

**Dr. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Profesor*

**E-mail:**

[tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:**

+40 256 403 935

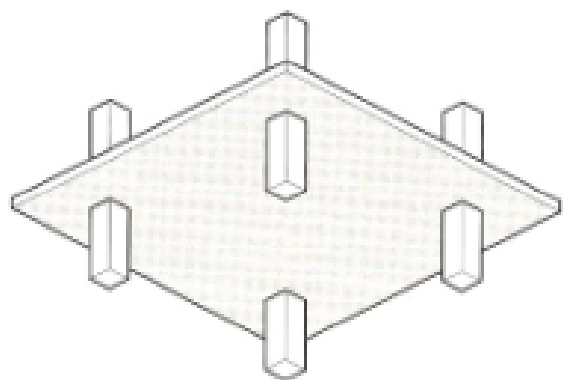
**Web:**

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

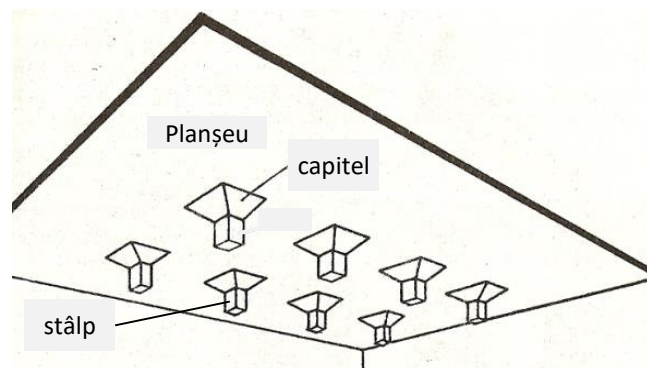
**Office:**

A219

Străpungerea (poansonarea) rezultă dintr-o forță concentrată sau reacțiune care acționează pe o arie/suprafață relativ redusă, numită și aria de încărcare a planșeului sau a fundației ( $A_{load}$ )



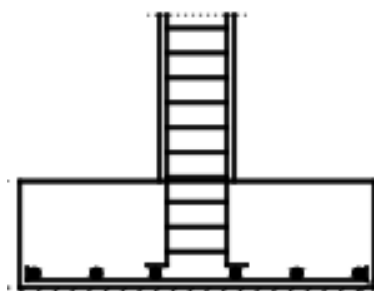
PLANȘEU DALĂ



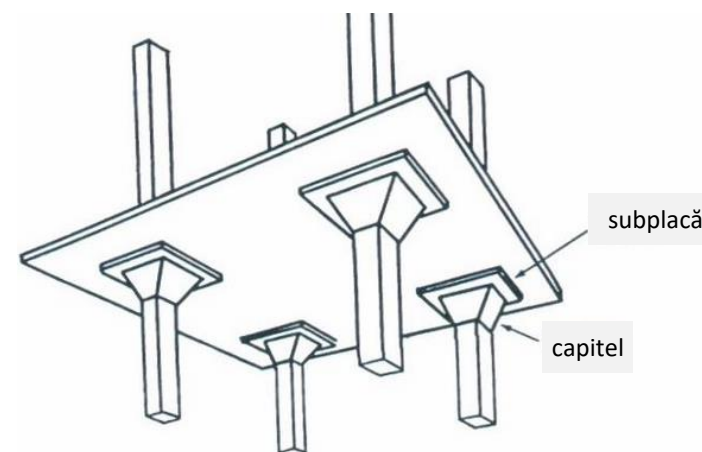
PLANȘEU CIUPERCĂ



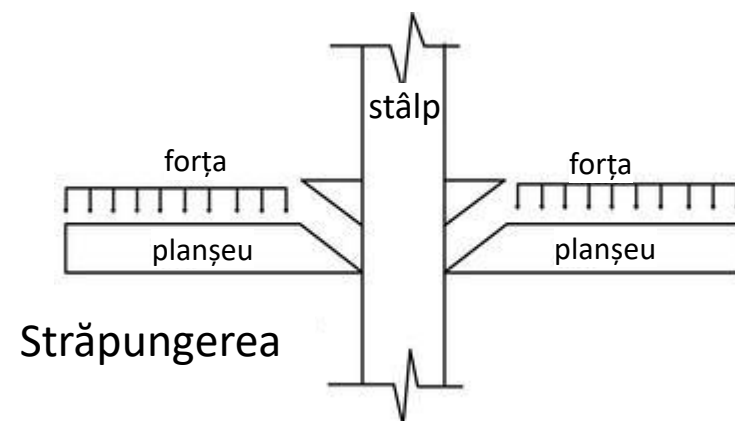
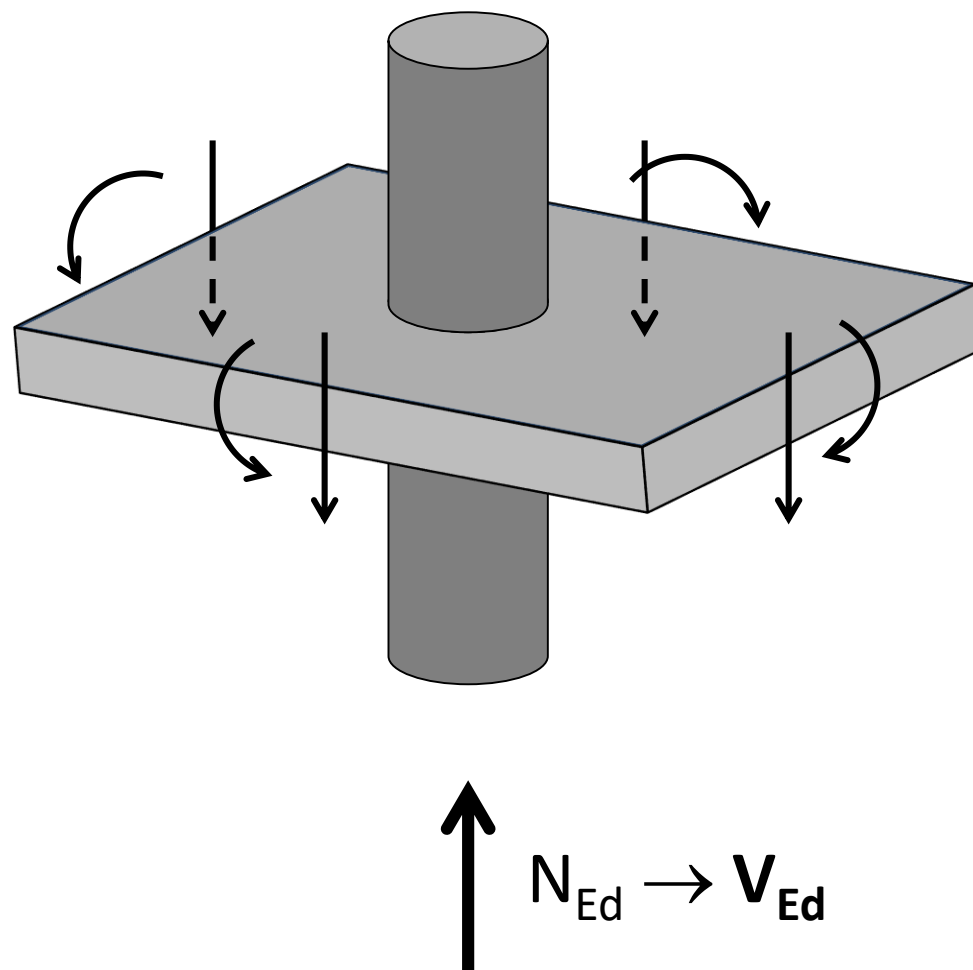
PLANȘEU CU SUBPLACĂ



RADIER



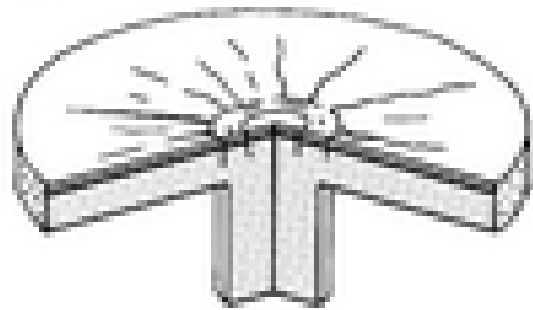
Străpungerea (poansonarea) rezultă dintr-o forță concentrată sau reacțiune care acționează pe o arie/suprafață relativ redusă, numită și aria de încărcare a planșeului sau a fundației ( $A_{load}$ )



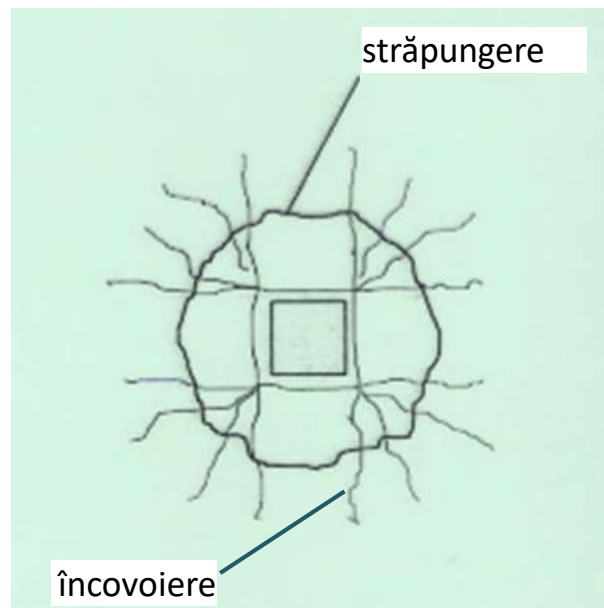
Rupere este casantă, după o suprafață de cedare înclinată



## Moduri de cedare

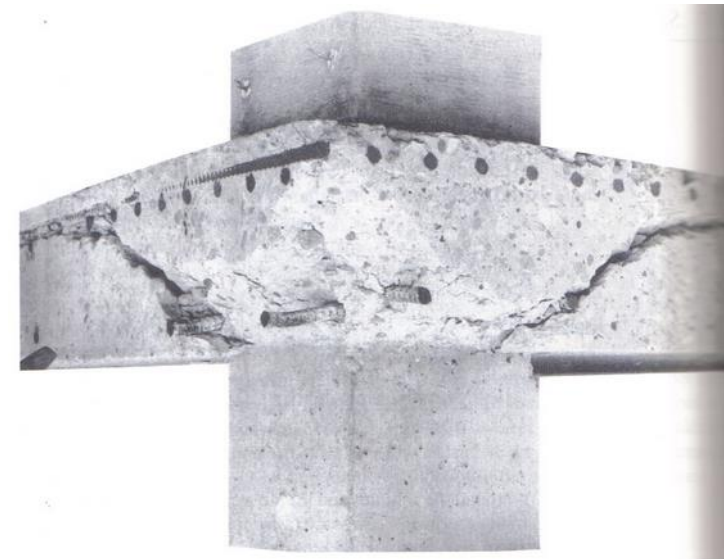
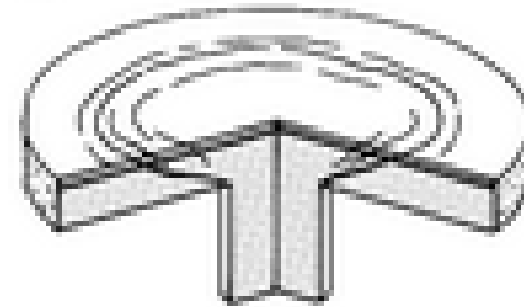


Fisuri de încovoiere



Forma fisurilor din M și străp.

