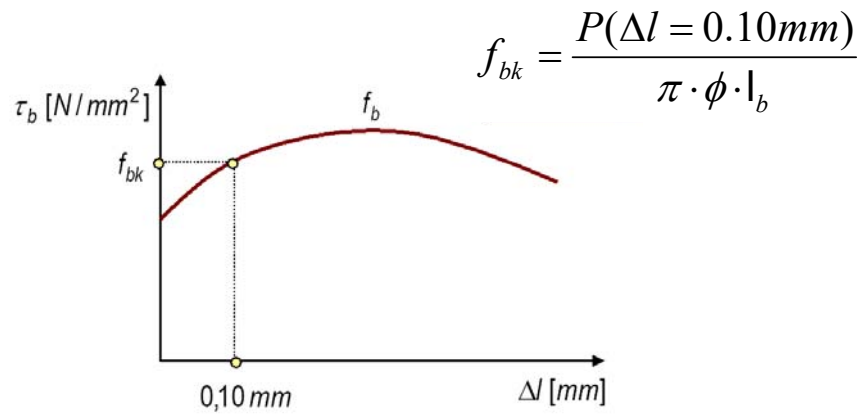
$$\sigma_1 \rightarrow f_{ct}$$

Determinarea efortului de aderență → proba de smulgere

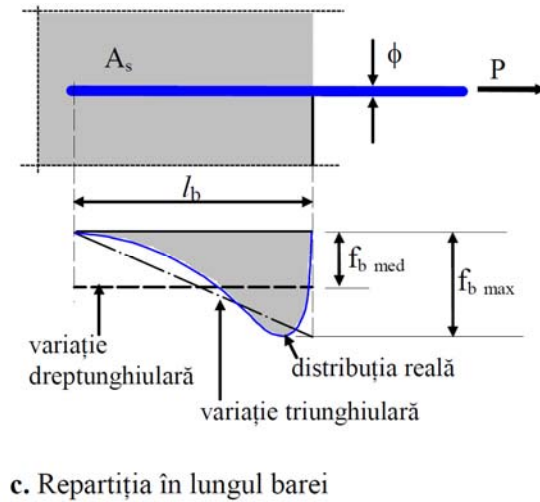
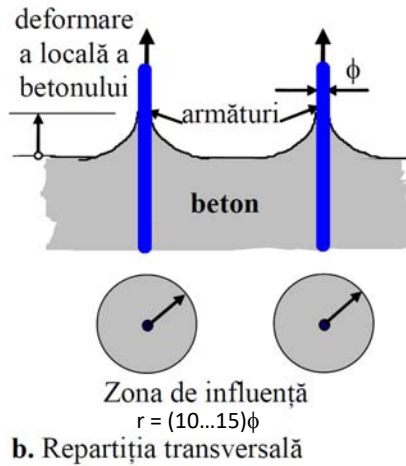
Modul de cedare

→ **Lunecarea** armăturii (bare cu suprafața netedă)

→ **Despicarea** betonului printr-o fisură radială (bare profilate)



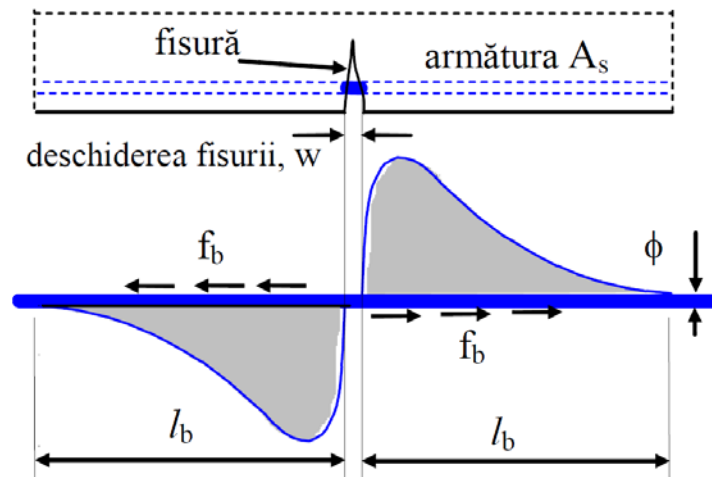
Repartiția efortului unitar de aderență



$$f_{b \text{ med}} = \frac{P}{\pi \cdot \phi \cdot l_b}$$

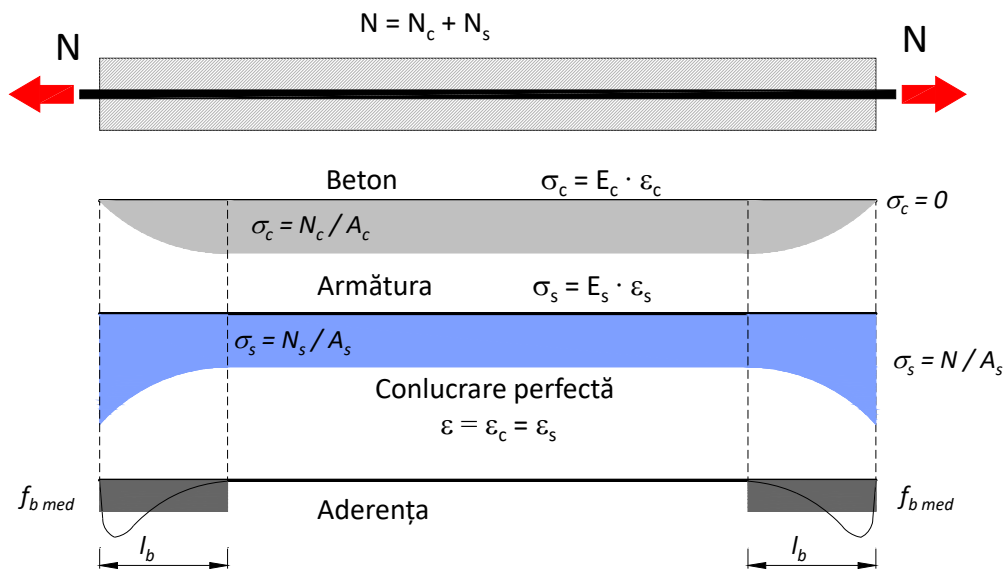
Pentru o bară înglobată în beton pe lungimea l_b , diagrama reală de distribuție a eforturilor unitare de aderență f_b este ne. Distribuția pe lungimea de înglobare este neuniformă; valoarea maximă a efortului unitar f_b se atinge aproape de capătul tras al armăturii, unde efortul din armătură σ_s este maxim. Pentru cazurile practice se admit diagrame simplificate, mai des folosite fiind diagrama dreptunghiulară și cea triunghiulară.

Distribuția eforturilor unitare de aderență lângă o fisură

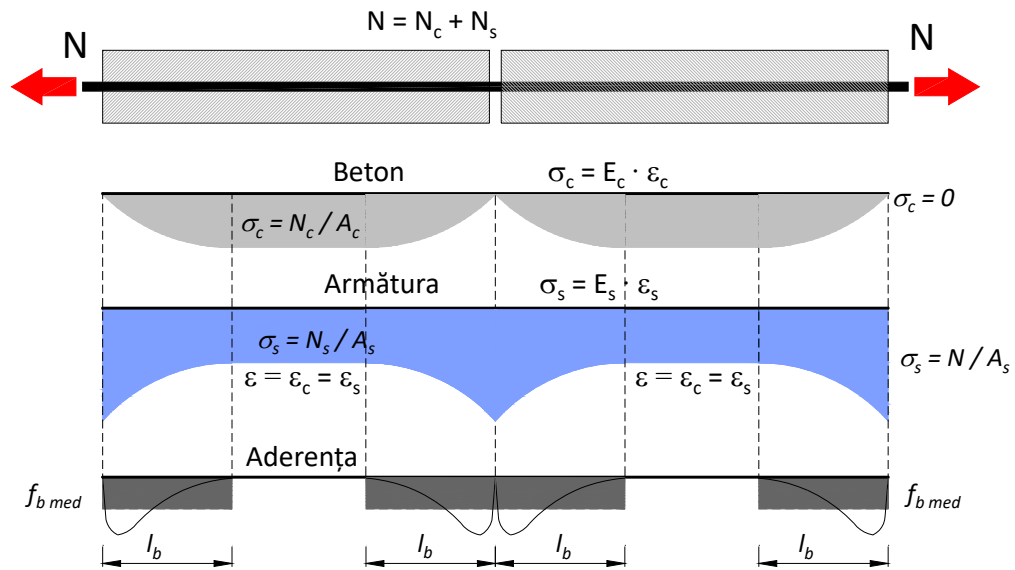


În cazul în care bara se află în zona întinsă a unei grinzi, unde a apărut o fisură, efortul este transmis la beton prin activarea aderenței

Comportarea armăturii înglobate în beton la întindere centrică



Comportarea armăturii înglobate în beton la întindere centrică



Lungimea necesară de ancorare l_b asigură transmiterea efortului de la armătură la beton prin aderență pe această lungime; se poate deduce din **condiția rațională** ca distrugerea aderenței să se producă simultan cu curgerea armăturii ($\sigma_{sd} = f_{yd}$):

$$\frac{\pi \cdot \phi^2}{4} f_y = \pi \cdot \phi \cdot l_b \cdot f_{bmed} \quad \rightarrow \quad l_b = \frac{\phi \cdot f_y}{4 \cdot f_{bmed}}$$

Proiectarea conform EC2

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

→

unde

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

La limită :

Tabelul 8.2 - Valori ale coeficienților α_1 , α_2 , α_3 , α_4 și α_5

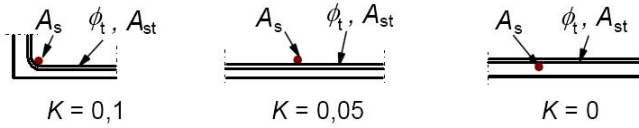
Factor de influență	Tip de ancorare	Armătură de beton armat	
		întinsă	comprimată
Forme de bare	Drept	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Altul (a se vedea Figura 8.1 b), c) și d))	$\alpha_1 = 0,7$ dacă $c_d > 3\phi$ altfel $\alpha_1 = 1,0$ (a se vedea Figura 8.3 pentru valorile c_d)	$\alpha_1 = 1,0$
Acoperire	Drept	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Altul (a se vedea Figura 8.1 b), c) și d))	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (a se vedea figura 8.3 pentru valorile c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
Confinare prin armături transversale nesudate de armăturile principale	Toate tipurile	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Confinare prin armături transversale sudate*	Toate tipurile, pozițiile și diametrele ca în Figura 8.1 e)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Confinare prin compresiune transversală	Toate tipurile	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

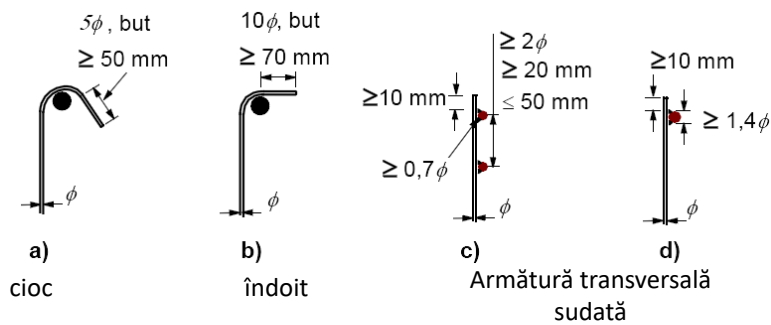
Anchorage / Ancorarea

Anchorage length / Lungimea de ancoraj

Efectul armăturilor transversale nesudate asupra aderenței (prin confinare) pentru grinzi și plăci



