



**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

## 2.1 INTRODUCERE

## 2.2 COMPORTAREA LA TORSIUNE

## 2.3 MODELUL DE CALCUL

## 2.4 CALCULUL LA TORSIUNE

## 2.5 DETALIEREA ARMĂTURILOR

## SOLICITĂRI SIMPLE ÎN SECȚIUNI DE B.A.

FORȚE AXIALE

EFORTURI NORMALE  
 $\sigma [N/mm^2]$

COMPRESIUNE/ÎNTINDERE  
CENTRICĂ  
 $N [kN]$   
MOMENT ÎNCOVOIETOR  
 $M [kNm]$

FORȚE TANGENȚIALE

EFORTURI TANGENȚIALE  
 $\tau [N/mm^2]$

FORȚĂ TĂIETOARE  
 $V [kN]$   
TORSIUNE  
 $T [kNm]$

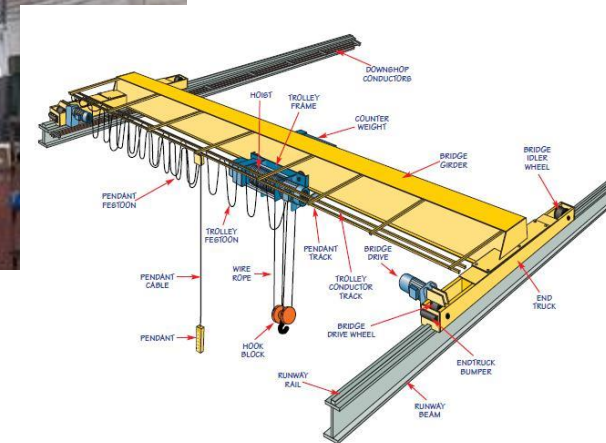
**SOLICITĂRI COMPLEXE ÎN SECȚIUNI DE B.A.****FORȚE AXIALE****COMPRESIUNE/ÎNTINDERE CU  
EXCENTRICITATE**  
 $M [kNm] \pm N [kN]$ **FORȚE TANGENȚIALE****FORȚĂ TĂIETOARE COMBINATĂ  
CU TORSIUNE**  
 $V [kN] + T [kNm]$ 

Cauzele torsiunii a) continuitate structurală  
b) configurația spațială ale structurilor

## Introduction / Introducere

Exemple când apare torsiunea

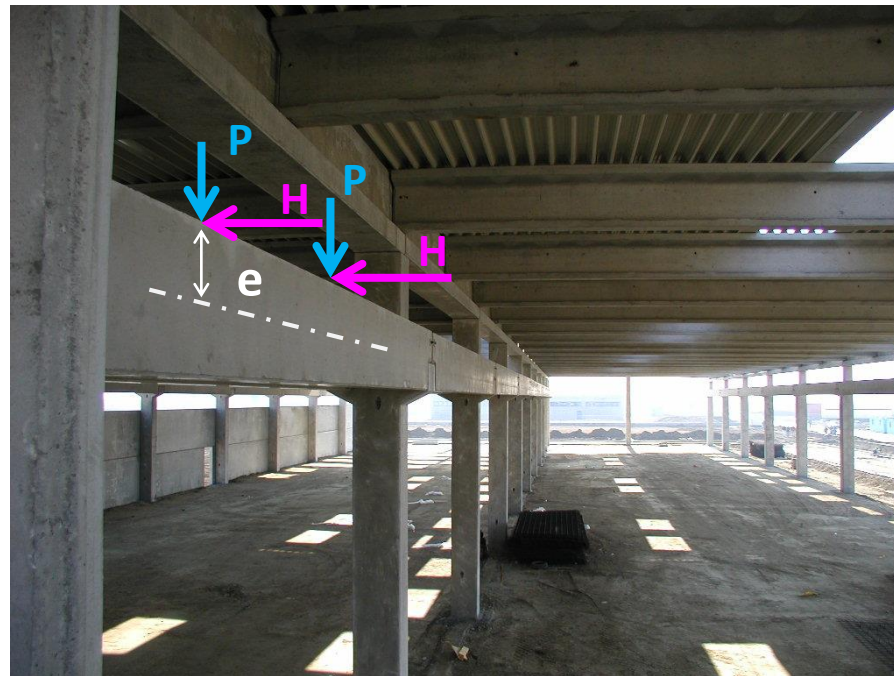
→ GRINDA DE RULARE LA PODURI RULANTE



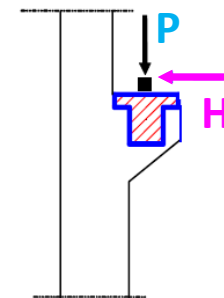
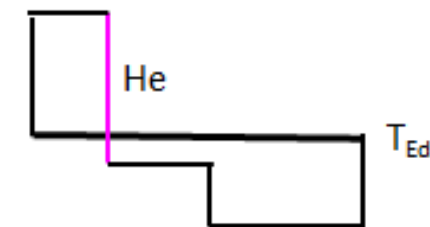
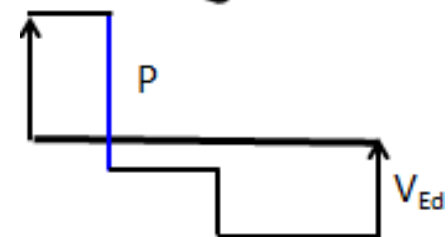
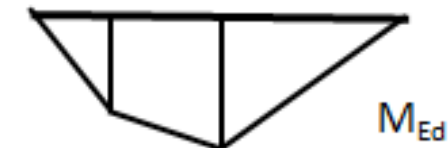
## Introduction / Introducere