## Fisuri din străpungere



## Suprafața de rupere

Stâlp cu secțiune circulară → tronconic

Stâlp cu secțiune rectangular → trunchi de piramidă

## Moduri de cedare



Cedarea în zona armăturii de forfecare



Cedarea în afara zonei armăturii de forfecare



Cedarea în apropierea stâlpului prin zdrobirea betonului



Desprinderea miezului de beton



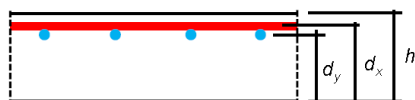
Cedarea între armăturile transversale



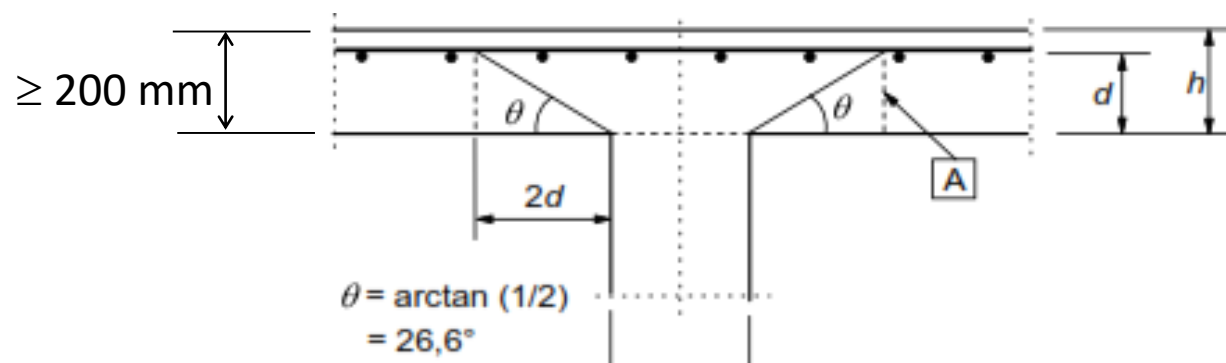
Cedarea din încovoiere

## Distribuția încărcărilor și perimetrul de control

$$d = 0.5(d_x + d_y)$$



Înălțimea utilă efectivă  
considerată constantă



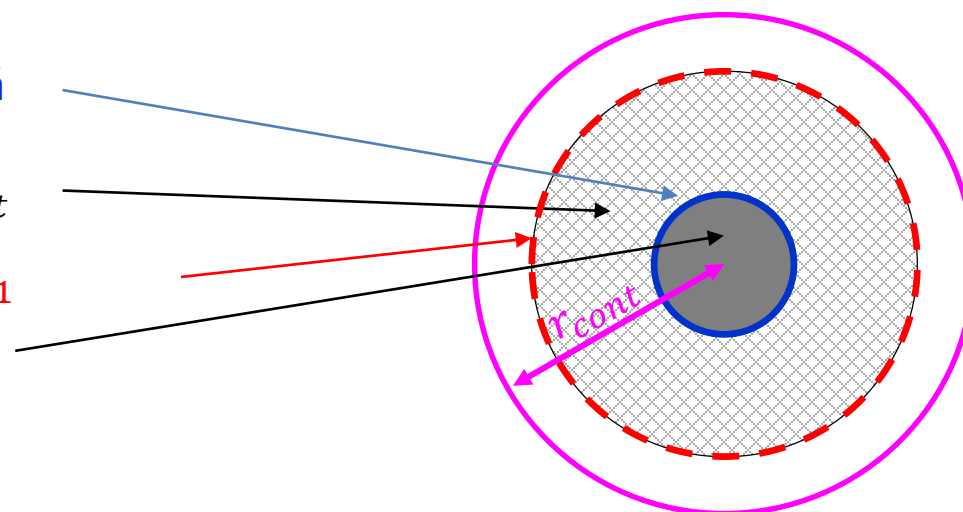
A – secțiunea de calcul, de referință

B – aria de calcul, de referință  $A_{cont}$

C – contur de calcul, de referință,  $u_1$

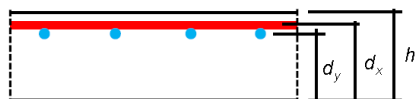
D – aria încărcată  $A_{load}$

$r_{cont}$  – alt contur de calcul

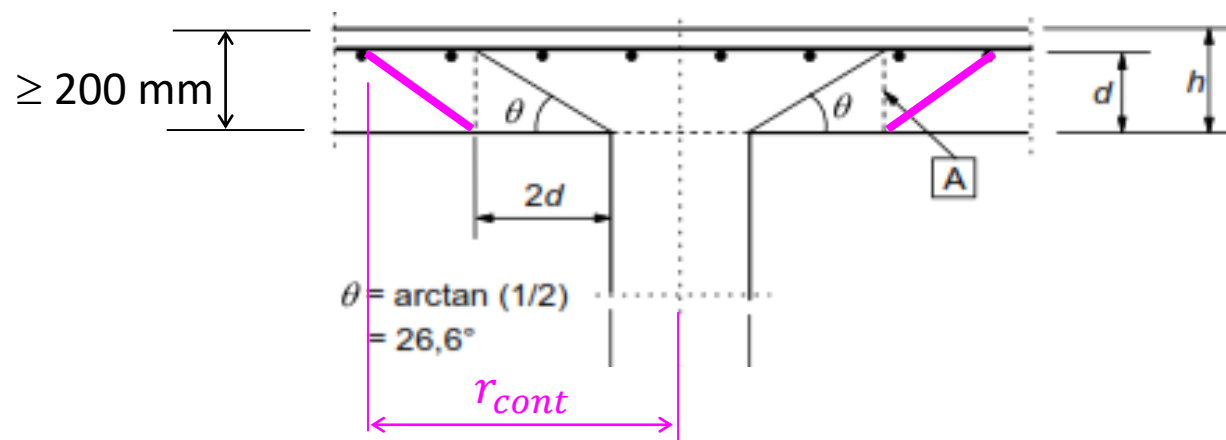


## Distribuția încărcărilor și perimetrul de control

$$d = 0.5(d_x + d_y)$$



Înălțimea utilă efectivă  
considerată constantă



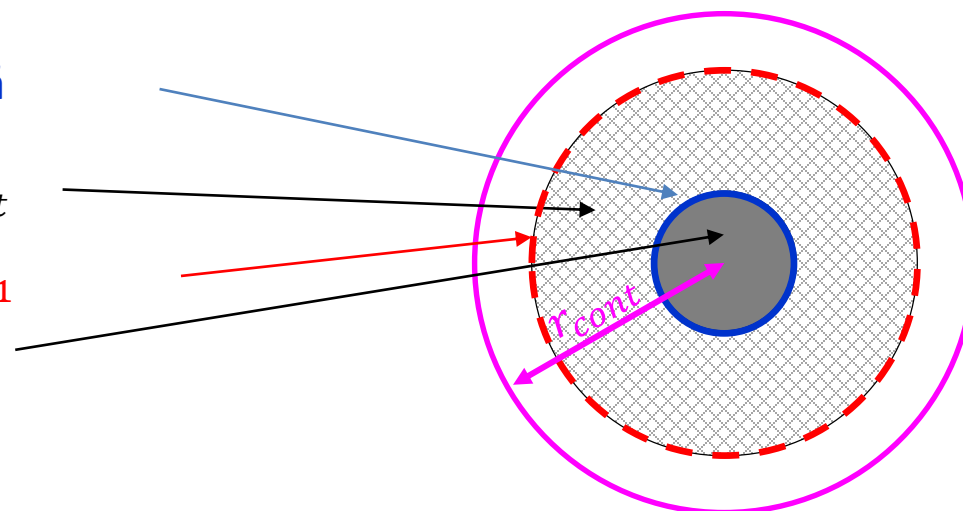
A – secțiunea de calcul, de referință

B – aria de calcul, de referință  $A_{cont}$

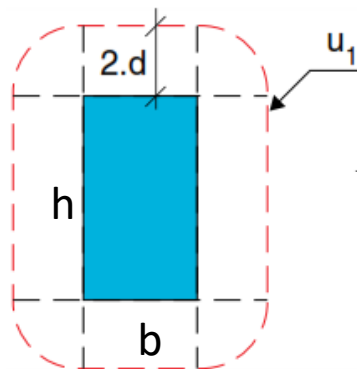
C – contur de calcul, de referință,  $u_1$