Ancorarea armăturilor transversale - în mod obișnuit prin ciocuri (cârlige) sau prin armături transversale sudate (o bară în interiorul ciocului)



Anchorage / Ancorarea

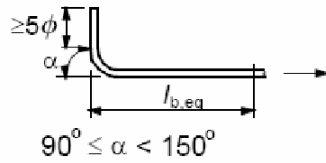
Anchorage length / Lungimea de ancoraj

O simplificare:

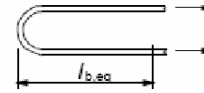
$$l_{bd} = \alpha_1 l_{b,rqd}$$

- pentru formele din figurile 8.1b) la 8.1d)

- a se vedea tabelul 8.2 pentru valorile lui α_1



b) Lungime de ancorare echivalentă pentru un cioc normal la 90°



d) Lungime de ancorare echivalentă pentru o buclă normală

e)
e)
si

Tabelul 8.2 - Valori ale coeficienților α_1 , α_2 , α_3 , α_4 și α_5

Factor de influență	Tip de ancorare	Armătură de beton armat	
		întinsă	comprimată
Forme de bare	Drept	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Altul (a se vedea Figura 8.1 b), c) și d))	$\alpha_1 = 0,7$ dacă $c_d > 3\phi$ altfel $\alpha_1 = 1,0$ (a se vedea Figura 8.3 pentru valorile c_d)	$\alpha_1 = 1,0$

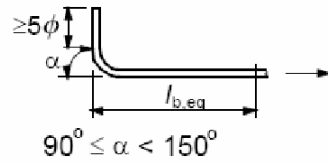
Anchorage / Ancorarea

Anchorage length / Lungimea de ancoraj

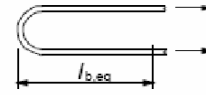
O simplificare:

$$l_{bd} = \alpha_1 l_{b,rqd}$$

- pentru formele din figurile 8.1b) la 8.1d)
- a se vedea tabelul 8.2 pentru valorile lui α_1



b) Lungime de ancorare echivalentă pentru un cioc normal la 90°



d) Lungime de ancorare echivalentă pentru o buclă normală

e) e(si

Tabelul 8.2 - Valori ale coeficienților α_1 , α_2 , α_3 , α_4 și α_5

			Armătura de beton armat	
			întinsă	comprimată
			$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
			$\alpha_1 = 0,7$ dacă $c_d > 3\phi$ altfel $\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
			(a se vedea Figura 8.3 pentru valorile c_d)	

$c_d = \min(a/2, c_1, c)$

$c_d = \min(a/2, c_1)$

$c_d = c$

Figura 8.3 - Valorile lui c_d pentru grinzii și plăci

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad \rightarrow \text{efortul unitar de aderență de calcul}$$

unde:

η_1 - este un coeficient legat de condițiile de aderență și de poziția barei în timpul betonării
 = 1.0 \rightarrow condiții bune de aderență
 = 0.7 \rightarrow toate celelalte cazuri

η_2 - este un coeficient legat de diametrul barei
 = 1.0 pt $\phi \leq 32$ mm
 = $(132 - \phi) / 100$ pt $\phi > 32$ mm

f_{ctd} - rezistența de calcul la întindere a betonului

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

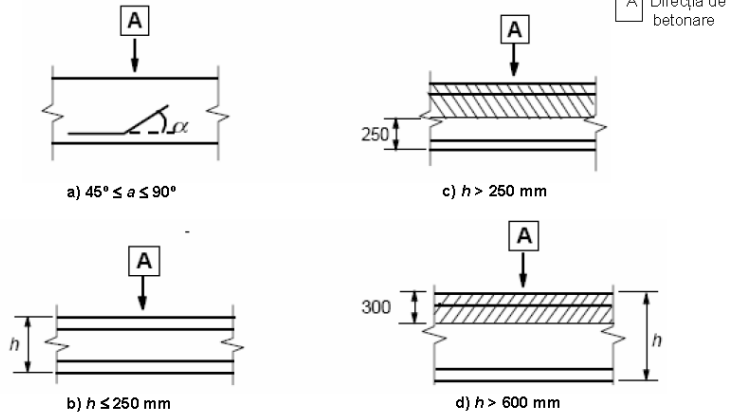
Anchorage / Ancorarea

Anchorage length / Lungimea de ancoraj

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

→ efortul unitar de aderență de calcul

Condiții de aderență



a) & b) condiții de aderență "bune" pentru toate barele

c) & d) zona nehașurată – condiții de aderență "bune"
 zona hașurată – condiții de aderență "medie cre"

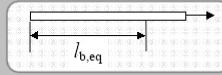
Anchorage / Ancorarea

Anchorage length / Lungimea de ancoraj

Barele de armătură longitudinală pot fi ancorate la capetele lor prin următoarele forme:

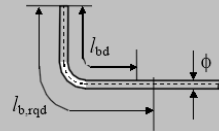
1. capete drepte

1. Ancorarea barelor cu capăt drept
(ancorare prin aderență)

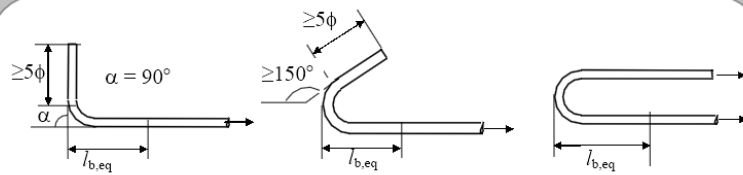


2. capete îndoite - ciocuri (cârlige) sau bucle

2. Ancorarea armăturilor cu capăt
îndoit



a. lungime de ancorare de referință, $l_{b,rqd}$ măsurată în lungul axei, pentru orice formă



b. capăt îndoit la 90°

c. capăt îndoit la $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$

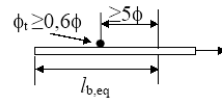
d. buclă

lungime de ancorare echivalentă: $l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$

Barele de armătură longitudinală pot fi ancorate la capetele lor prin următoarele forme:

3. capete drepte cu sudarea unor bare transversale

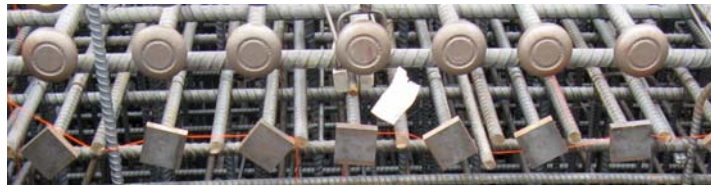
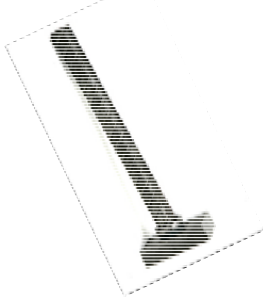
3. Ancorarea armăturilor cu bară transversală sudată



lungime de ancorare echivalentă: $l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$

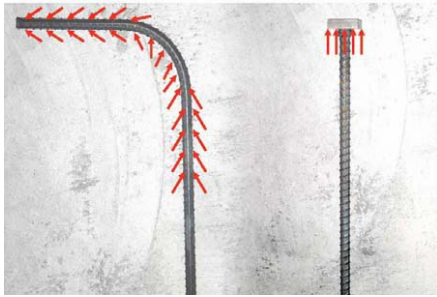
Observație: ciocurile (cârligele) nu se iau în considerare la ancorarea barelor comprimate.

4. Capete cu ancore speciale (headed reinforcement)



4. Capete cu ancore speciale (headed reinforcement)

- Transferul eforturilor concentrat elimină necesitatea lungimii de ancoraj, fără utilizarea aderenți
- Se poate utiliza lungimea totală a barei
- Reducerea aglomerării armăturilor → reducerea dimensiunii elementului
- Ancorajul rigid la armăturile de forță tăietoare reduce deformațiile specifice de forfecare, reducând deschiderea fisurilor de tăiere

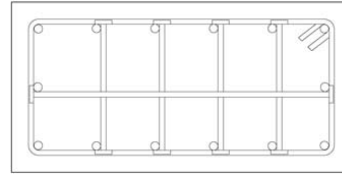
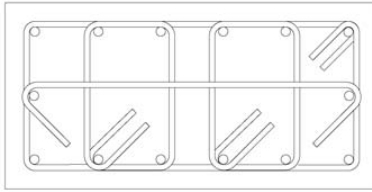


Distribuția eforturilor

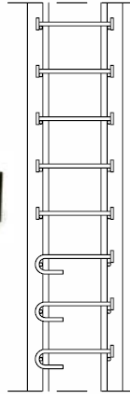
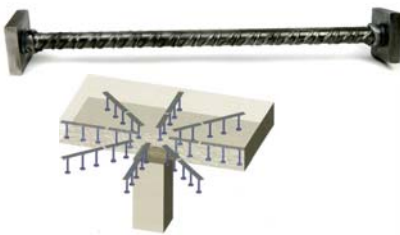


Poziția secțiunii active

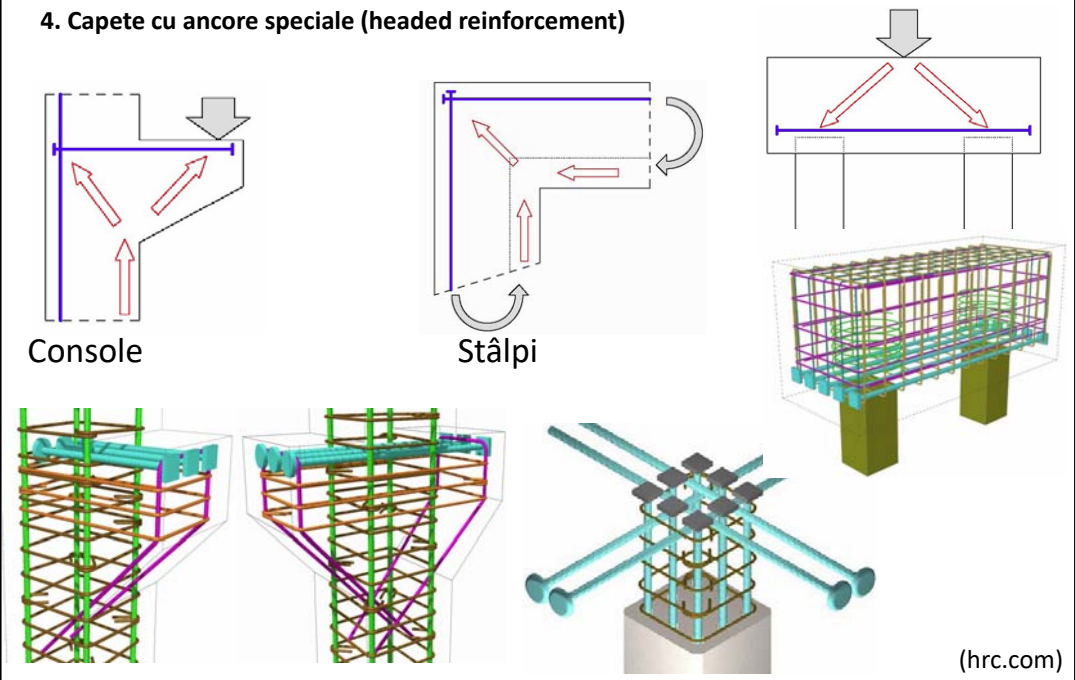
4. Capete cu ancore speciale (headed reinforcement)