## Exemple când apare torsiunea

## → GRINDA DE RULARE LA PODURI RULANTE



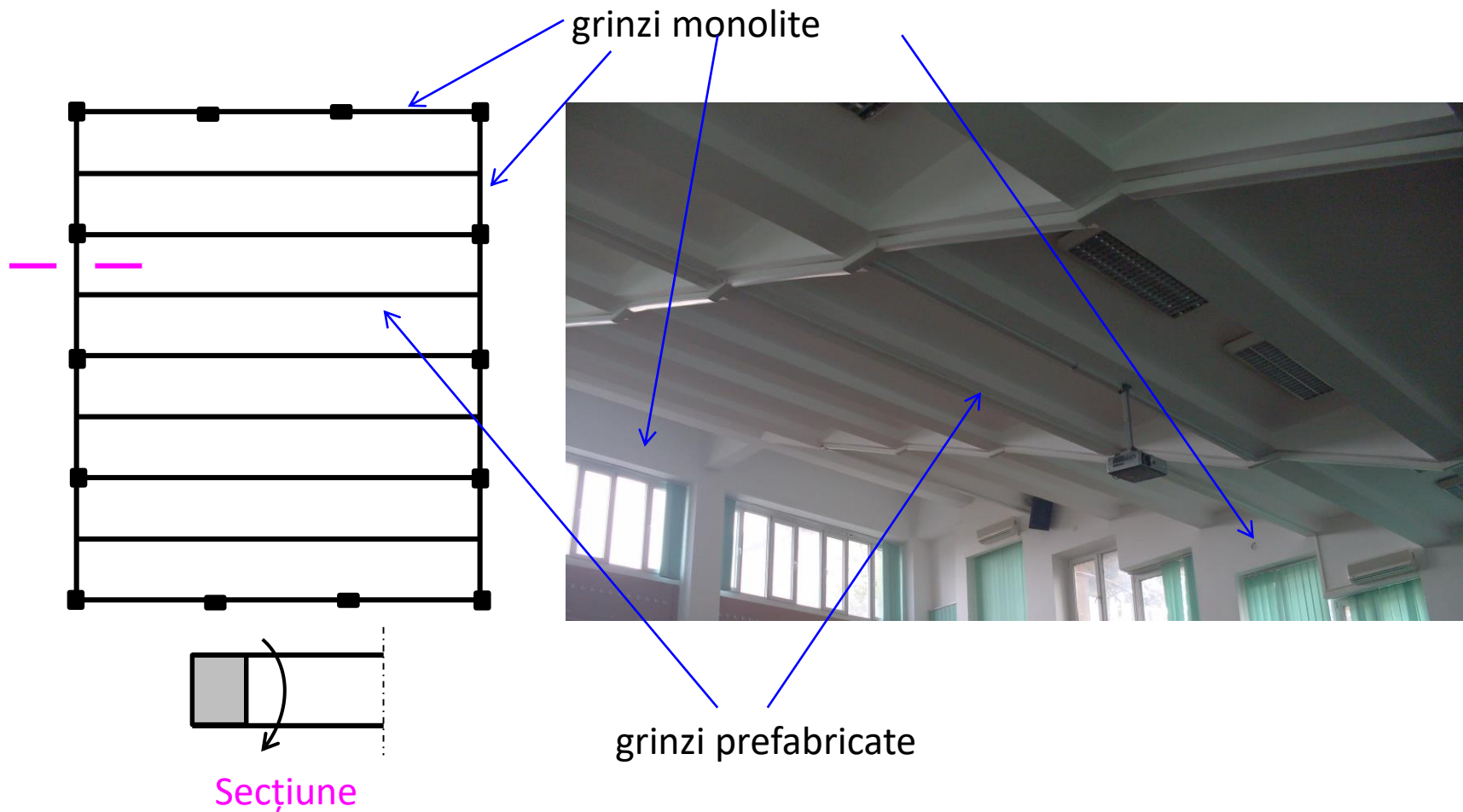
Torsiunea aplicată =  $H \times e$   
(cuplu)



## Introduction / Introducere

Exemple când apare torsiunea

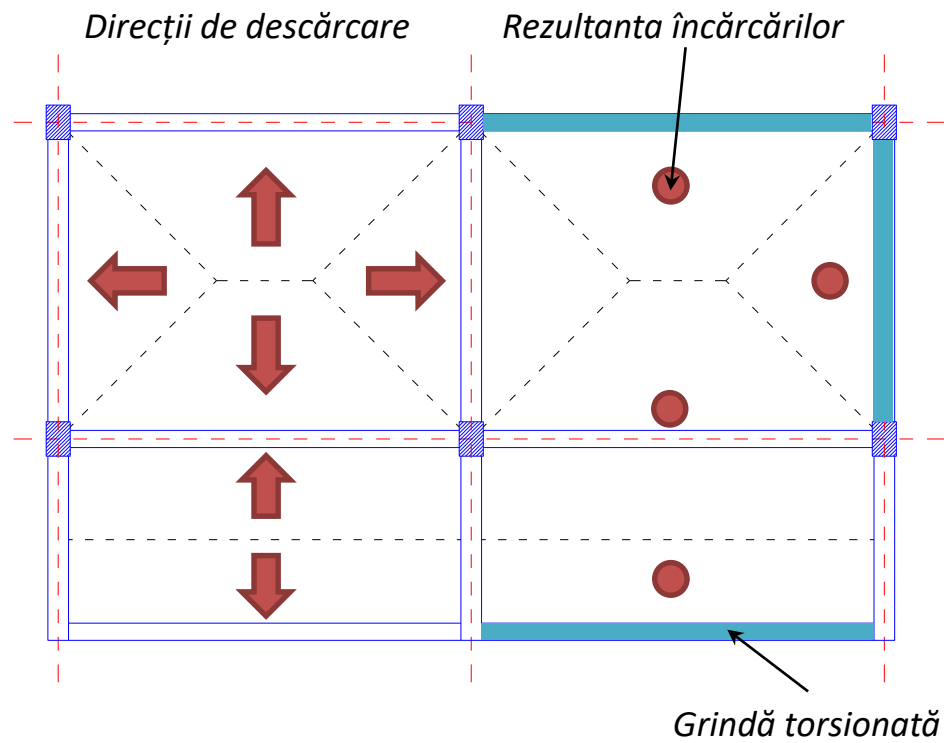
→ GRINZI MARGINALE MONOLITE (PLANȘUL AMFITEATRULUI)