D – aria încărcată  $A_{load}$

$r_{cont}$  – alt contur de calcul

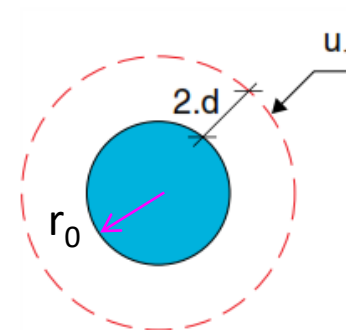


## Distribuția încărcărilor și perimetrul de control

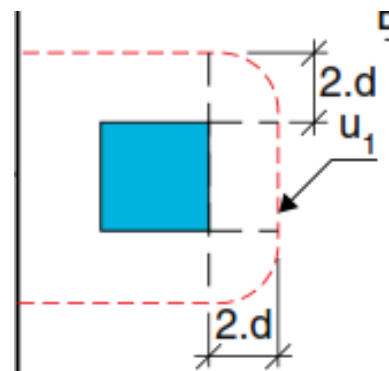


$$u_1 = 2(b + h) + 2\pi(2d) = u_0 + 4\pi d$$

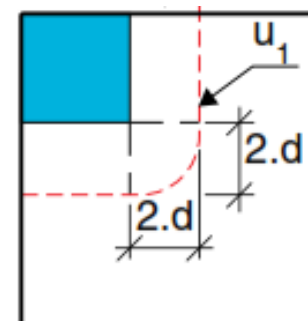
$$u_0 = 2(b + h) - \text{perimetru}$$



$$u_1 = 2\pi(r_0 + 2d)$$



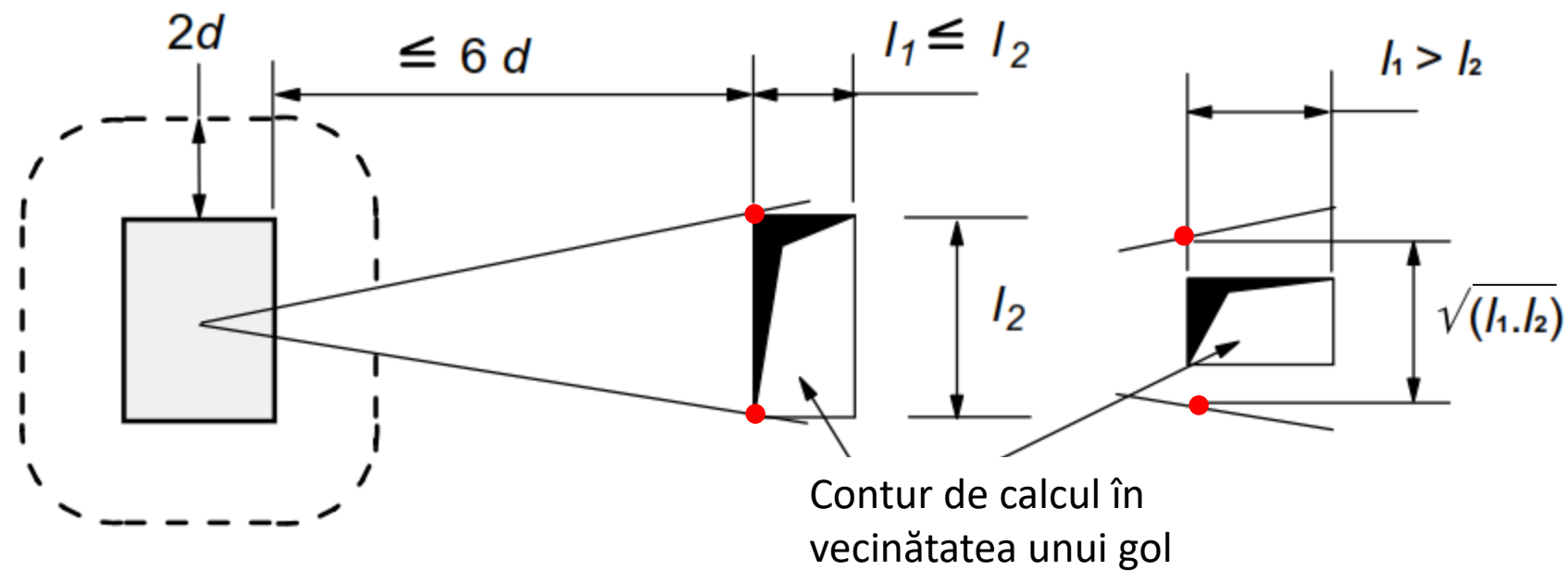
Vecinătatea unei margini



Vecinătatea unui colț



## Distribuția încărcărilor și perimetrul de calcul



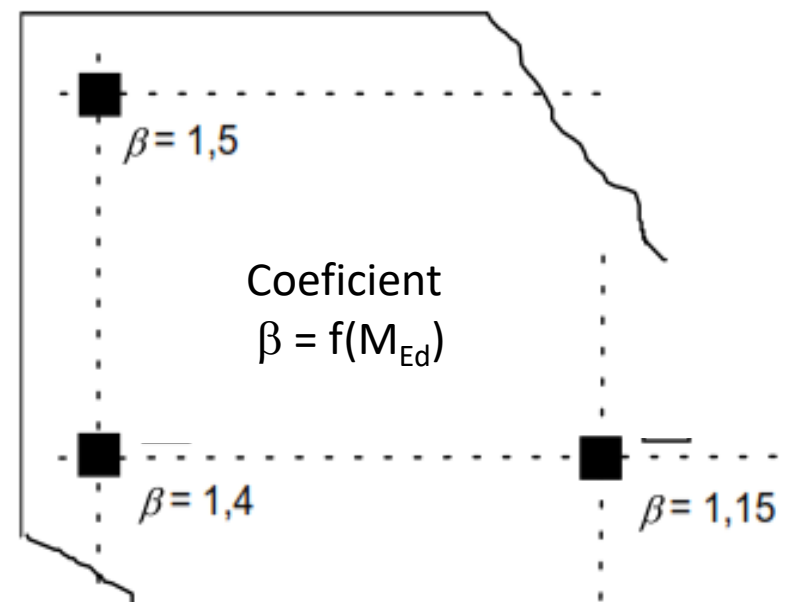
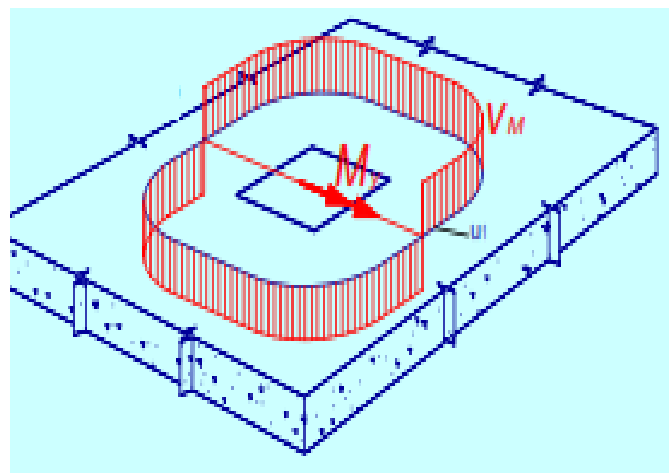
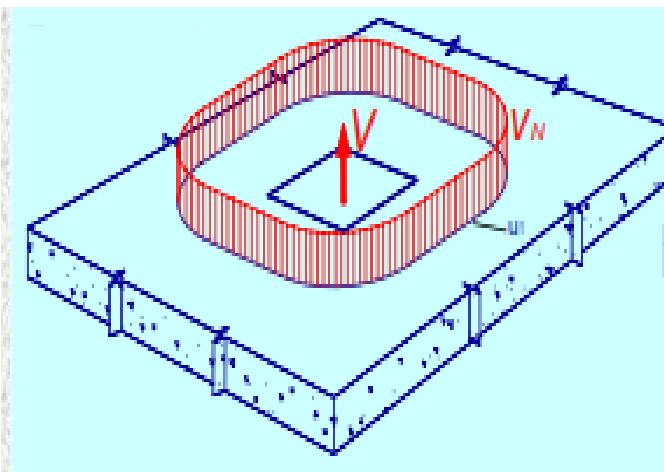
## Calculul la străpungere

Efortul de forfecare depinde de:  $V_{Ed}$  &  $M_{Ed}$

$u_i$  – perimetrul considerat:

- perimetrul conturului de calcul de referință  $u_1$
- perimetrul stâlpului  $u_0$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d} \rightarrow \text{efortul unitar de străpungere}$$



## Calculul la străpungere

Metoda de calcul se bazează pe verificări efectuate:

- la fața stâlpului  $u_0$
- pe conturul de calcul de referință  $u_1$

Dacă sunt necesare armături pentru străpungere, se găsește un alt contur, mai îndepărtat  $u_{out}$  dincolo de care nu mai sunt necesare armături pentru străpungere.

Se definesc următoarele valori de calcul ale rezistențelor la străpungere [MPa] în lungul secțiunilor de calcul:

$V_{Rd,c}$  este valoarea de calcul a rezistenței la străpungere a unei dale fără armături de străpungere în lungul secțiunii de calcul considerate

$V_{Rd,cs}$  este valoarea de calcul a rezistenței la străpungere a unei dale cu armături de străpungere în lungul secțiunii de calcul considerate

$V_{Rd,max}$  este valoarea maximă de calcul a rezistenței la străpungere în lungul secțiunii de calcul considerate