- instalare ușoară și rapidă
- fără ciocuri sau îndoiri
(consum redus de material)

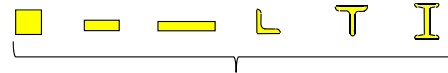
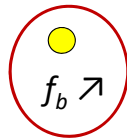


4. Capete cu ancore speciale (headed reinforcement)



Anchorage / Ancorarea**Factorii care influențează aderența**

- calitatea betonului	C ↗	⇒ f_b ↗
- dozajul de ciment	Cim ↗	⇒ f_b ↗
- raportul apă/ciment	A/Cim ↗	⇒ f_b ↘
- compactarea	Compact ↗	⇒ f_b ↗
- poziția armăturilor în timpul turnării	bare horizontale	⇒ f_b ↘ (goluri de aer)
	bare verticale	⇒ f_b ↗
- forma secțiunii transversale a barei		



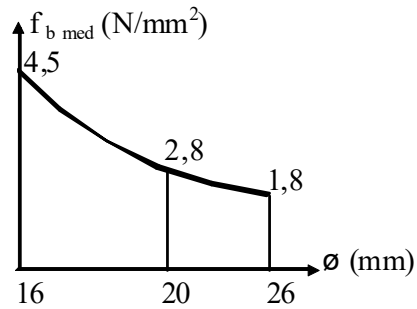
- Vârfuri de tensiune
- Compactare mai slabă

Calitatea betonului. Din modul de cedare al aderenței la eforturi unitare principale de întindere, rezultă că efortul unitar de aderență depinde de rezistența la întindere al betonului.

Anchorage / Ancorarea

Factorii care influențează aderența

- diametrul barelor $\phi \nearrow \Rightarrow f_b \searrow$



- acoperirea cu beton acop. bet. $\searrow \Rightarrow f_b \searrow$

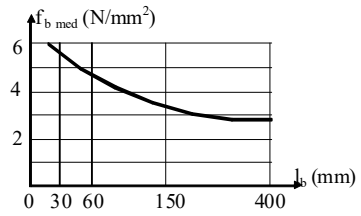
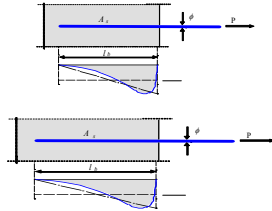
Efortul unitar de aderență acționează pe suprafața laterală a armăturilor, deci forța capabilă pe care o poate prelua armătura fără să lunece în beton este cu atât mai mare cu cât suprafața laterală a barelor este mai mare. Practic, aderența crește dacă se folosesc mai multe bare cu diametru mai mic decât bare mai puține cu diametru mai mare.

Grosimea stratului de acoperire cu beton de bună calitate trebuie să fie suficient de mare pentru ca în zona de transmitere a efortului de întindere, tensiunile transversale din jurul armăturilor să nu producă ruperea betonului din stratul de acoperire.

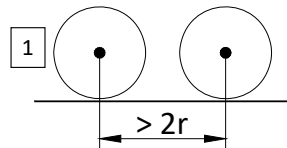
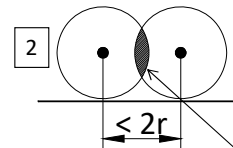
Anchorage / Ancorarea

Factorii care influențează aderența

-lungimea de înglobare

 $l_b \nearrow$ $\Rightarrow f_{bmed} \searrow$ 

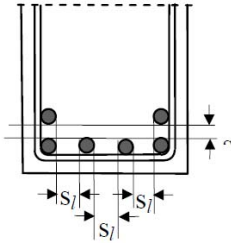
- distanța dintre bare

 $s_l \nearrow$ $\Rightarrow f_b \nearrow$  $f_{b1} >$  f_{b2} Suprapunere
eforturi

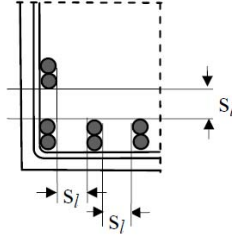
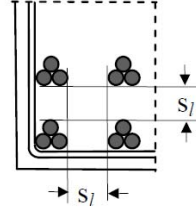
Anchorage / Ancorarea

Factorii care influențează aderența

- distanța dintre bare

 $s_l \nearrow$ $\Rightarrow f_b \nearrow$ 

a) bare independente

b) grupuri de 2 bare
suprapuse

c) grupuri de 3 bare



$$\phi_d = \phi \sqrt{n}$$

$$n = 3$$

Anchorage / Ancorarea**Factorii care influențează aderența**

- distanța dintre bare $s_l \nearrow \Rightarrow f_b \nearrow$

Distanța minimă liberă dintre armăturile longitudinale s_l , atât pe orizontală, cât și pe verticală, trebuie să fie cea mai mare dintre valorile

$$s_l = \max\{(k_1 \cdot \Phi); (d_g + k_2); 20 \text{ mm}\}$$

Φ – diametrul barei (mm)

d_g – dimensiunea maximă a agregatului folosit

k_1, k_2 – valorile date în anexa națională.

Recomandat : $k_1=1$ and $k_2=5\text{mm}$

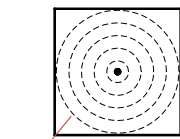
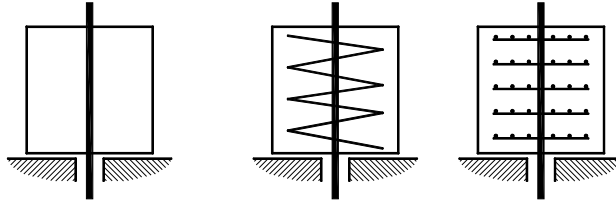
$$\rightarrow s_l = \max\{\Phi; (d_g + 5\text{mm}); 20 \text{ mm}\}$$

Anchorage / Ancorarea

Factorii care influențează aderența

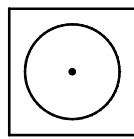
- barele transversale → previn deformațiile transversale

⇒ $f_b \nearrow$



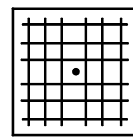
σ_1

1



fretă

2



Plase sudate

$f_{b1} < f_{b2}$

Înădirea barelor

- să asigure transmiterea eforturilor de la o bară la alta
- să fie decalate și să nu fie dispuse în zone puternic solicitate (reazeme sau zone plastice!)

Transmiterea eforturilor de la bară la alta se efectuează prin:

- înădirea barelor prin suprapunere
- sudare
- prin alte metode ☺

Anchorage / Ancorarea

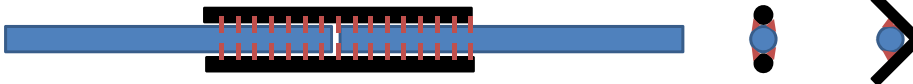
Laps / Înnădiri

Înnădirea barelor de armătură **prin sudură** poate fi realizată, de regulă, prin sudare electrică:

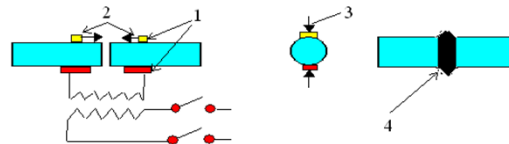
a) prin suprapunere;



b) cu eclise din cupoane de armătură sau din profiluri;



c) cap la cap cu topire intermediară;



Sursa: <http://www.scrigroup.com/tehnologie/tehnica-mecanica/Sudarea-manuala-cu-arc-electrici41982.php>

NE 012/2

Anchorage / Ancorarea

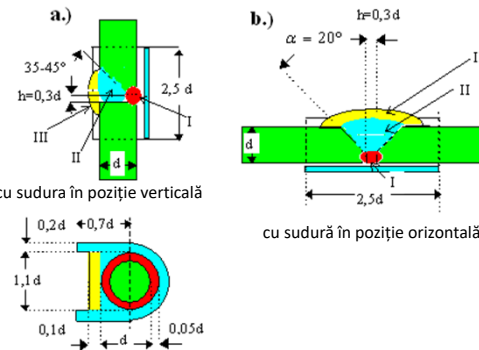
Laps / Înnădiri

Înnădirea barelor de armătură **prin sudură** poate fi realizată, de regulă, prin sudare electrică:

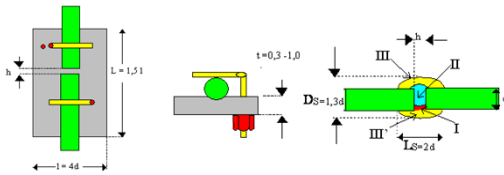
d) cap la cap, în cochilie

(cu sudura manuală, în cochilie în baie de zgură)

- I - rădăcina sudurii
- II - sudura propriu-zisă în baie de zgură, executată în straturi, cu pauze intermediare, pentru îndepărtarea zgurei;
- III - stratul de acoperire a sudurii.



e) cap la cap, în semimanșon de cupru.



Modul de înnădire a barelor prin sudură va fi precizat în proiect, împreună cu eventualele condiții specifice, precum și cu abaterile admisibile.

Sursa: <http://www.scrigroup.com/tehnologie/tehnica-mecanica/Sudarea-manuala-cu-arc-electrici41982.php>

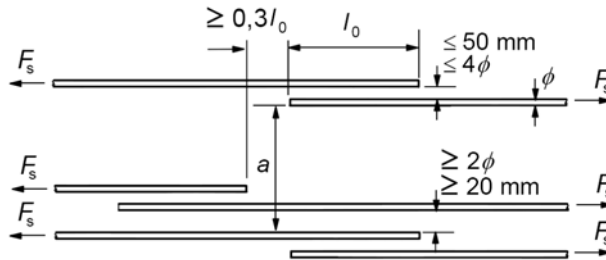
NE 012/2

Alte metode de înădire sunt, de exemplu:

- înădirea cu fileț, normal sau conic;
- înădirea cu manșon presat radial;
- înădirea cu manșon și compoziție turnată la interior (oțel topit sau alte materiale);
- înădirea cap la cap, cu manșon de poziționarea (pentru armături comprimate).

NE 012/2

Înădirea barelor prin suprapunere

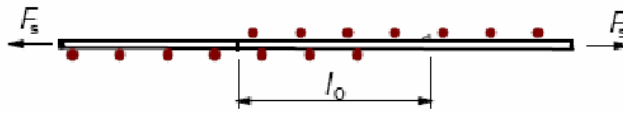


$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

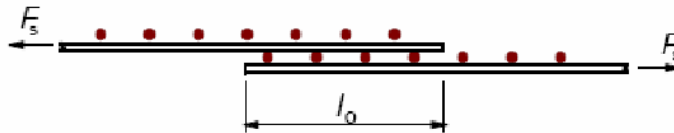
ρ_1	< 25%	33%	50%	> 50%
α_6	1	1,15	1,4	1,5

NOTĂ - Valorile intermediare pot fi obținute prin interpolare.