## Introduction / Introducere

## Exemple când apare torsiunea

## → GRINZI CU PLANŞEE

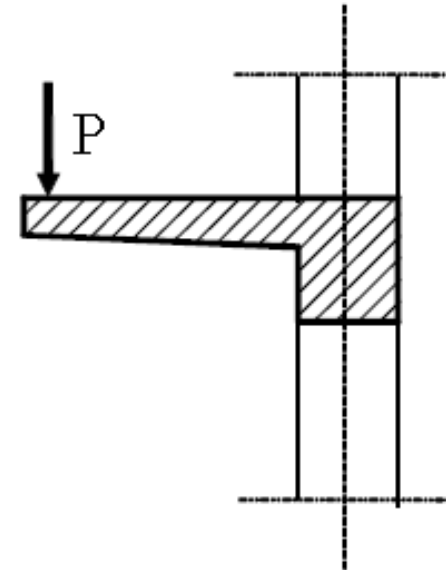




## Introduction / Introducere

Exemple când apare torsiunea

→ GRINZI CU PLANŞEE ÎN CONSOLĂ



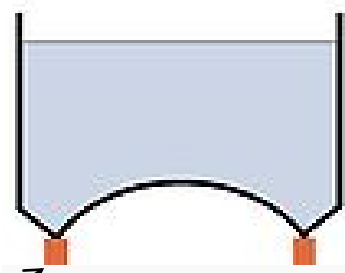
## Introduction / Introducere

Exemple când apare torsiunea

→ GRINZI CURBATE → REZERVORUL DE APĂ INTZE



(1843 – 1902)



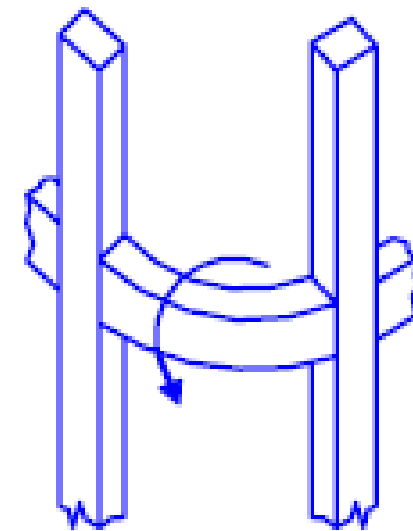
Doar forțe verticale se transmit spre turn

grinzi circulare



Forța verticală în grinda circulară

Linia reazemelor

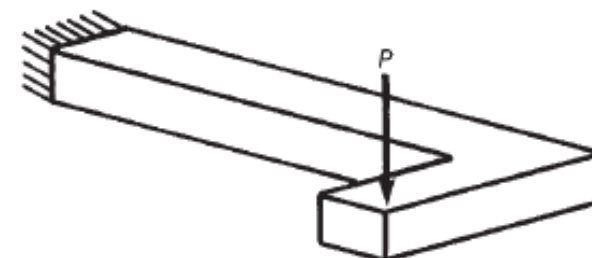
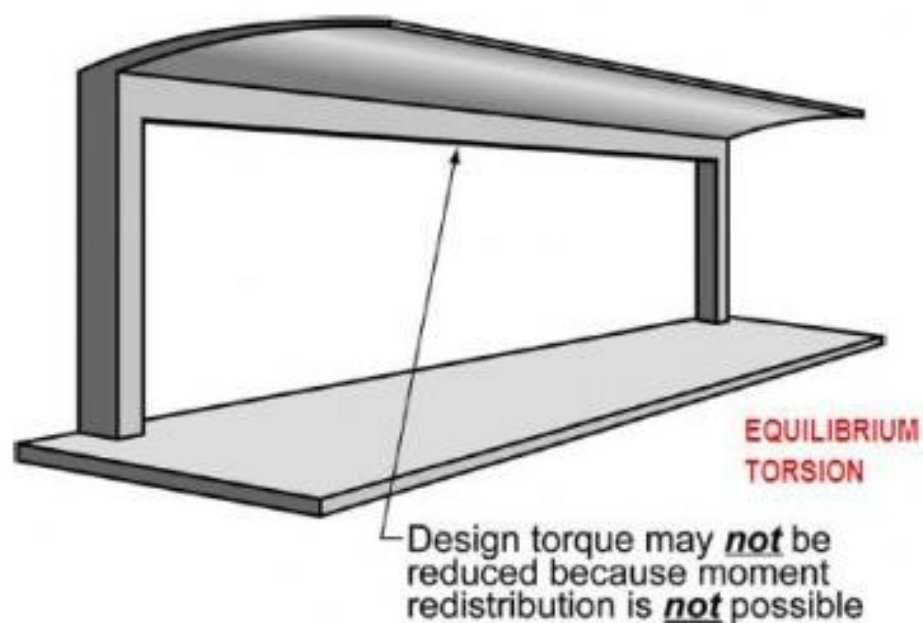
Excentricitate  
ea maximă