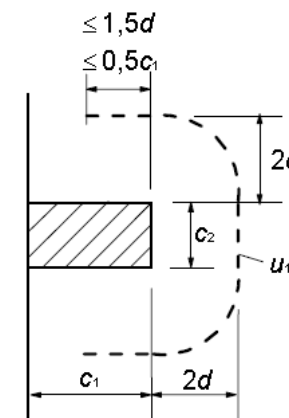
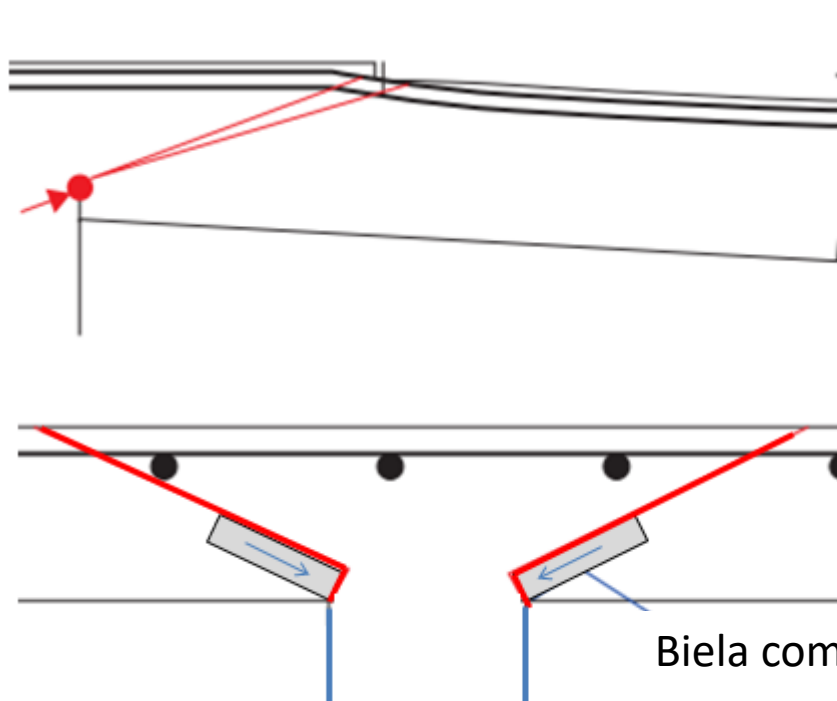
## Calculul la străpungere

$$v_{Ed,u_0} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \leq v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

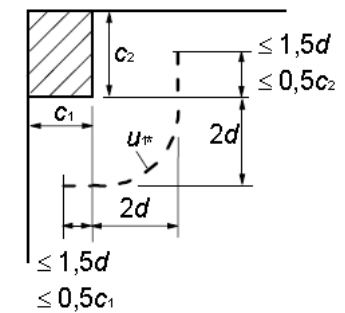
valoarea maximă de calcul a rezistenței la străpungere în lungul secțiunii de calcul considerate

Unde

$u_0$  pentru un stâlp interior  $u_0 = \text{perimetrul stâlpului}$   
 pentru un stâlp marginal  $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$   
 pentru un stâlp de colț  $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$



a) edge column



b) corner column

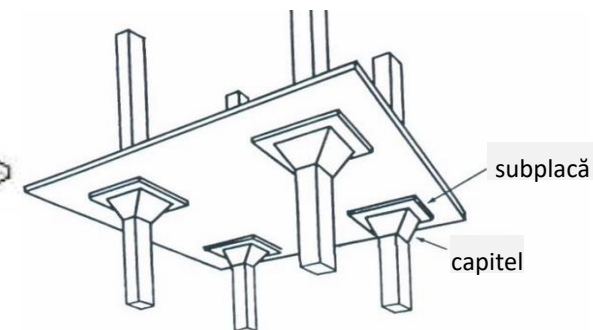
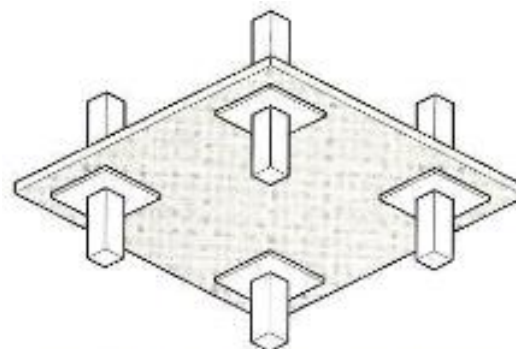
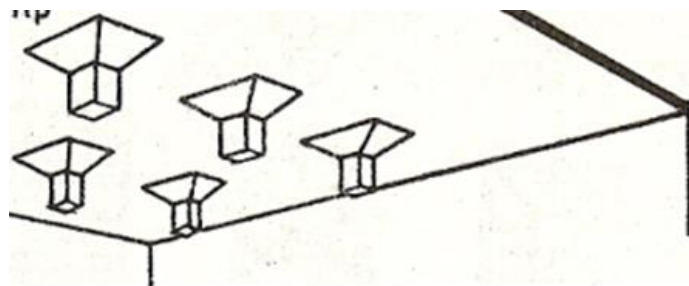
## Calculul la străpungere

$$v_{Ed,u_0} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \geq v_{Rd,max}$$

?

Ce este de făcut ?

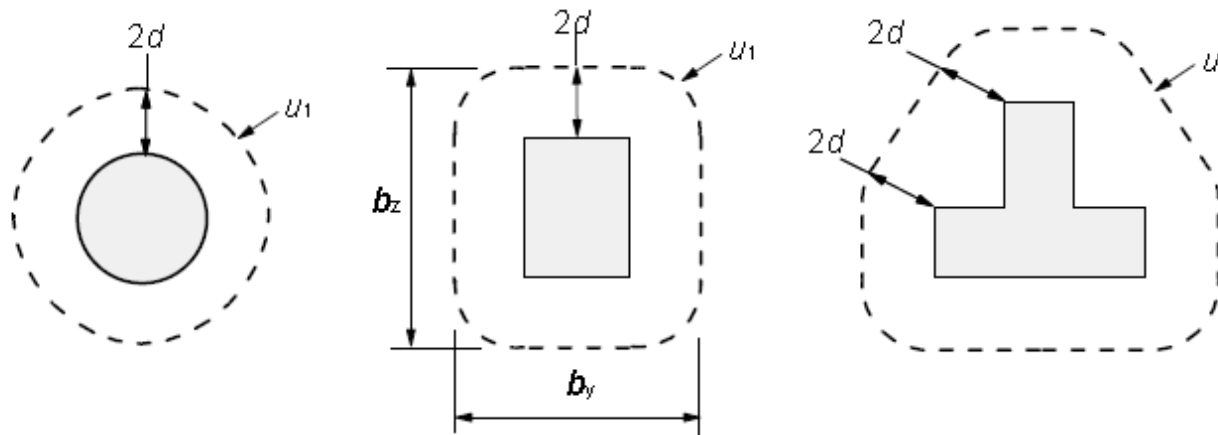
- Local, creșterea grosimii plăcii



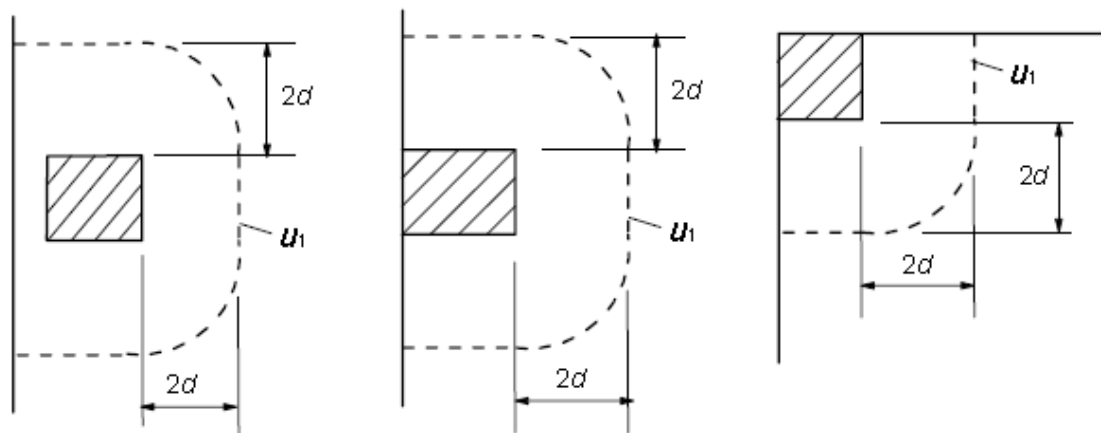
- Creșterea dimensiunii stâlpului
- Creșterea rezistenței betonului

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

**Rezistența la străpungere pe conturul de calcul, de referință ( $u_1$ ) se verifică la  $2d$  de la perimetrul stâlpului!**



**Tipuri de contururi de calcul de referință în jurul ariilor încărcate**



**Contururi de calcul de referință pentru arii încărcate în vecinătatea unei margini sau a unui colț**

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

## Planșee fără armături de forfecare

Dacă  $v_{Ed,u_1} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \leq v_{Rd,c}$  **Nu sunt necesare armături de străpungere**

Valoarea de calcul a rezistenței la străpungere a unei dale fără armături de străpungere în lungul secțiunii de calcul considerate:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

În care:

$f_{ck}$  este în MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad \text{în mm}$$

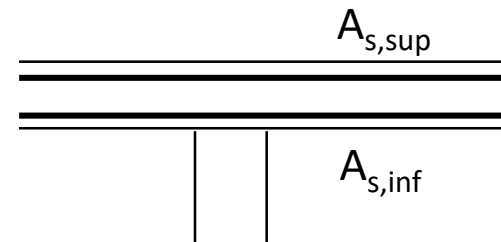
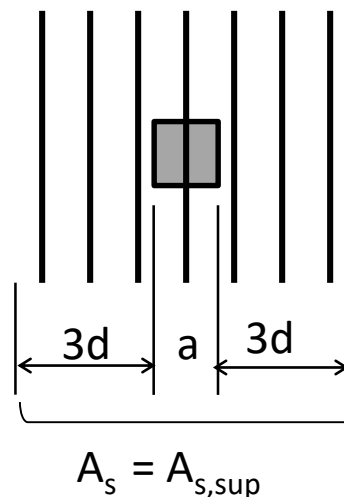
$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$$

$\rho_{ly}, \rho_{lz}$  se referă la armăturile întinse aderente în direcțiile y și z respectiv.  $\rho_{ly}$  și  $\rho_{lz}$  se calculează ca valori medii pe o lățime de placă egală cu lățimea stâlpului plus  $3d$  de o parte și de alta

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

## Planșee fără armături de forfecare

$$\rho = \frac{A_s}{(6d + a)d}$$



$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2$$

cu

$\sigma_{cy}, \sigma_{cz}$  eforturile normale în beton în secțiunea critică în direcțiile y și z (MPa, pozitive la compresiune):

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \text{ și } \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$  forțele axiale ce acționează pe lățimile de placă asociate stâlpilor. Forța axială poate rezulta dintr-o încărcare exterioară sau din precomprimare.