Suprapunerea plaselor sudate



a) suprapunerea panourilor în același plan (secțiune longitudinală)



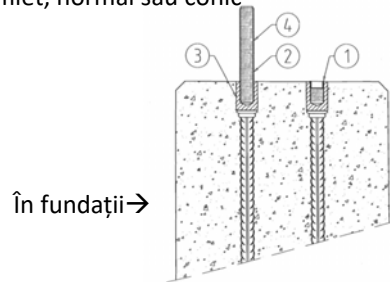
b) suprapunerea panourilor în planuri diferite (secțiune longitudinală)

Diametrul barelor (mm)	Lungimi de suprapunere
$\phi \leq 6$	≥ 150 mm; cel puțin un ochi de plasă în intervalul de înnădire fig. 5.18a.
$6 < \phi \leq 8,5$	≥ 250 mm; cel puțin două ochiuri de plasă în intervalul de înnădire fig. 5.18b.
$8,5 < \phi \leq 12$	≥ 350 mm; cel puțin două ochiuri de plasă în intervalul de înnădire fig. 5.18b.

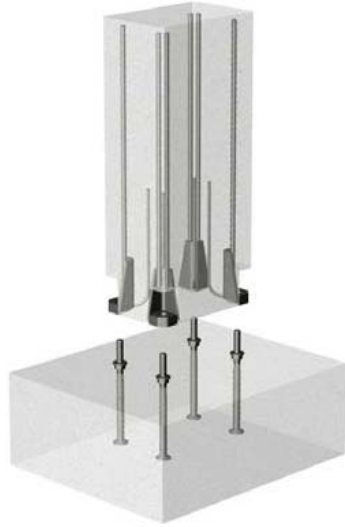
Înădirea cu dispozitive mecanice de cuplare (cuplori) (couplers)



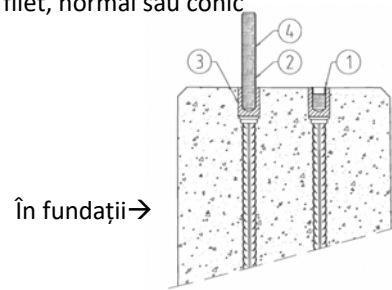
Înădirea cu filet, normal sau conic

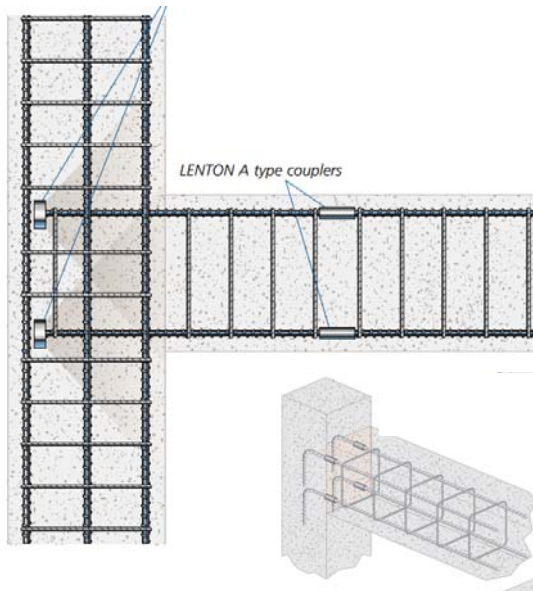


Înădirea cu dispozitive mecanice de cuplare (cuplari) (couplers)



Înădirea cu filet, normal sau conic

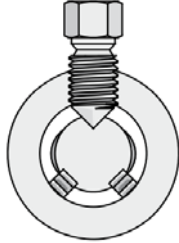


Înădirea cu dispozitive mecanice de cuplare (cuplori) (couplers)

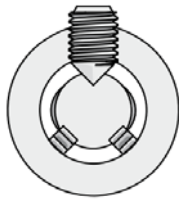
(Lenton)

Dispozitive mecanice de cuplare (cuplori) (couplers)

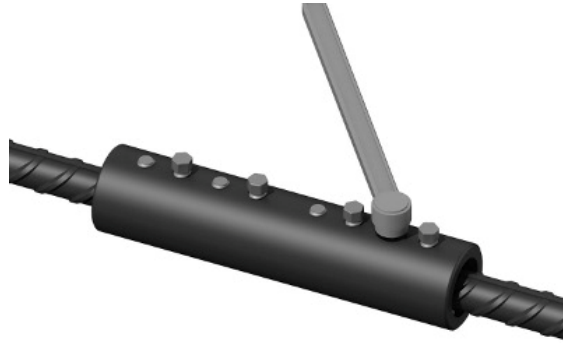
Înădirea cu manșon presat radial



Coupler with screwed-in shear-off screw

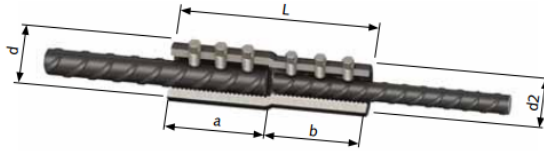


Coupler with sheared-off screw head

halfen.com

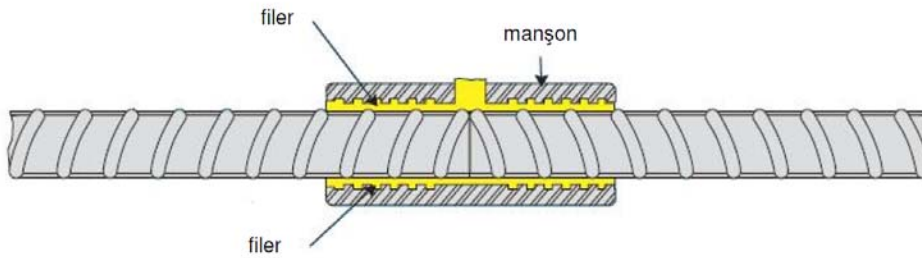
Dispozitive mecanice de cuplare (cuplori) (couplers)

Înnădirea cu manșon presat radial

halfen.com

Dispozitive mecanice de cuplare (cuplori) (couplers)

înnădirea cu manșon și compoziției turnată la interior (oțel topit sau alte materiale)



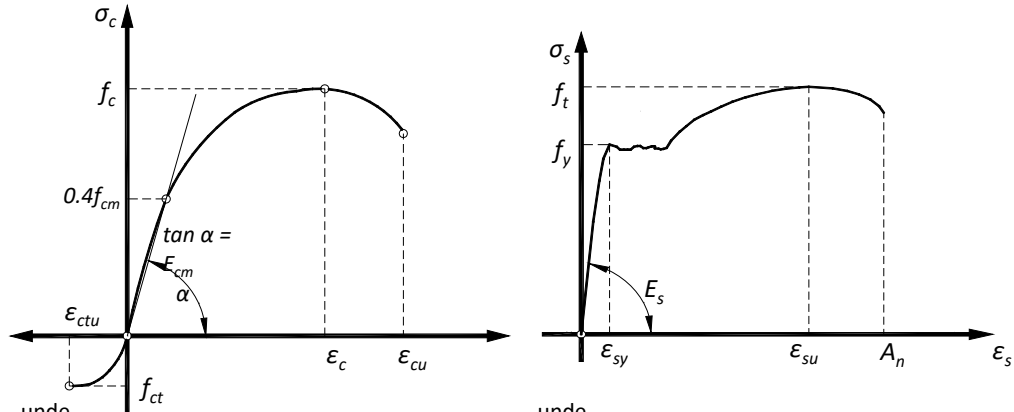
4.1 ANCORAREA ARMĂTURII ÎN BETON

4.2 STADIILE DE LUCRU

4.3 DURABILITATEA BETONULUI ARMAT

Working stages / Stadiile de lucru

Betonul și armătura au *proprietăți fizico-mecanice diferite*, puse în evidență de curbele caracteristice ale celor două materiale.



unde

f_c – rezistența la compresiune a betonului
 f_{ct} – rezistența la întindere a betonului
 ϵ_{cu} – deformația specifică ultimă la compresiune
 ϵ_{ctu} – deformația specifică ultimă la întindere
 E_{cm} – modulul de elasticitate secant

unde

f_y – limita de curgere
 f_t – rezistența la întindere a oțelului
 ϵ_{su} – deformația specifică ultimă la întindere
 ϵ_{sy} – deformația specifică la curgere
 E_s – modulul de elasticitate al oțelului

Working stages / Stadiile de lucru

Sub acțiunea încărcărilor exterioare, monoton crescătoare, în elementele din beton armat se produc *modificări cantitative* (ale eforturilor) și *calitative* (ale comportării materialelor), ceea ce permite delimitarea unor etape, denumite *stadii de lucru*.

Comportarea depinde de procentul de armare $p = 100A_s/A_c$:

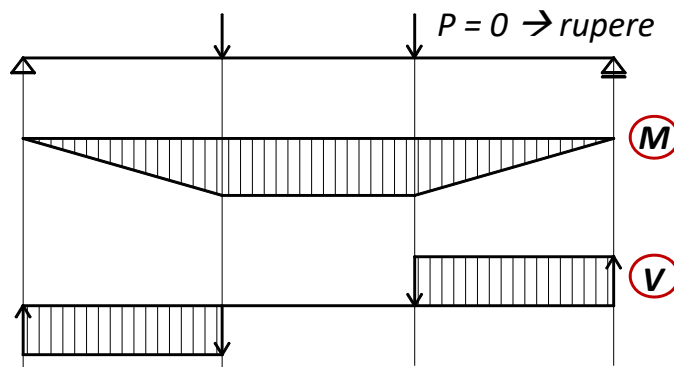
- **betonul slab armat**, realizat cu procente de armare foarte reduse (cu precădere în construcții hidrotehnice masive);
- **betonul armat**, realizat cu procente mici și mijlocii de armare (domeniul construcțiilor civile, industriale și al podurilor);
- **betonul supraarmat**, realizat cu procente mari de armare; această situație este în general evitată.

Working stages / Stadiile de lucru

La o încărcare statică de scurtă durată, monoton crescătoare se disting trei **stadii de lucru**:

- stadiul I, nefisurat (elastic)
- stadiul II, fisurat (elastico-plastic)
- stadiul III, de rupere (plastic).

Pentru a discuta stadiile de lucru, vom considera o grindă simplu rezemată (M constant pe porțiunea de mijloc).



Working stages / Stadiile de lucru**STADIUL I.**

- încărcarea are valori mici
- betonul este nefisurat → toată secțiunea transversală este activă
- rigiditatea la încovoiere (EI) maximă
- comportare preponderent elastică;

Limita Stadiului I.

$$\Leftrightarrow \quad \varepsilon_{ct} = \varepsilon_{ctu} \quad \rightarrow \quad \sigma_{ct} = f_{ct}$$

- *1-a modificare calitativă* = plasticizarea betonului întins (curbarea diagramei de eforturi unitare); fisurarea este iminentă! (una sau mai multe fisuri normale pe axa elementului)
- *2-a modificare calitativă* = betonului întins este fisurat → elementul trece în Stadiul II, cu betonul întins fisurat scos din lucru

Working stages / Stadiile de lucru

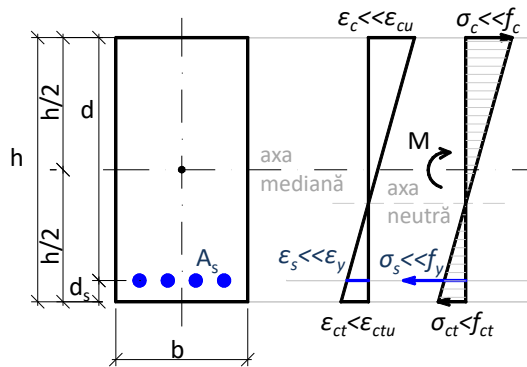
STADIUL I.