## Introduction / Introducere

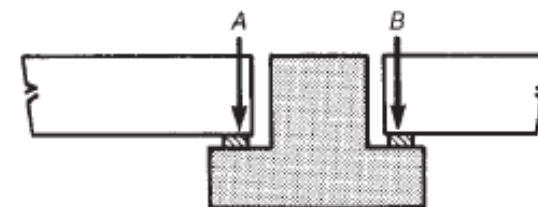
## TORSIUNEA DE ECHILIBRU (PRIMAR)

- Echilibrul static al unei structuri depinde de rezistența la torsiune
- Este necesară calculul la torsiune

Acoperiș



(a) Cantilever beam with eccentrically applied load.

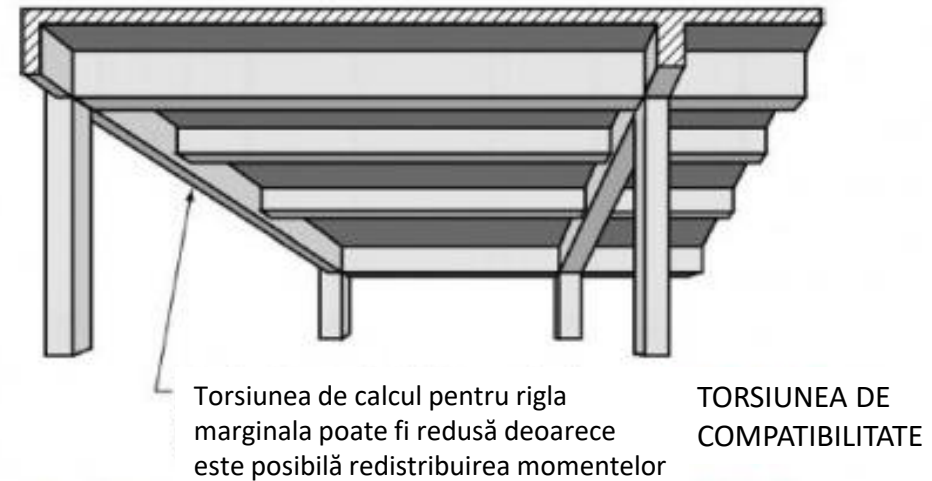
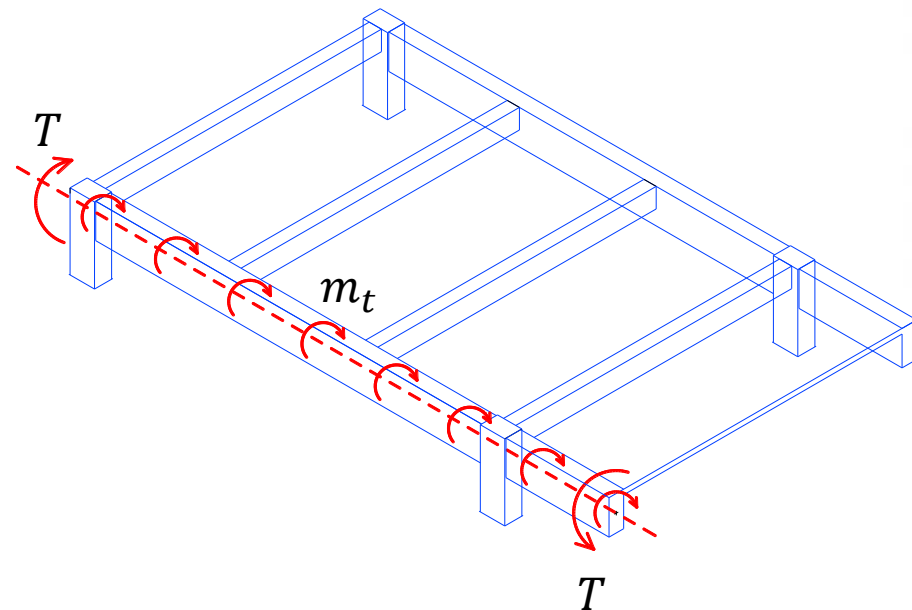


(b) Section through a beam supporting precast floor slabs.