$A_c$  aria secțiunii de beton care corespunde forței  $N_{Ed}$  luate în calcul

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k_1 = 1,0$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$



Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )Planșee **cu** armături de forfecare

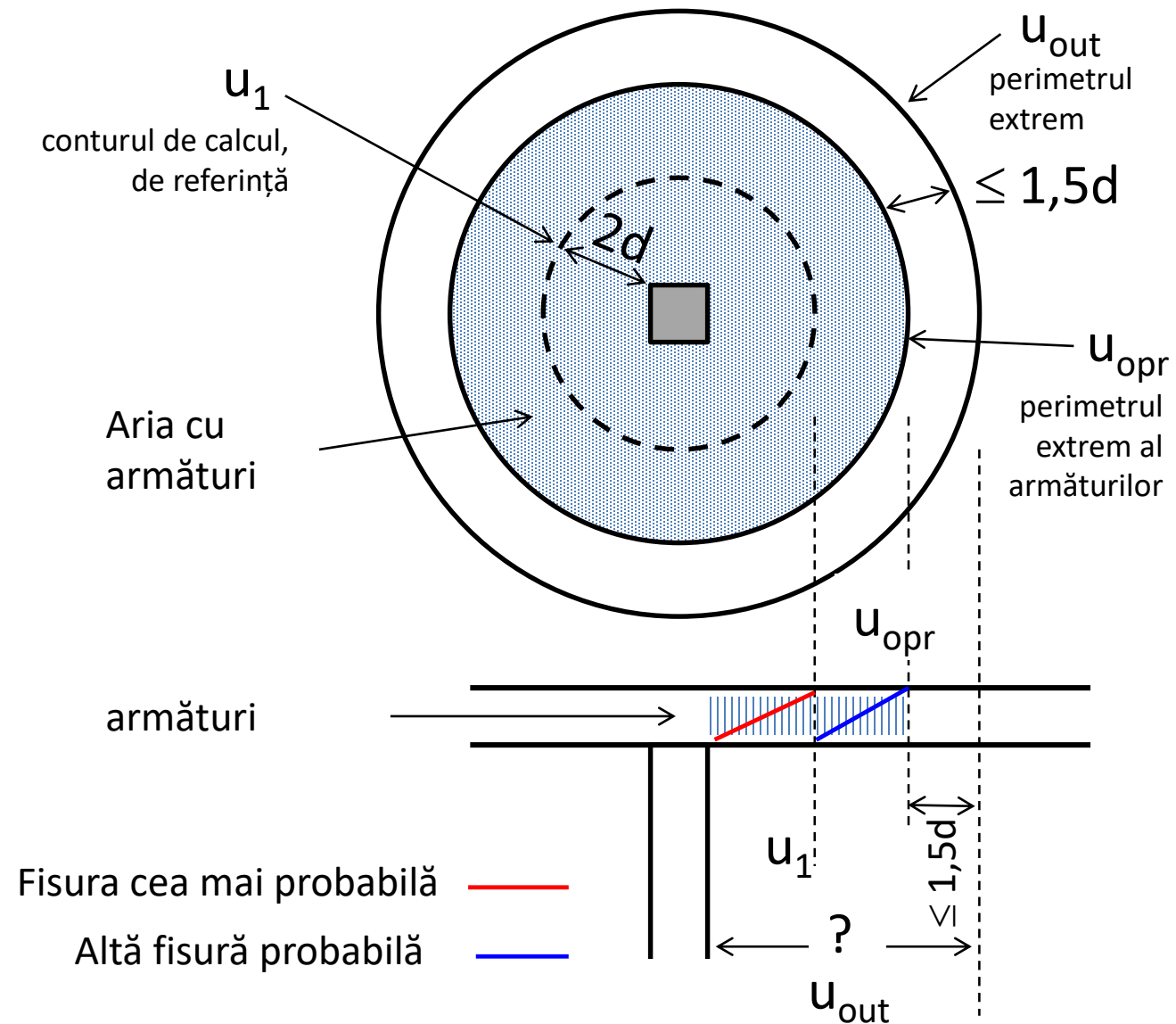
Dacă  $v_{Ed,u_1} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \geq v_{Rd,c}$  sunt necesare armături de străpungere

Conturul de calcul  $u_{out}$  (sau  $u_{out,ef}$  a se vedea figura 6.22) de la care nu mai sunt necesare armături de străpungere se determină:

$$V_{Rd,c} = \beta V_{Ed} \rightarrow (\text{rezistența betonului simplu} = \text{încărcarea})$$

$$v_{Rd,c} u_{out} d = \beta V_{Ed} \quad u_{out} = \frac{\beta V_{Ed}}{v_{Rd,c} d}$$

$u_{our}$  = perimetrul extrem al armăturilor (outermost perimeter of reinforcement) trebuie dispusă la o distanță  $\leq 1,5d$  de la  $u_{out}$

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

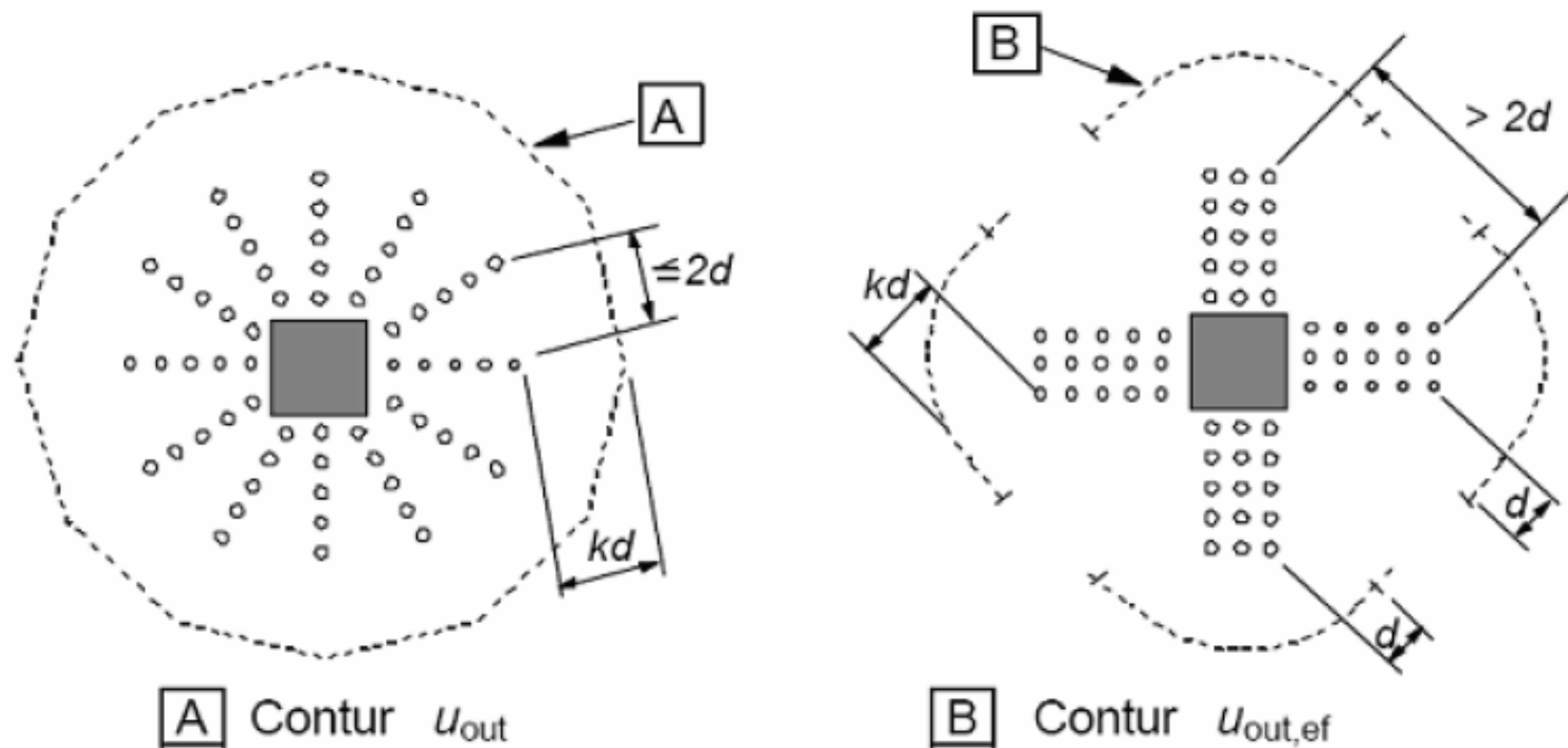
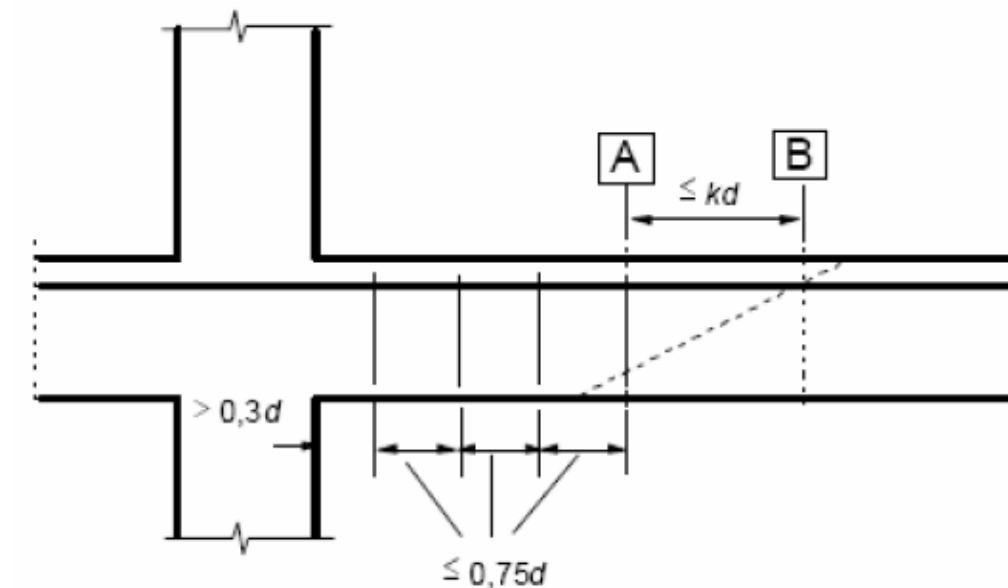
Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