- Proiectarea în Stadiul I. nu este economică, deoarece eforturile în armături sunt foarte mici

- Proiectarea în Stadiul I. se utilizează de regulă la structuri hidrotehnice

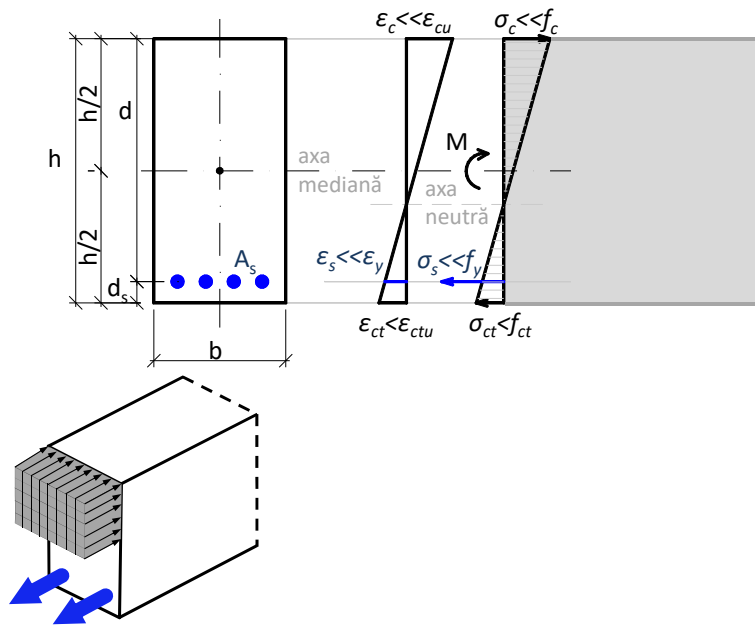
$$\sigma_s = \varepsilon_s \cdot E_s \approx \varepsilon_{tu} \cdot E_s = \frac{0.10 \dots 0.15}{1000} \cdot 210000 = 21 \dots 30 \text{ N/mm}^2 \ll f_y = 210 \dots 500 \text{ N/mm}^2$$

$\approx 0.1 \dots 0.15\text{‰}$



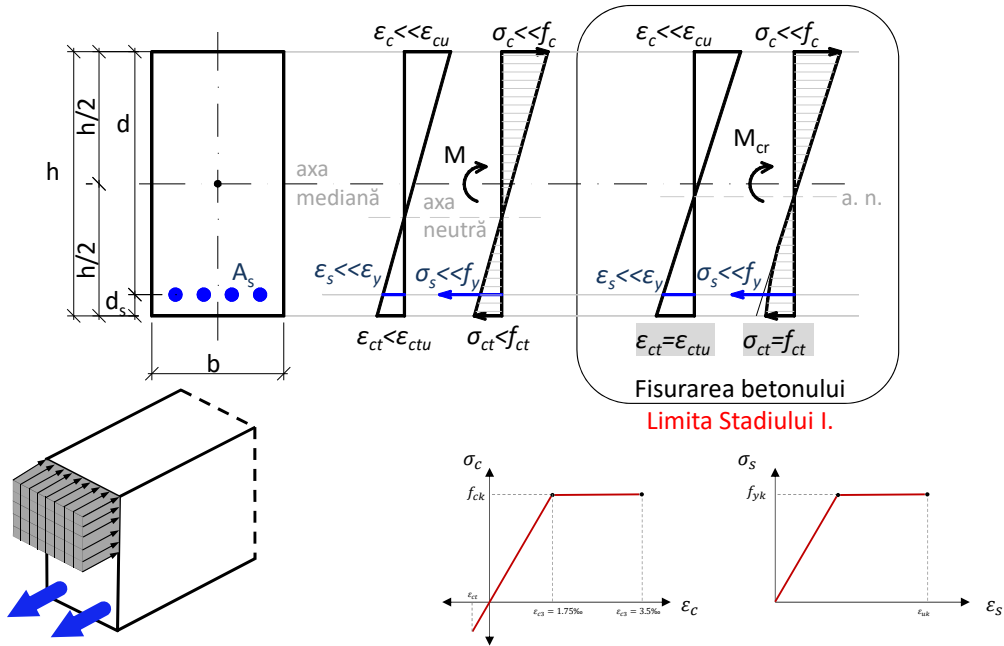
Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL I.



Working stages / Stadiile de lucru

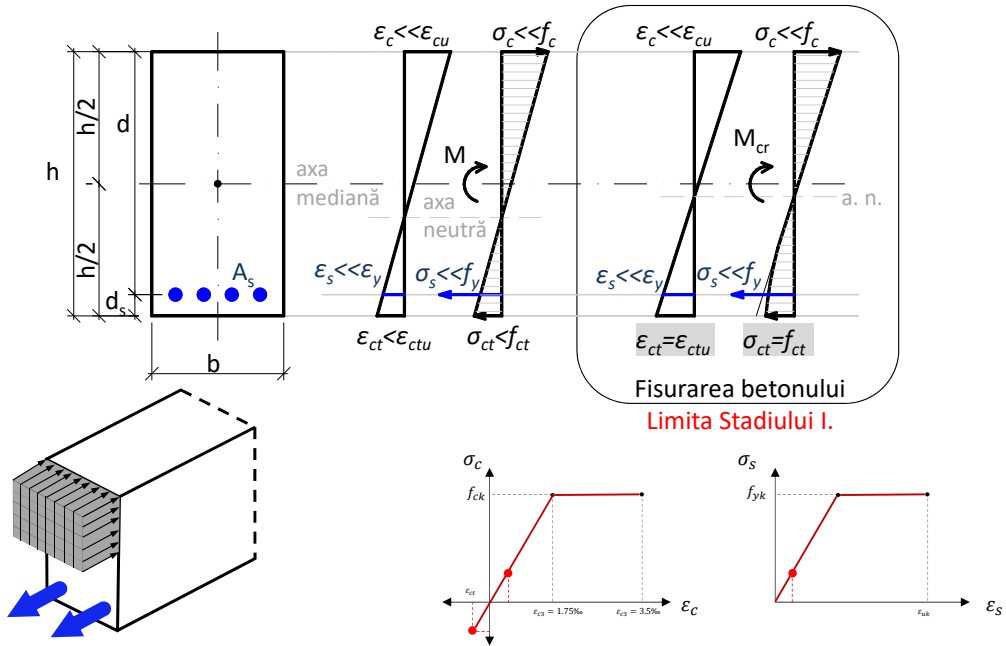
STADIUL I.



Fisurarea betonului
 Limita Stadiului I.

Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL I.



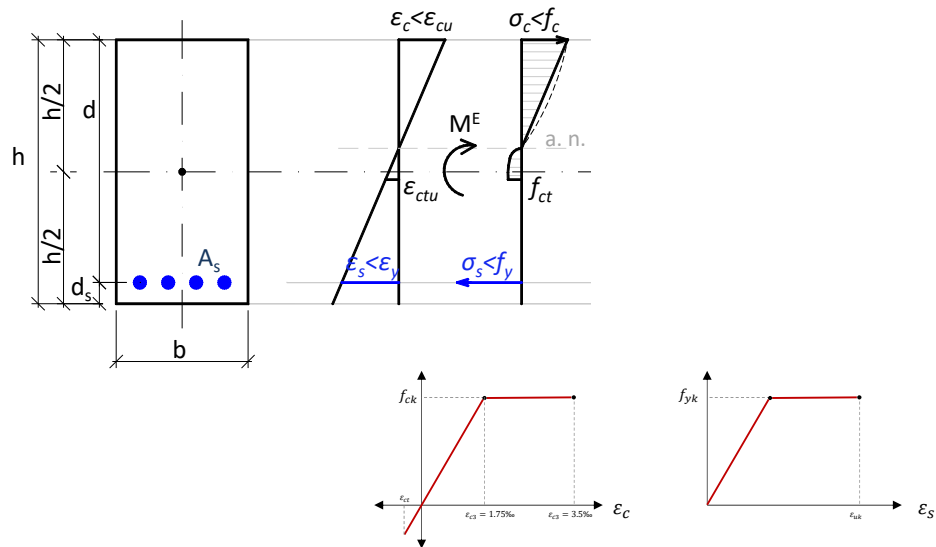
Working stages / Stadiile de lucru**STADIUL II. – stadiul de serviciu**

- secțiunea activă este formată din betonul comprimat și armătura întinsă
- încărcarea are valorile de serviciu date de exploatarea normală; se verifică SLS (deschidere fisuri și deformații)
- rigiditatea la încovoiere (EI) scade din cauza fisurării
- comportare elasto-plastică funcție de nivelul de solicitare, dar uzual nu se trece de comportarea elastică:
 - în betonul comprimat: $\sigma_c \approx 0,5 f_c$
 - în armătura întinsă: $\sigma_s \approx 0,7...0.8 f_y$

Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL II. – stadiul de serviciu

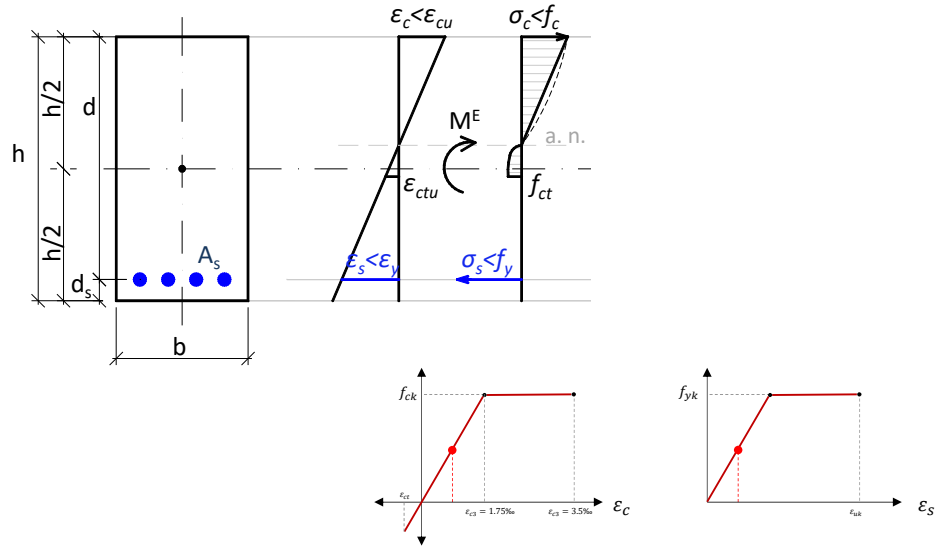
→ Baza calculului la SLS și la oboseală



Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL II. – stadiul de serviciu

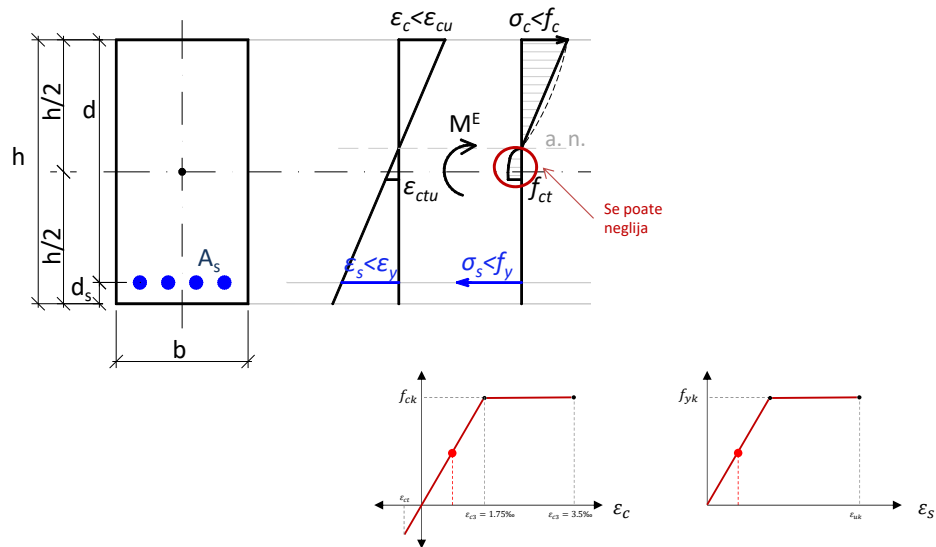
→ Baza calculului la SLS și la oboseală



Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL II. – stadiul de serviciu

→ Baza calculului la SLS și la oboseală



Working stages / Stadiile de lucru**STADIUL III. – stadiul de rupere**

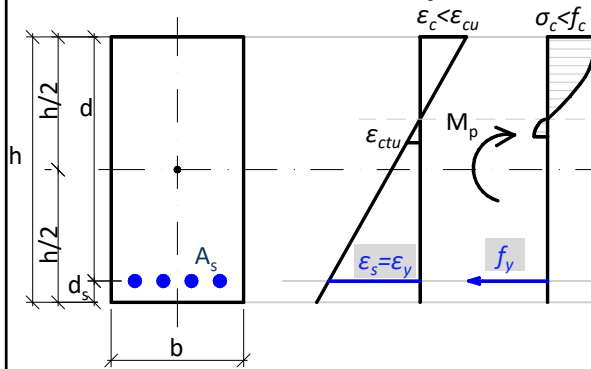
- a 3-a modificare calitativă = armătura întinsă curge ($\sigma_s = f_y$) → se formează o **articulație plastică** (grinda se deformează sub sarcina constantă M_p)

Moment încovoietor de plasticizare: $M_p = A_s f_y z \approx 0,9 A_s f_y d$

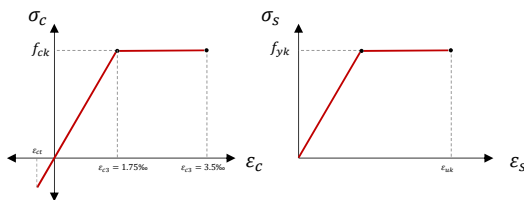
- secțiunea activă scade până se zdrobește betonul comprimat
- încărcarea ajunge la valoarea maximă (de rupere)
- rigiditatea la încovoiere (EI) este minimă → deformată pronunțată a grinzii, duce la deschiderea exagerată a fisurilor
- comportare plastică – rupere cu caracter ductil, cu deformații mari (M_R)

Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL III. – stadiul de rupere

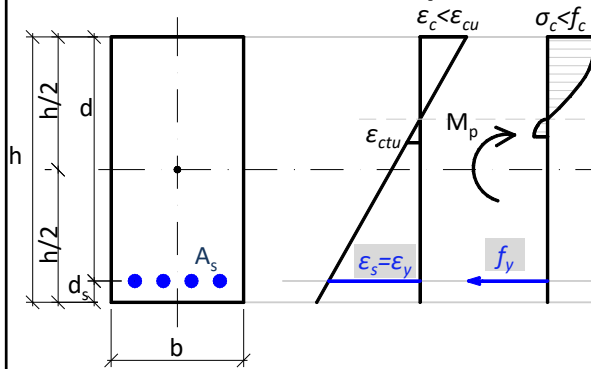


Curgerea armăturii

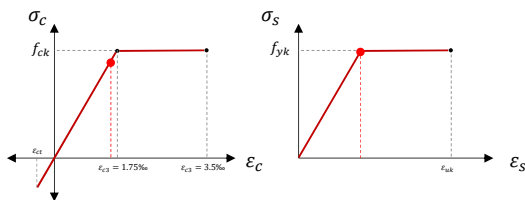


Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL III. – stadiul de rupere

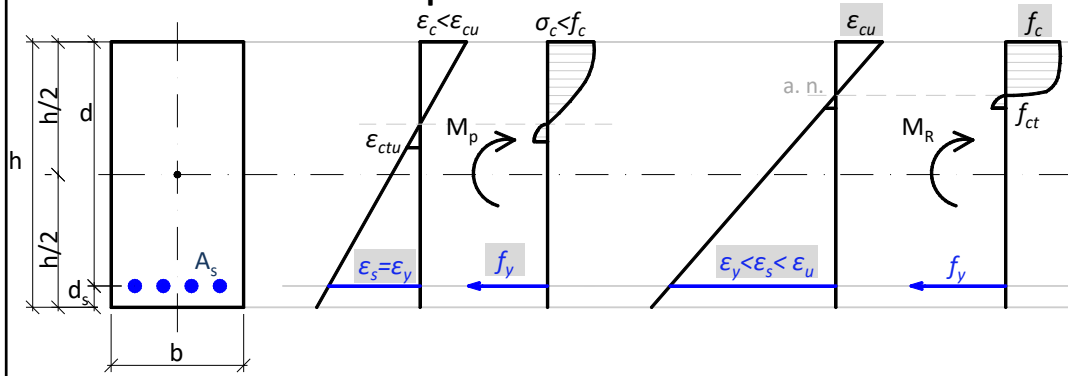


Curgerea armăturii



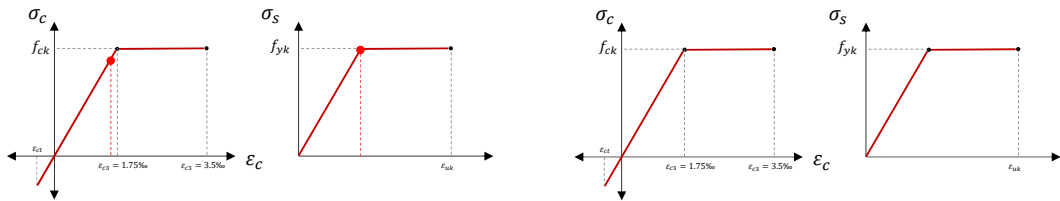
Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL III. – stadiul de rupere



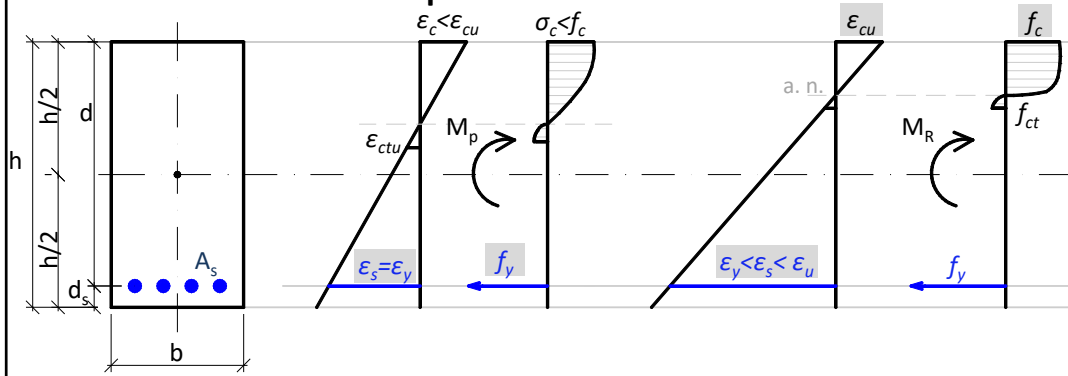
Curgerea armăturii

Zdrobirea betonului



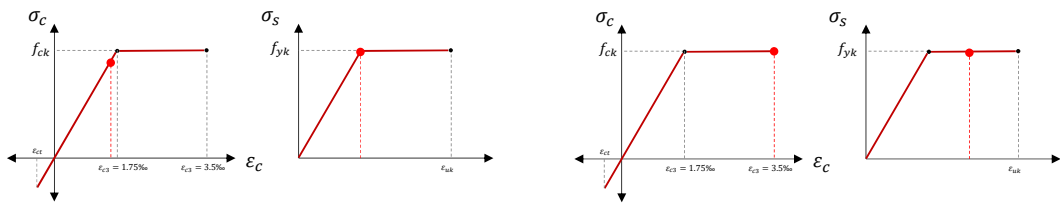
Working stages / Stadiile de lucru

STADIUL III. – stadiul de rupere

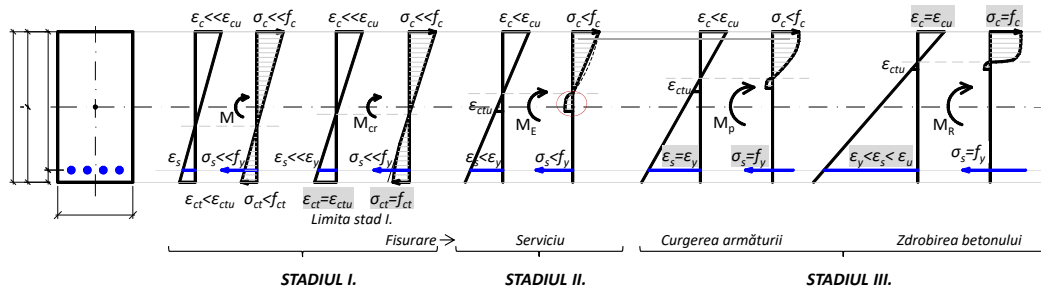


Curgerea armăturii

Zdrobirea betonului



Working stages / Stadiile de lucru



STADIUL I.

STADIUL II.

STADIUL III.