## Introduction / Introducere

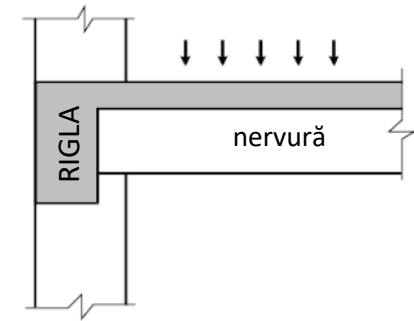
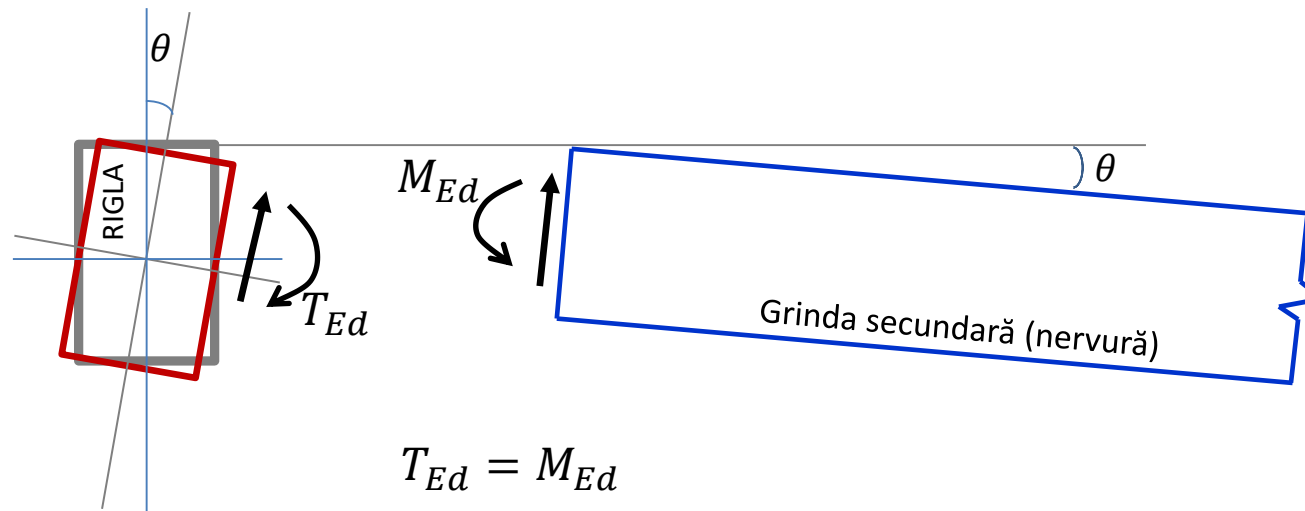
**TORSIUNEA DE COMPATIBILITATE (SECUNDAR)**

- torsiunea apare din considerente de compatibilitate
- structura nu este dependentă de rezistența la torsiune
- În cazurile obișnuite nu este necesar considerarea torsiunii în stările limite ultime
- Trebuie prevăzute armări minime



## Introduction / Introducere

## TORSIUNEA DE COMPATIBILITATE (SECUNDAR)



$T_{Ed}$  - moment de torsiune în grinda principală

$M_{Ed}$  - momentul încovoietor în grinda secundară

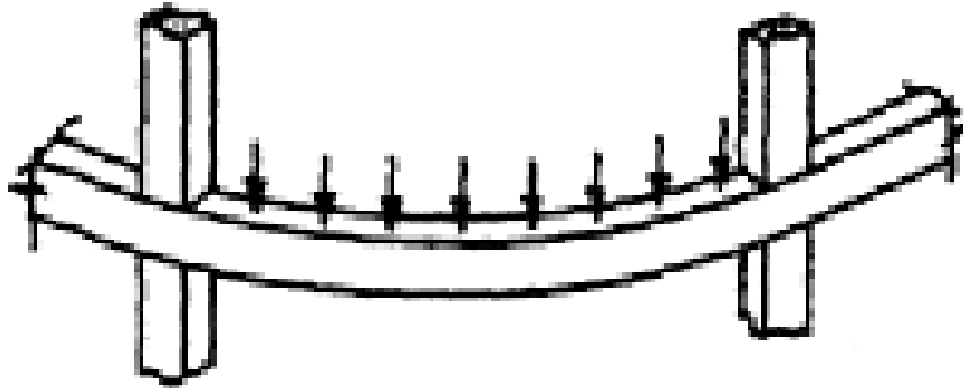
Rigiditate la torsiune a riglei este foarte mică comparativ cu nervura → Redistribuirea eforturilor

Grinda secundară (nervura):

- Rigiditatea la torsiune se poate neglija
- Calculul in SLU nu este necesară
- Armăturile suplimentare longitudinale se vor așeza în zonele cu moment negativ