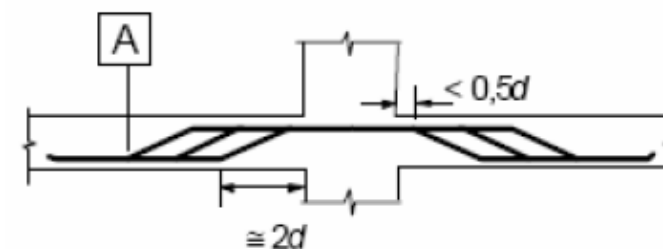
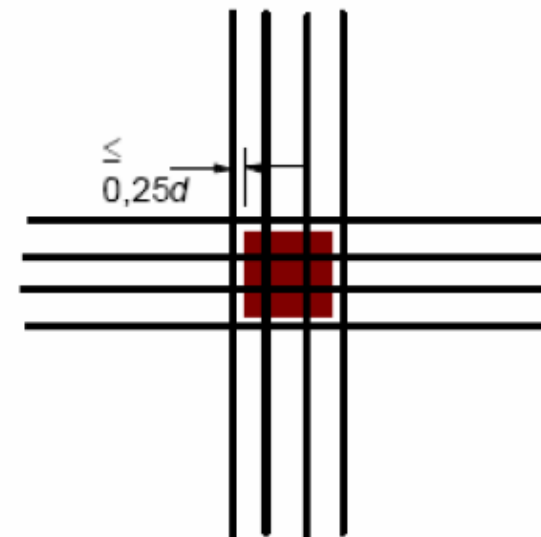
Figura 6.22 - Contururi de calcul pentru stâlpi interiori

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

**A** - contur de control exterior care necesită armături de străpungere

**B** - primul contur dincolo de care armăturile de străpungere nu mai sunt necesare

a) Distanța între etrieri

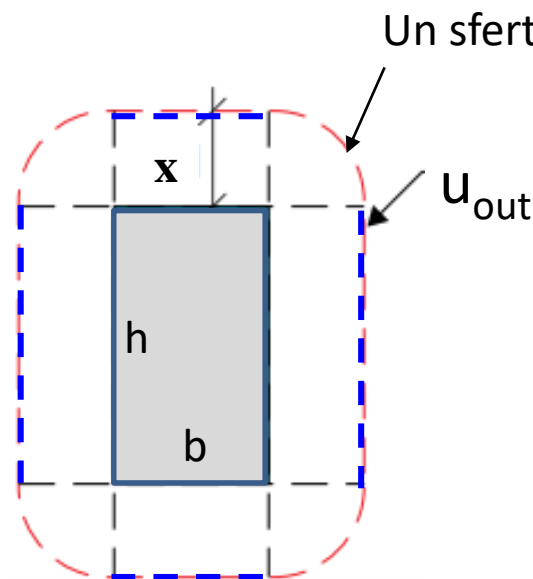


b) Distanța între barele ridicate

Figura 9.10 - Armături de străpungere

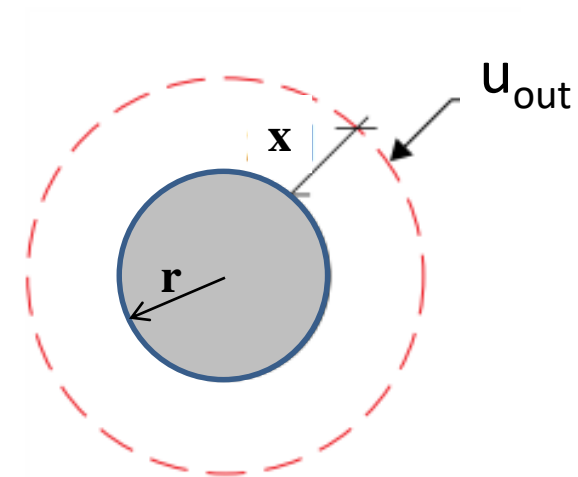
Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

Problema: cât de departe este  $u_{out}$  de la marginea stâlpului



$$u_{out} = 2b + 2h + 4 \cdot \text{sferturi} = u_o + 2\pi \cdot x d$$

$$x = (u_{out} - u_o) / 2\pi d$$



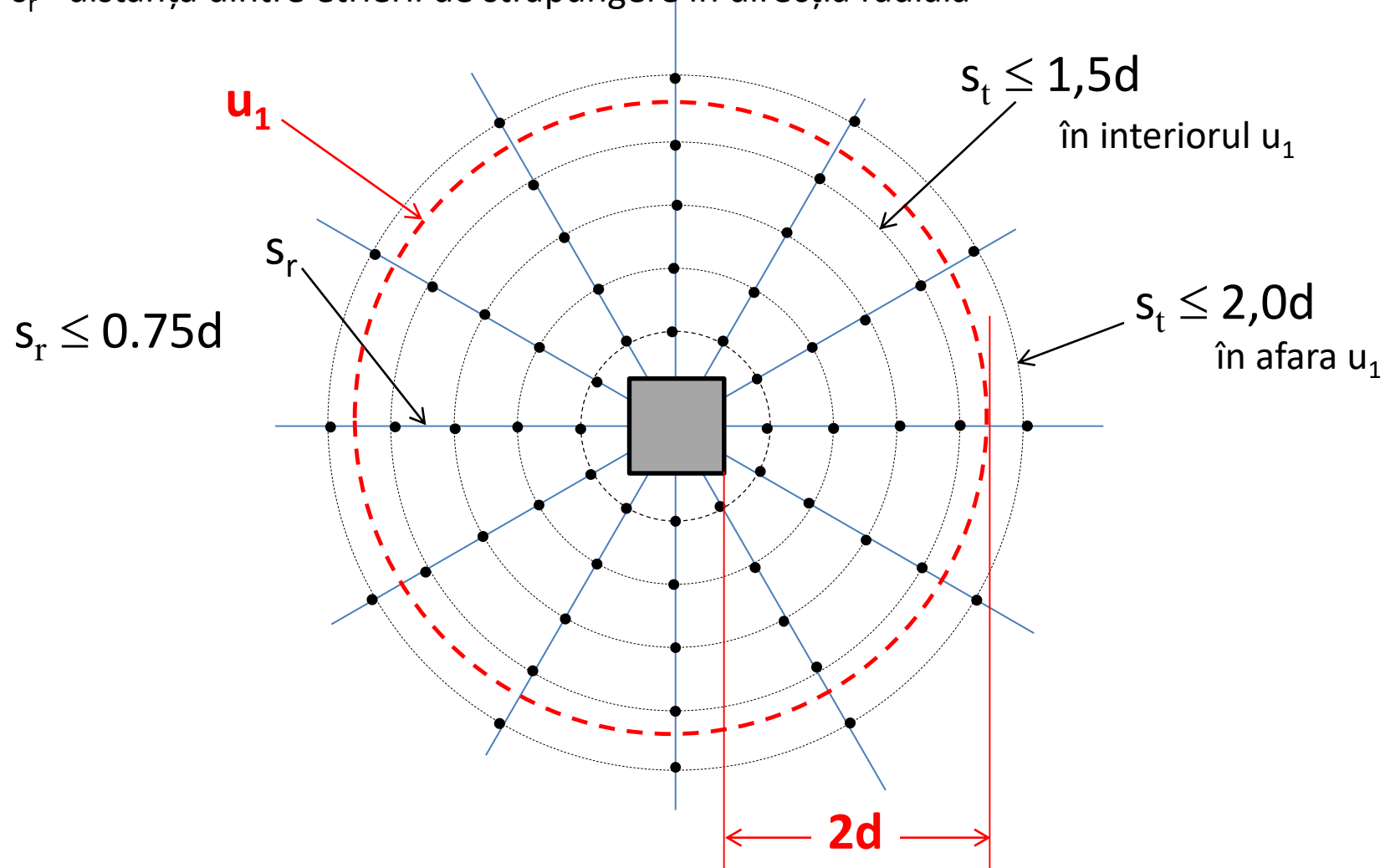
$$u_{out} = 2\pi \cdot (r + x)$$

$$x = u_{out} / 2\pi - r$$

Verificarea pe conturul de calcul de referință ( $u_1$ )

$s_t$  - distanța dintre etrierii de străpungere în direcția tangențială

$s_r$  - distanța dintre etrierii de străpungere în direcția radială



## Verificarea capacității la străpungere cu armături de forfecare

$$v_{Rd,cs} = 0,75(v_{Rd,c} + v_{Rd,s}) \leq v_{Ed}$$

↑  
imprecizie în evaluarea rezistenței

Contribuția betonului:  $v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1\sigma_{cp})$

Contribuția armăturii:  $v_{Rd,s} = 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin\alpha$

NOTĂ:

1. Betonul și armătura de forfecare contribuie la preluarea forfecării induse de străpungere!
2. În cazul forfecării indusă de forța tăietoare nu se consideră contribuția armăturii de forfecare!