- a)
- toată secțiunea activă
 - deformații elastice
 - a.n. sub axa mediană
 - rigiditatea elementului este maximă
 - stadiu instabil
- b)
- plasticizarea betonului întins
 - M_{cr} – momentul de fisurare

- reducerea rigidității
 - zone active: betonul comprimat + armătura întinsă
 - a.n. trece deasupra axei mediane
- $$\sigma_c \cong 0.5f_c$$
- $$\sigma_s \cong (0.7 \div 0.8)f_y$$

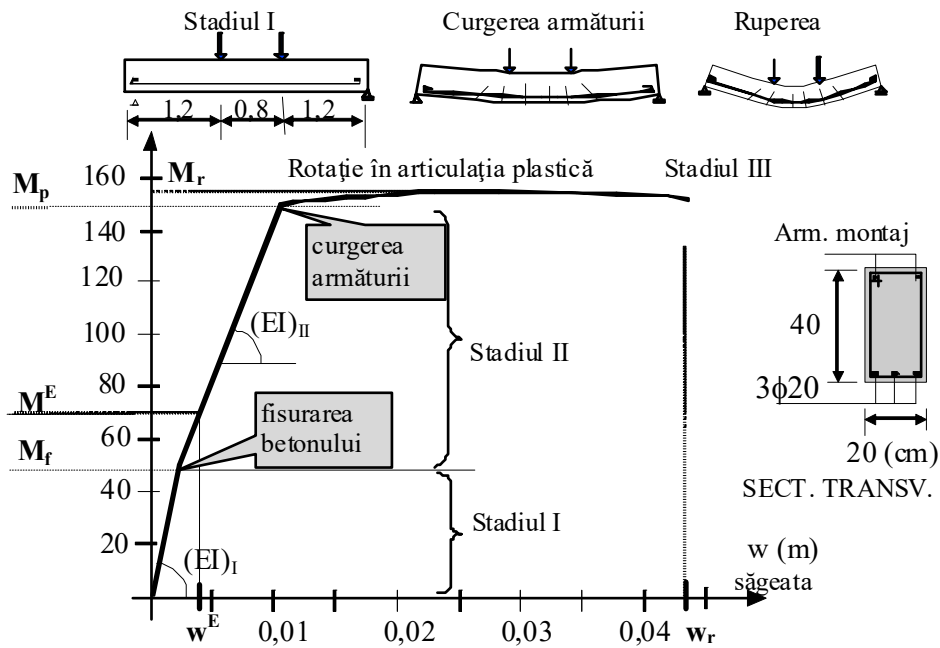
- a)
- creșterea deformațiilor
 - curgerea armăturii
 - deformații plastice a betonului
 - formarea articulației plastice
 - $M_p \approx 0.9A_s f_y d$
- b)
- a.n. în poziția maximă
 - rigiditatea secțiunii este minimă
 - deformații foarte mari
 - cedarea prin zdrobirea betonului comprimat
 - comportare ductilă

Slide 60

TNG1 collins and mitchel - Shear and Torsion Design of Prestressed and Non-Prestressed Concrete Beams,
PCI J 1980

Tamas Nagy Gyorgy; 28.02.2017

Working stages / Stadiile de lucru

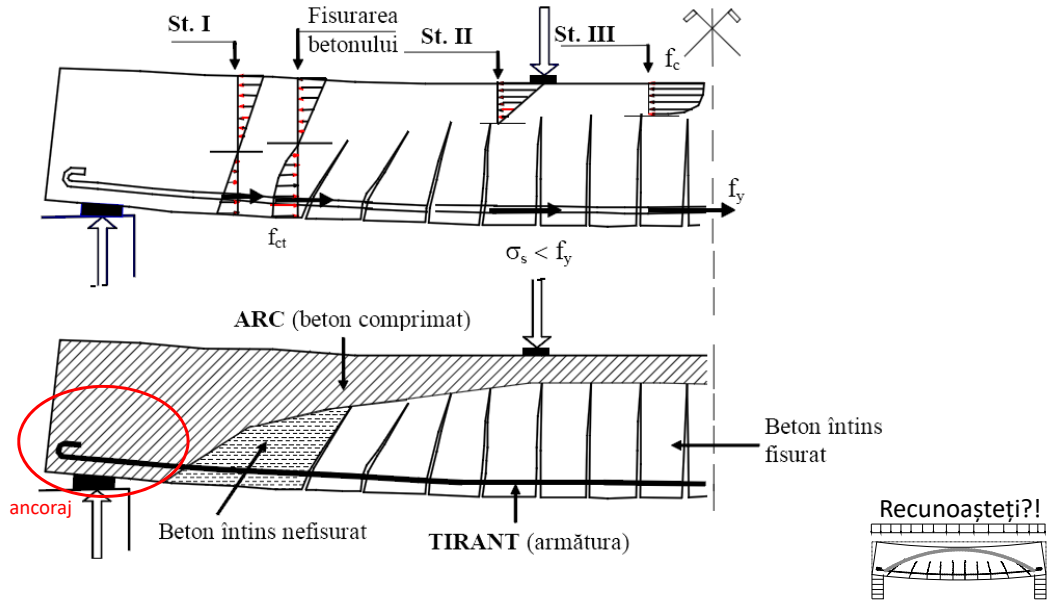


Working stages / Stadiile de lucru**Ruperea pentru alte procente de armare decât mici și mijlocii**

- **Beton simplu cu armătură de siguranță** → Se rupe armătura, care în acest caz are rolul de a reduce în oarecare măsură fragilitatea betonului simplu.
- **Beton slab armat** → Ruperea se produce fie prin zdrobirea betonului comprimat, fie prin deformații excesive ale armăturii.
- **Beton supraarmat** → Ruperea se produce prin zdrobirea betonului, fără ca armătura întinsă să ajungă la limita de curgere.
 - deformații mici → caracter casant.
 - soluție neeconomică → armătura nu este folosită la capacitate maximă.

Working stages / Stadiile de lucru

- de-a lungul elementului se pot identifica toate stadiile de lucru
- elementul lucrează ca un arc de beton cu tirant de oțel



4.1 ANCORAREA ARMĂTURII ÎN BETON

4.2 STADIILE DE LUCRU

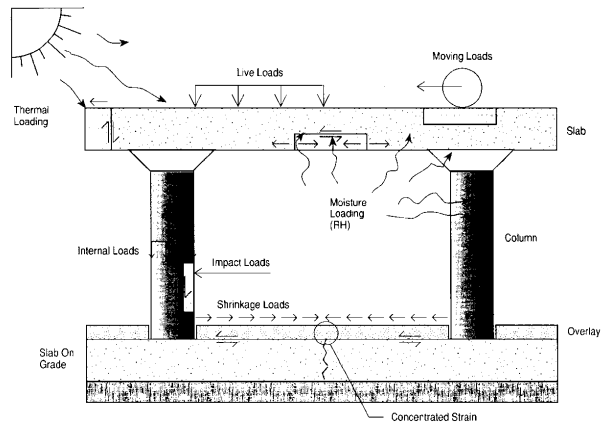
4.3 DURABILITATEA BETONULUI ARMAT

Durability / Durabilitatea

Durabilitatea = aptitudinea de a menține caracteristici corespunzătoare de rezistență, stabilitate și de funcționalitate pe durata de viață proiectată, fără cheltuieli excesive de întreținere, altele decât cele uzuale

- Coroziune: inițiată de cloruri sau de carbonatare
- Îngheț/dezghet
- Reacții alcalii-silicioase

Factorii care afectează structura →



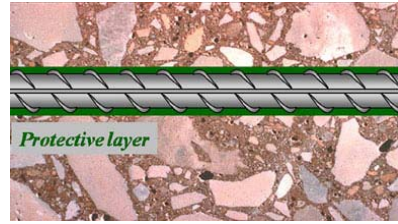
Durability / Durabilitatea

Coroziunea armăturilor – inițiată de cloruri

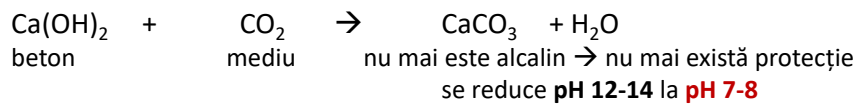


Durability / Durabilitatea

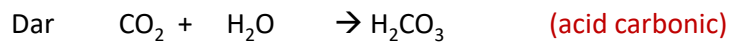
Coroziunea armăturilor – inițiată de carbonatare



În timp →



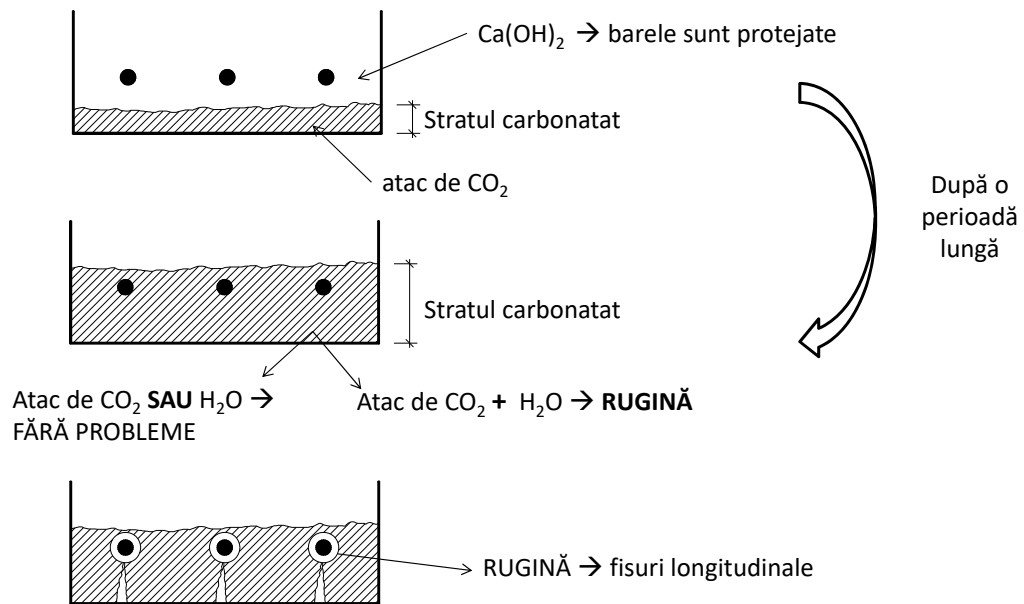
CO_2 → nu se întâmplă nimic!
 H_2O → nu se întâmplă nimic!



După depasivare H_2CO_3 atacă armătura → **ruginire**

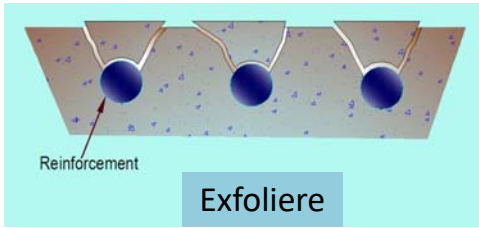
Durability / Durabilitatea

Coroziunea armăturilor – inițiată de carbonatare



Durability / Durabilitatea

Coroziunea armăturilor – inițiată de carbonatare



Durability / Durabilitatea

Coroziunea armăturilor – efecte suprapuse



Durability / Durabilitatea

Durata proiectată de viață a construcțiilor (valori orientative)

Categoria duratei vieții	Durata de viață proiectată a structurii (în ani)	Tipul construcției (Exemple)
5	=100	Structuri pentru clădiri monumentale și construcții ingineresti importante
4	50 – 100	Structuri pentru clădiri și alte construcții curente
3	15 – 30	Structuri pentru construcții agricole sau similare
2	10 – 25	Părți de structură ce pot fi înlocuite
1	10	Structuri temporare

Durability / Durabilitatea

Durabilitatea betonului este influențată de următorii factori:

- **condițiile de expunere:** atmosfera, solul, apa de mare, săruri, abraziune mecanică, depozitare sau contact cu substanțe chimice → **clasa de expunere X**

- **tipul de ciment** → pot fi necesare cimenturi speciale rezistente la agenții chimici

- **calitatea betonului** → se alege uzual din condiții de rezistență, dar poate să fie necesară o clasă superioară în anumite medii

- **grosimea de acoperire cu beton a armăturii** → se calculează funcție de clasa de expunere, are rolul de a proteja armătura de pătrunderea substanțelor agresive, dar și în caz de incendii

- **deschiderea fisurilor** → dacă nu depășesc deschiderile admise (general 0,3 mm), nu sunt în general periculoase

Dacă factorii sunt favorabili, durabilitatea betonului este foarte mare.