## Introduction / Introducere

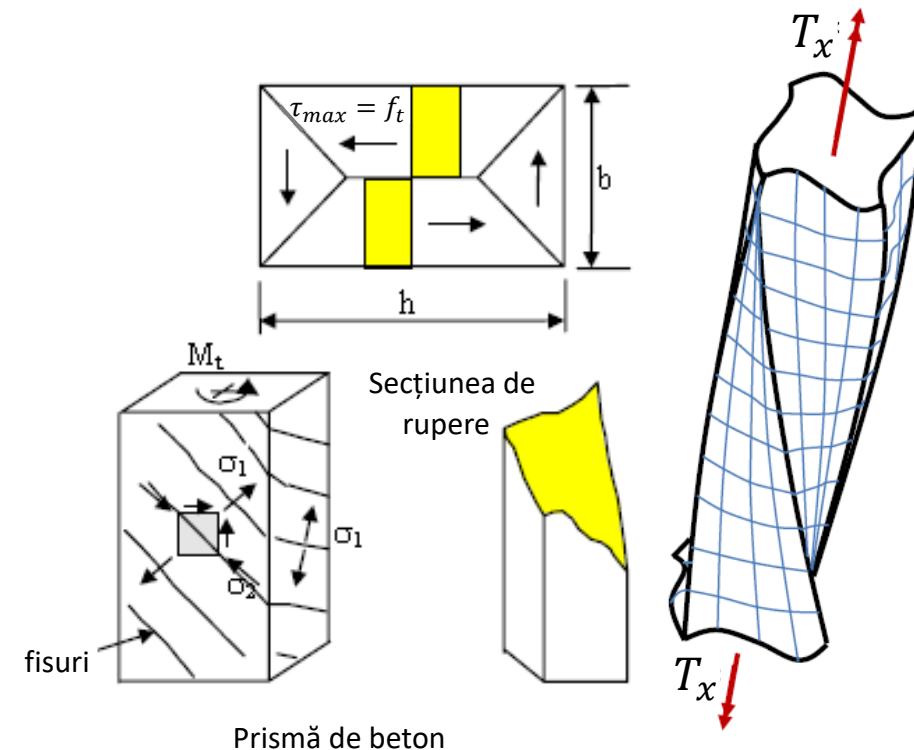
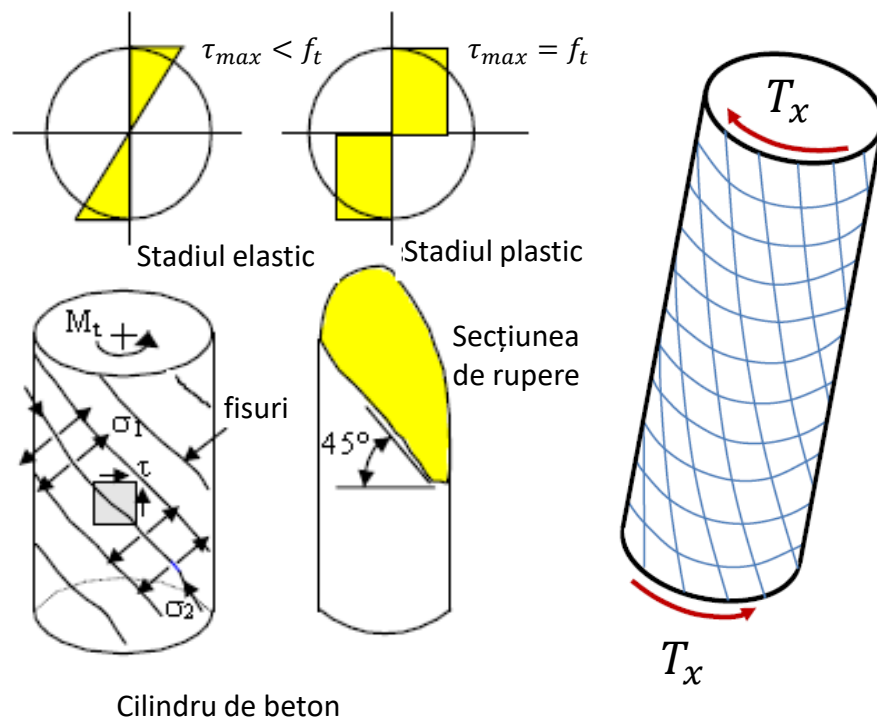
## TORSIUNEA DE ECHILIBRU &amp; COMPATIBILITATE



## Introduction / Introducere

## TORSIUNEA BETONULUI SIMPLU

## Modul de cedare al betonului simplu



Secțiunile transversale înainte și după torsiune rămân plane → este valabilă principiul secțiunii plane

Datorită torsiunii, secțiunile transversale nu rămân plane → nu se poate aplica principiul secțiunilor plane, nu sunt valabile

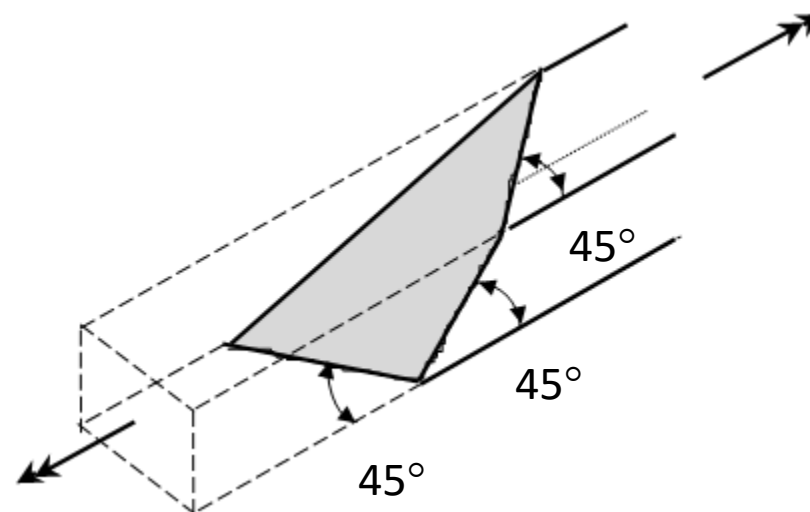
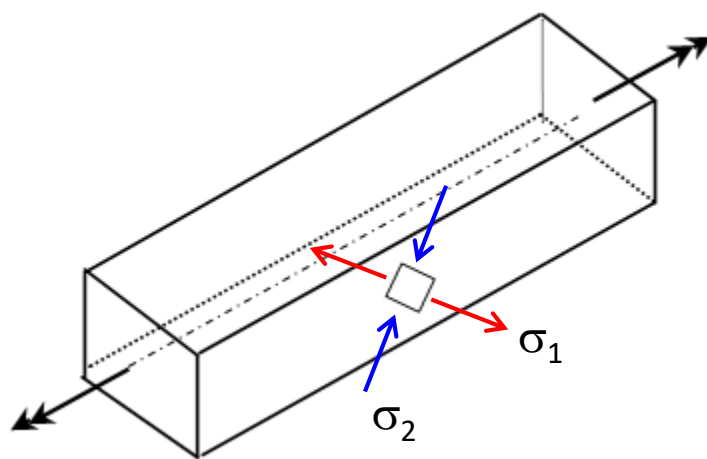
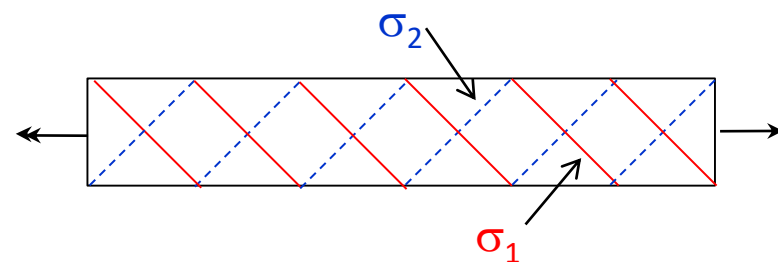
(Prof. Clipii T.)