## Verificarea capacității la străpungere cu armături de forfecare

$$V_{Rd,s} = A_{sw,tot} f_{ywd,ef}$$

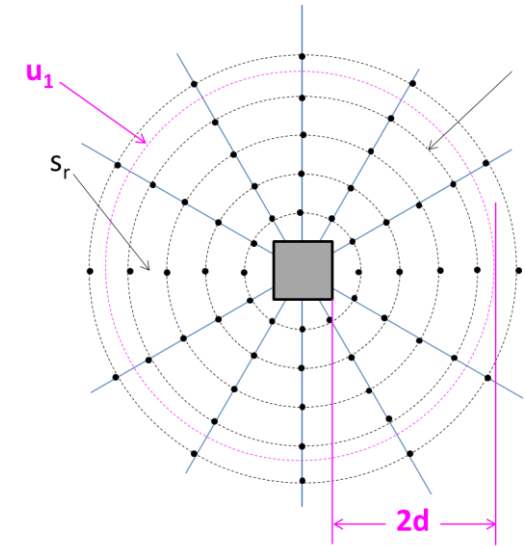
$$V_{Rd,s} = \frac{2d}{s_r} A_{sw} f_{ywd,ef}$$

numărul  
perimetrelor

aria barelor pe  
un perimetru

$$v_{Rd,s} = \frac{2}{u_1 \cdot s_r} A_{sw} f_{ywd,ef}$$

$$/ u_1 d$$



$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$



## Verificarea capacității la străpungere cu armături de forfecare

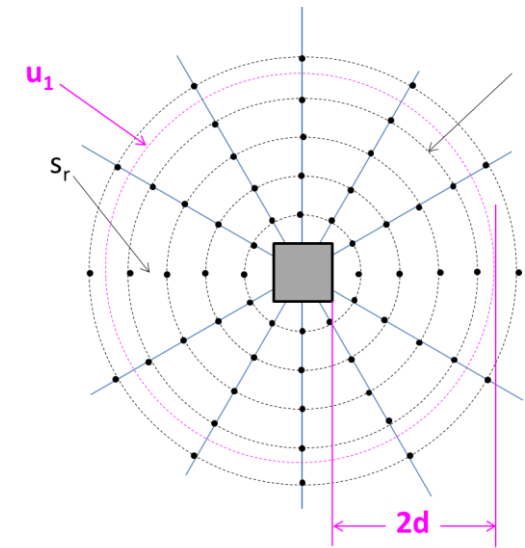
$$V_{Rd,cs} = 0,75(v_{Rd,c} + v_{Rd,s}) \leq v_{Ed}$$

$$v_{Rd,s} = \frac{2}{u_1 s_r} A_{sw} f_{ywd,ef}$$

$$V_{Rd,cs} = 0,75V_{Rd,c} + 1,5 \frac{A_{sw} f_{ywd,ef}}{u_1 s_r} \quad (\text{EC2 format})$$

unde

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d < f_{ywd}$$



$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

## Calculul armăturilor

Evaluarea conturului de calcul, de referință  $u_1$

Se alege  $s_r$  → numărul inelelor în interiorul  $u_1$

Se alege  $s_t$  → numărul barelor pe un inel

Aria barelor pentru conturul de calcul, de referință  $u_1$  se obține din condiția:  $v_{Rd,cS} = v_{Ed}$

Aria barelor pentru conturul de calcul, de referință  $u_1$  se obține din

$$0,75v_{Rd,c} + 1,5 \frac{A_{sw} f_{ywd,ef}}{u_1 s_r} = v_{Ed}$$

$$A_{sw,req} = \frac{v_{Ed} - 0,75v_{Rd,c}}{1,5f_{ywd,ef}} u_1 s_r \quad (\text{mm}^2/\text{pe perimetrul } u_1)$$

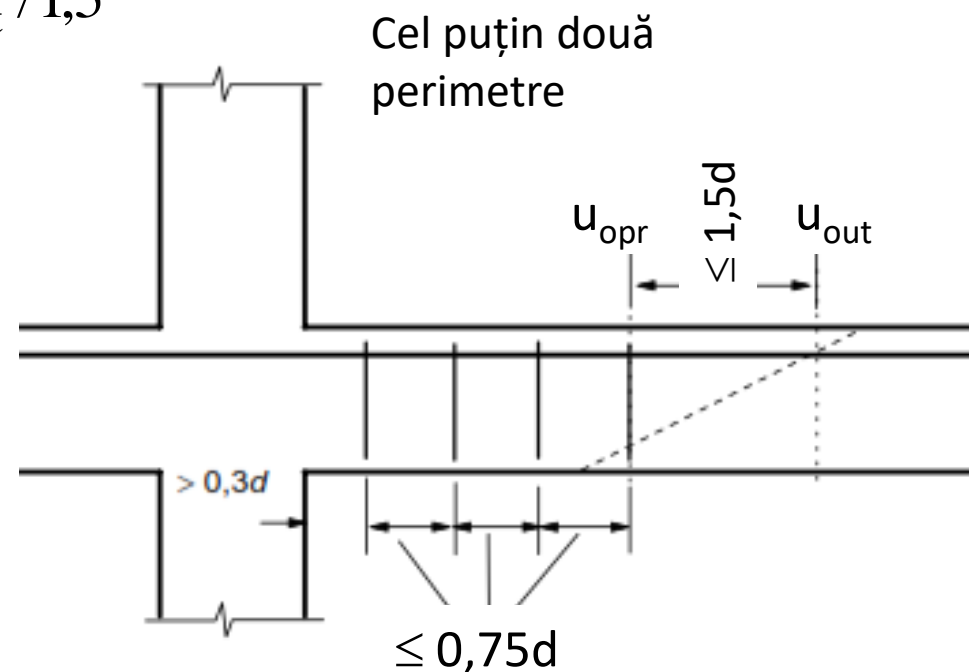
$$\frac{A_{sw,req}}{u_1} \quad (\text{mm}^2/\text{mm}) \quad - \text{aria pe unitatea de lungime pentru conturul de calcul}$$

$$A_{1\phi,req} = \frac{A_{sw}}{u_1} s_t \quad (\text{mm}^2) \quad - \text{aria necesară pentru o bară pe perimetrul } u_1$$

## Calculul armăturilor

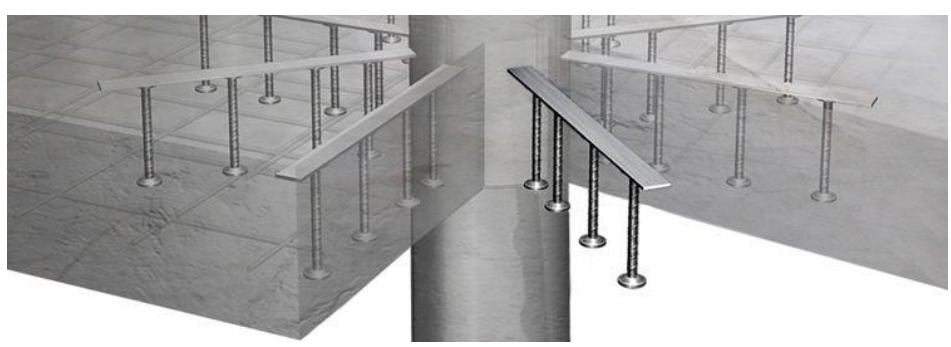
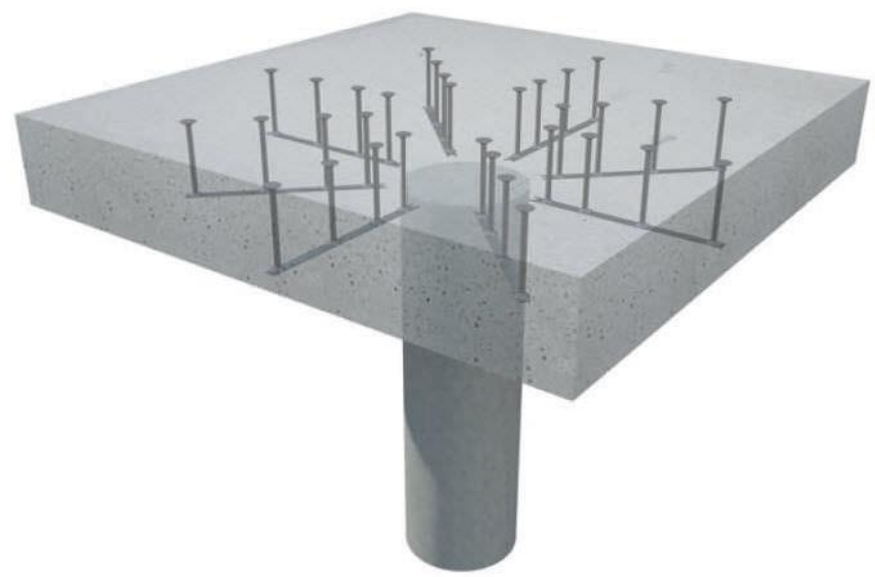
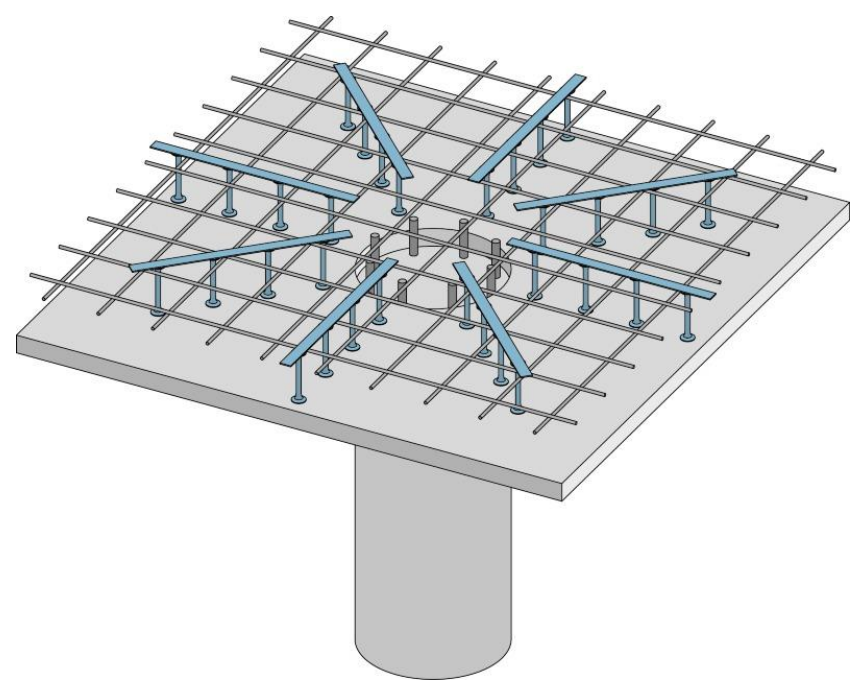
$$\rho_{\min} = \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$A_{1\phi, \text{eff}} \geq \rho_{\min} s_r s_t / 1,5$$



Distanțele minime și maxime de la fața reazemului și cea mai apropiată armătură de forfecare  
 $> 0,30d$  &  $\leq 0,50d$