Durability / Durabilitatea

O → Nici un risc de coroziune

C → Carbonation = Carbonatare

D → Deicing salt = Sare pentru dezghețare

S → Seawater = Apă de mare

F → Frost = Îngheț

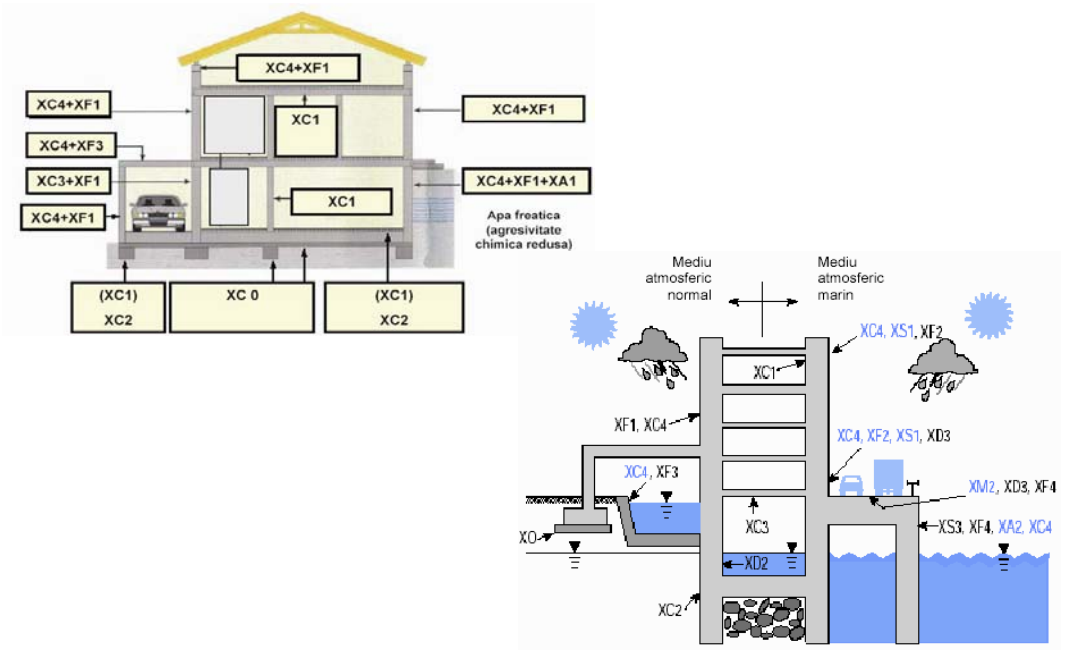
A → Aggressive environmet = Agresivitate chimică

+ M → Mechanical abrasion = Uzură mecanică

Notare clasă	Descriere mediu înconjurător:	Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere
1 Nici un risc de coroziune, nici de atac		
X0	Beton simplu și fără piese metalice înglobate: orice expunere în afară de îngheț/dezghet; de abraziune și de atac chimic. Beton armat sau cu piese metalice înglobate: foarte uscat	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este foarte scăzută
2 Coroziune indusă de carbonatare		
XC1	Uscat sau umed în permanență	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este scăzută Beton imersat în permanență în apă
XC2	Umed, rareori uscat	Suprafețe de beton supuse la contact de lung termen cu apă Un mare număr de fundații
XC3	Umiditate moderată	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este medie sau ridicată Beton exterior acoperit de ploaie
XC4	Alternativ umed și uscat	Suprafețe de beton supuse la contact cu apă, dar nu intră în clasa de expunere XC2
3 Coroziune indusă de cloruri		
XD1	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate pe cale aeriană
XD2	Umed, rareori uscat	Pisicine Elemente de beton expuse la ape industriale care conțin cloruri
XD3	Alternativ umed și uscat	Elemente de pod expuse la stropire cu apă care conțin cloruri Șosele Dale de parcaje pentru staționare vehicule
4 Coroziune indusă de cloruri prezente în apă de mare		
XS1	Expus la aer vehiculând sare marină dar fără contact direct cu apă de mare	Structuri pe sau în proximitatea unei coaste
XS2	Imersat în permanență	Elemente de structuri marine
XS3	Zone de marmage, zone supuse la stropire sau la brumă	Elemente de structuri marine
5 Atac îngheț/dezghet		
XF1	Saturare moderată în apă, fără agent antiîgheț	Suprafețe verticale de beton expuse ploii și înghețului
XF2	Saturare moderată în apă, cu agent antiîgheț	Suprafețe verticale de beton în lucrări rutiere expuse înghețului și aerului vehiculând agenți de dezghețare
XF3	Saturare puternică în apă, fără agent antiîgheț	Suprafețe orizontale de beton expuse la ploaie și la îngheț
XF4	Saturare puternică în apă, cu agent antiîgheț sau apă de mare	Drumuri și tabliere de pod expuse la agenți de dezgheț. Suprafețe de beton verticale direct expuse la stropirea cu agenți de dezgheț și la îngheț. Zone ale structurilor marine supuse la stropire și expuse la îngheț
6 Atacuri chimice		
XA1	Mediu cu slabă agresivitate chimică după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol
XA2	Mediu cu agresivitate chimică moderată după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol
XA3	Mediu cu agresivitate chimică ridicată după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol

Durability / Durabilitatea

Condiții de mediu → suprapunerea efectelor



Durability / Durabilitatea

Strategii de luat în considerare pentru creșterea durabilității:

A. Evitarea reacțiilor de degradare – se obține prin:

- „schimbarea mediului” aplicarea pe elemente a unor membrane, pelicule de protecție etc.;
- alegerea unor materiale nereactive: oțel inoxidabil, oțel peliculizat, agregate nereactive, cimenturi rezistente la sulfați;
- inhibarea reacțiilor prin protecție catodică, utilizarea antrenorilor de aer pentru sporirea rezistenței la îngheț-dezghet.

B. Selectarea materialelor și compozițiilor optime, potrivite pentru a rezista reacțiilor de degradare considerate și așteptate:

- compoziția adecvată a betonului;
- grosimi de acoperire cu beton corelate cu condițiile de mediu;
- aplicarea unei tehnologii adecvate de compactare a betonului;
- sporirea secțiunii elementelor față de cele rezultate din calcul, dacă este necesar.

Durability / Durabilitatea

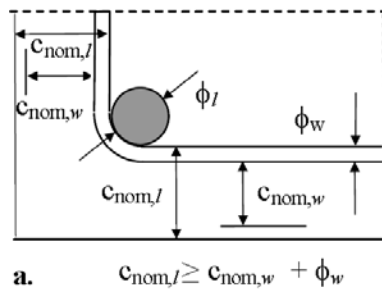
Acoperirea cu beton este distanța între suprafața armăturii (incluzând etrierii sau agrafele) până la suprafața betonului.

Acoperirea cu beton asigură:

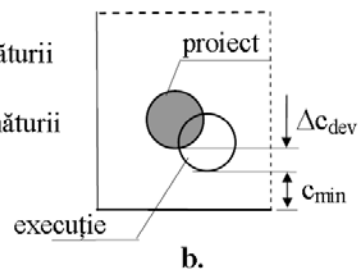
- transmiterea forțelor de aderență de la armătură la beton
- protecția oțelului împotriva coroziunii
- protecția la foc (nu se tratează aici)

Valoarea nominală a acoperirii: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

Această valoare trebuie specificată pe desene!!!



ϕ_l – diametrul armăturii longitudinale
 ϕ_w – diametrul armăturii transversale



Durability / Durabilitatea

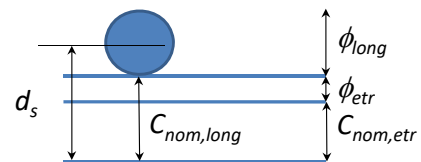
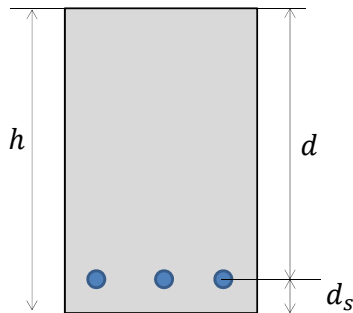
Acoperirea cu beton este distanța între suprafața armăturii (incluzând etrierii sau agrafele) până la suprafața betonului.

Acoperirea cu beton asigură:

- transmiterea forțelor de aderență de la armătură la beton
- protecția oțelului împotriva coroziunii
- protecția la foc (nu se tratează aici)

Valoarea nominală a acoperirii: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

Această valoare trebuie specificată pe desene!!!



Durability / Durabilitatea**Acoperirea minimă**

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

$$c_{min} = \max \left\{ \underbrace{c_{min,b}}_{\text{aderență}}; \underbrace{c_{min,dur}}_{\text{durabilitate}}; 10 \text{ mm} \right\}$$

- $c_{min,b}$ - este acoperirea minimă de beton din condiții de aderență
- $c_{min,dur}$ - acoperirea minimă de beton din *condiții de mediu* (A.N.)
- $\Delta c_{dur,\gamma}$ - coef. de siguranță adițională (în general =0) (A.N.)
- $\Delta c_{dur,st}$ - reducerea acoperirii de beton în cazul oțelului inoxidabil (A.N.)
- $\Delta c_{dur,add}$ - reducerea acoperirii de beton în cazul protecției suplimentare (A.N.)

Durability / Durabilitatea**Acoperirea minimă**

$$c_{min,b} \geq \phi$$

$c_{min,dur}$ - funcție de clasa structurală

Cerință de mediu pentru $c_{min,dur}$ (mm)							
Clasa structurală	Clasa de expunere conform tabelul 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1/XS1	XD2 / XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

$$\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm plăci monolite (A.N.)}$$

$$= 10 \text{ mm restul elementelor (A.N.)}$$

Durability / Durabilitatea**Clasificare structurală recomandată**

Criteriu	Clasa structurală						
	Clasa de expunere după tabelul 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3/XS2/ XS3
Durata de utilizare din proiect de 100 ani	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase	Majorare cu două clase
Clasa de rezistență ^{1) 2)}	≥ C30/37 micșorare cu 1 clasă	≥ C30/37 micșorare cu 1 clasă	≥ C35/45 micșorare cu 1 clasă	≥ C40/50 micșorare cu 1 clasă	≥ C40/50 micșorare cu 1 clasă	≥ C40/50 micșorare cu 1 clasă	≥ C45/55 micșorare cu 1 clasă
Element asimilabil unei plăci (poziția armăturilor neafectată de procesul de construcție)	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă
Control special al calității de producție a betonului	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă

MULȚUMESC FRUMOS PENTRU ATENȚIE!



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