## Introduction / Introducere

## TORSIUNEA BETONULUI SIMPLU

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \rightarrow \text{la nivelul axei neutre } \sigma_1 = \tau_0$$

Traietoriile eforturilor unitare



Secțiune strâmbă

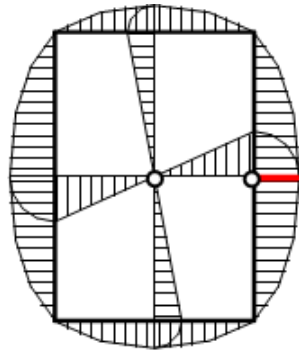
(Prof. Clipii T.)



## Introduction / Introducere

## TORSIUNEA BETONULUI SIMPLU

Dacă se acceptă ca în momentul cedării betonul este plasticizat în întregime:



$$\sigma_1 = \tau_{max} = \frac{T}{W_t} \rightarrow f_{ct}$$

and

$$W_t = \frac{1}{6} b^2 h \left( 3 - \frac{b}{h} \right)$$

unde

- $W_t$  - modulul la torsiune
- $b$  - dimensiunea mai mică a secțiunii
- $h$  - dimensiunea mai mare a secțiunii

Indiferent de orientarea secțiunii

(Prof. Clipii T.)

## 2.1 INTRODUCERE

# 2.2 COMPORTAREA LA TORSIUNE

## 2.3 MODELUL DE CALCUL

## 2.4 CALCULUL LA TORSIUNE

## 2.5 DETALIEREA ARMĂTURILOR

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

**CEDAREA LA TORSIUNE****a) BETON SIMPLU**

$$T_{cracking} = T_R$$

**b) BETON ARMAT**

→ Armăturile longitudinale în colțurile secțiunii + etrieri închiși

$$T_{cracking} < T_R$$

Cedarea elementelor supuse la  $M_{Ed} + V_{Ed} + T_{Ed}$

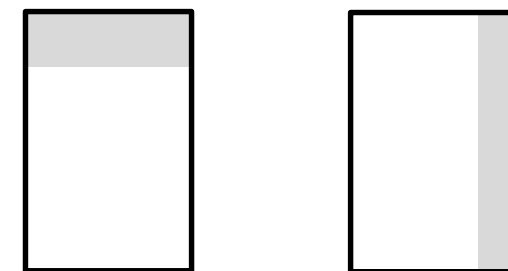
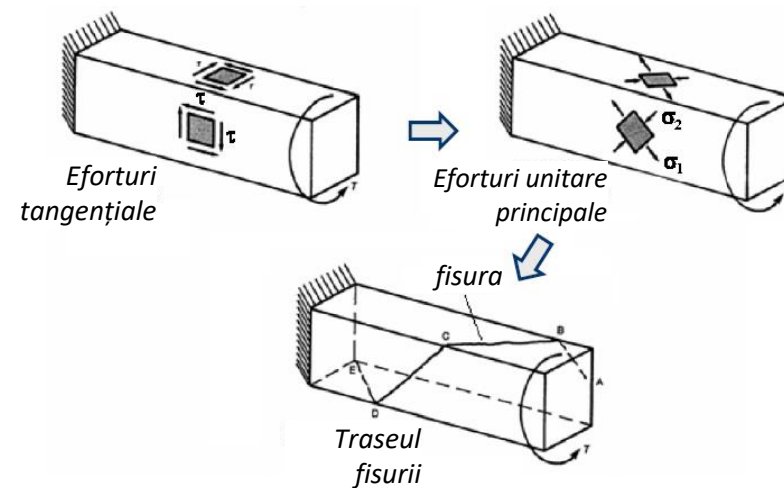
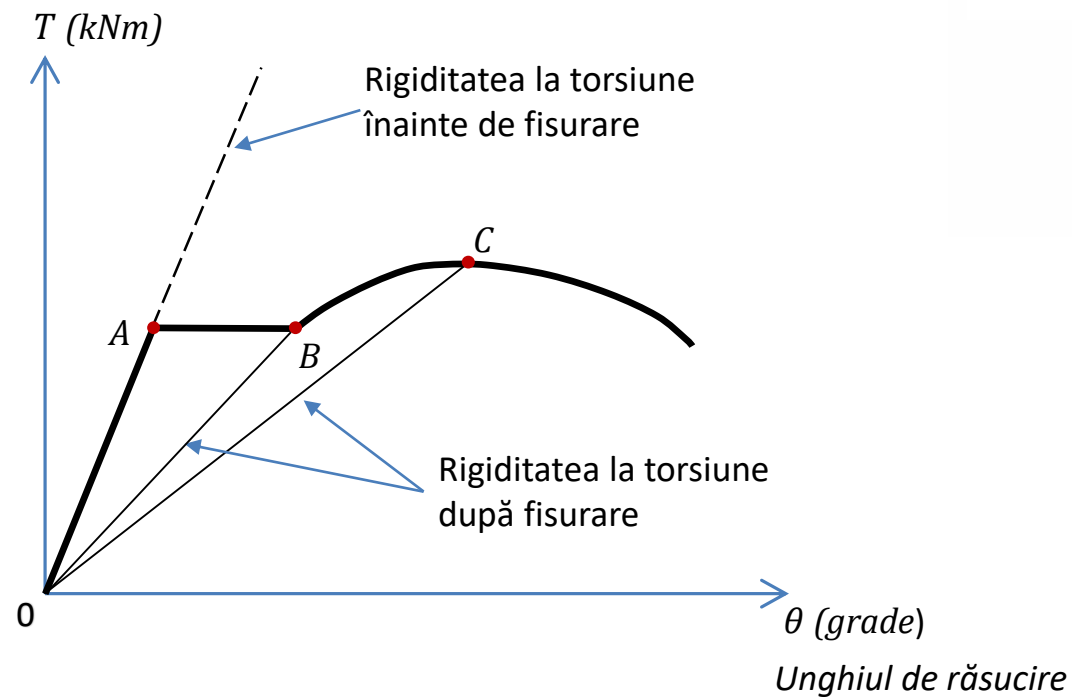
→ curgerea armăturilor în secțiunile strâmbе (longitudinale și/sau transversale) urmate de zdrobirea betonului comprimat