# Armături de străpungere



# Armături de străpungeră



# Armături de străpungere

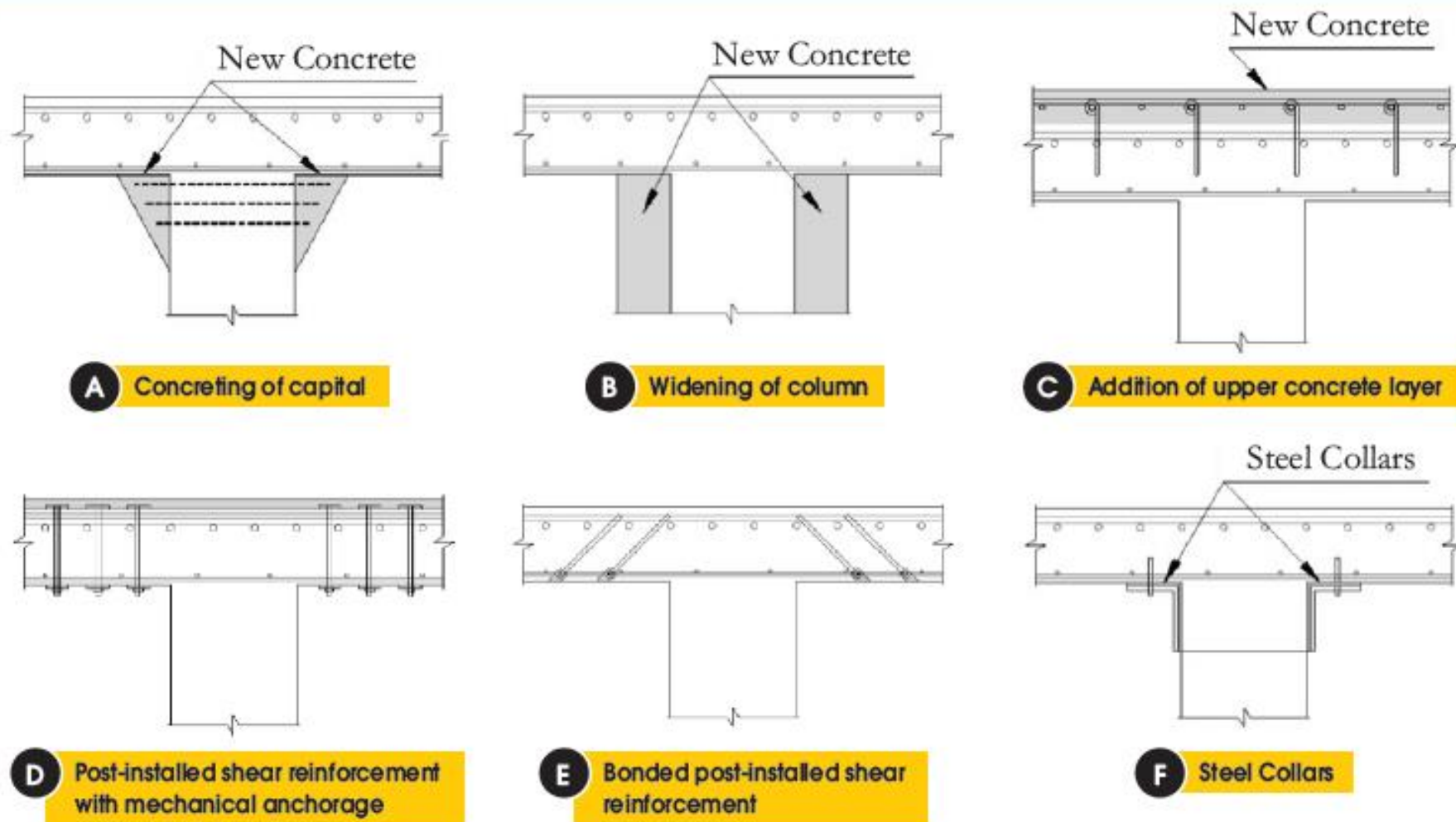


# Armături de străpungere



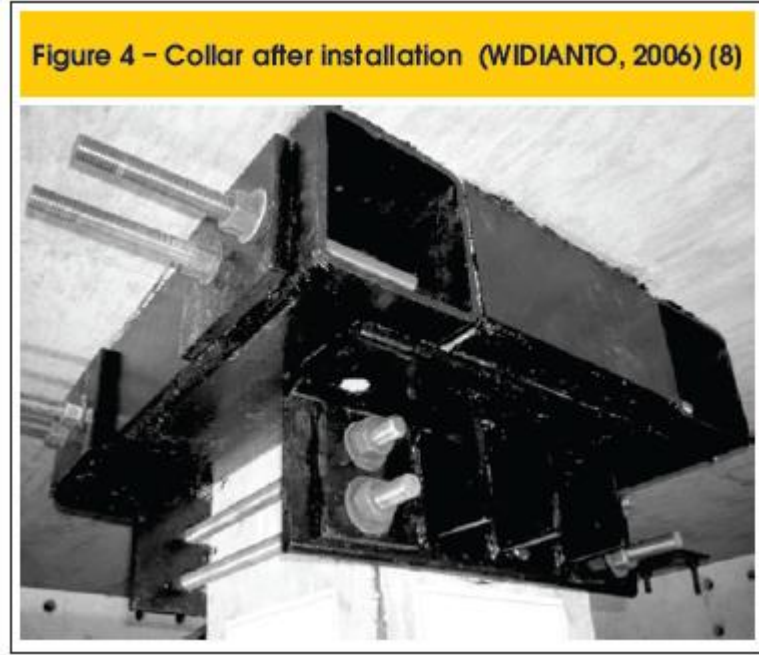
## Consolidarea la străpungere

Figure 3 – Typical solutions for shear strengthening of a slab-column connection





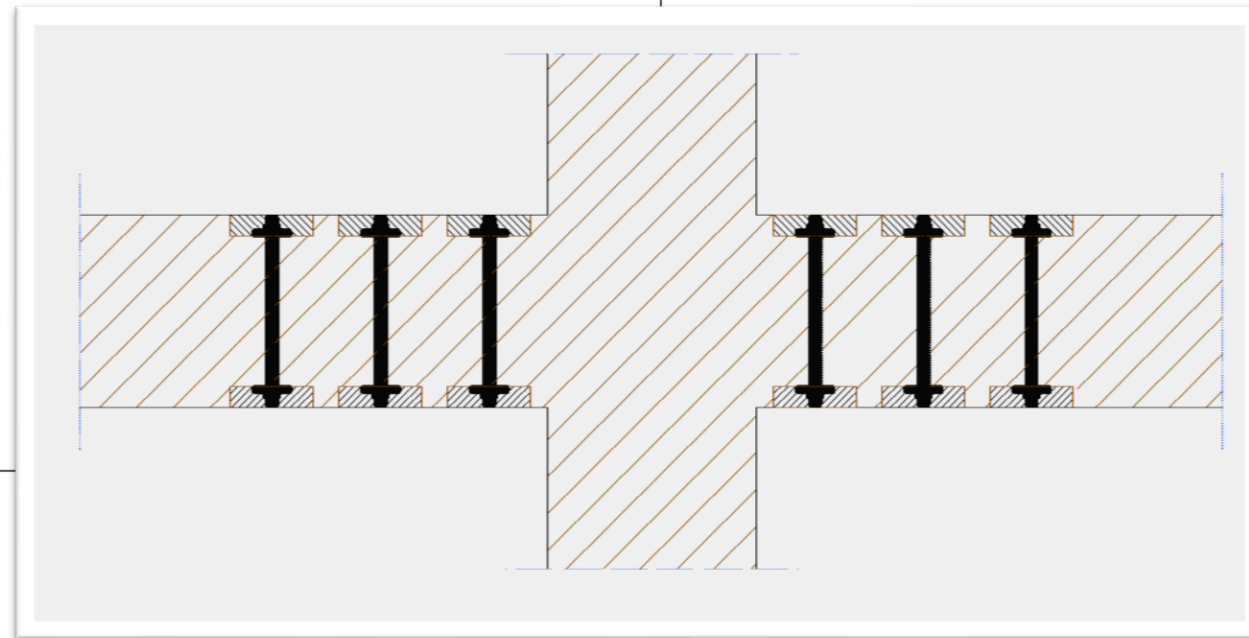
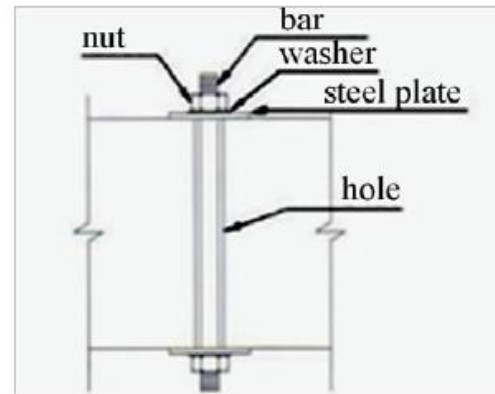
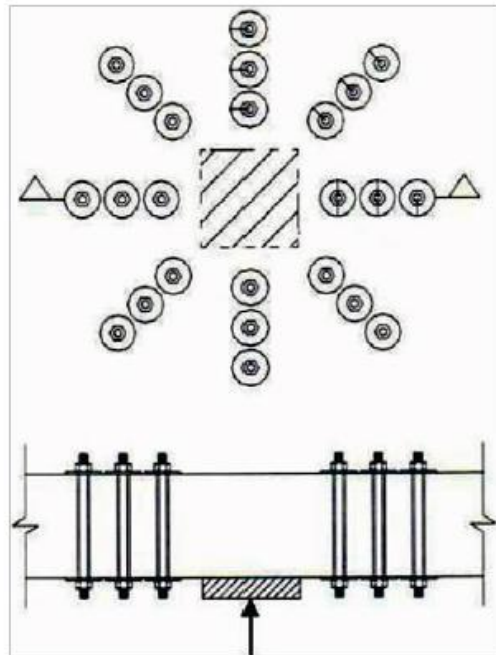
# Consolidarea la străpungere



## Consolidarea la străpungere

Figure 6 – Post-installed shear reinforcement with steel plates as anchorage (CARVALHO, 2001) (10)

Rev. IBRACON Estrut. Mater. vol.7 no.4 São Paulo Aug. 2014



# Consolidarea la străpungere



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



**Dr. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Profesor*

**E-mail:** [tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:** +40 256 403 935

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

**Office:** A219



*(ASCE Library)*

Dr.ing. Nagy-György T. ©