**SAU**

→ zdrobirea betonului comprimat (pt secțiuni supraarmate) ↔

Cedare casantă → trebuie evitată

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

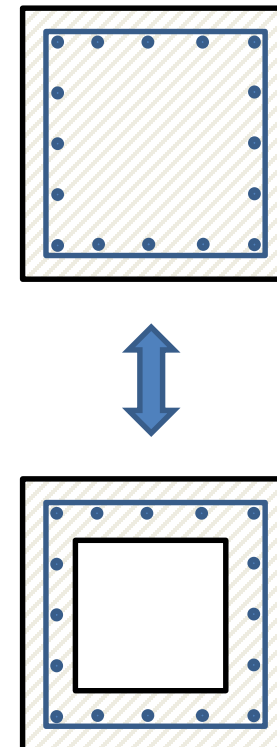
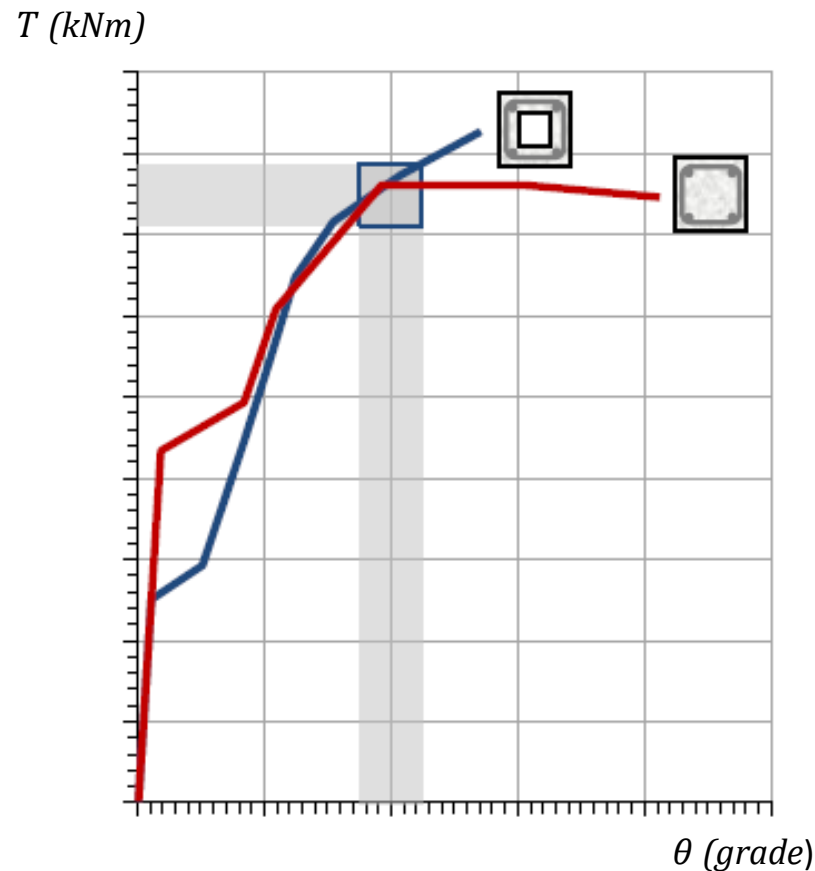
RELAȚIA  $T - \theta$ 

În funcție de relația între  $M_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$ ,  $T_{Ed}$  poziția betonului comprimat poate fi diferită.

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

Testele experimentale efectuate pe elemente de BA au demonstrat că:

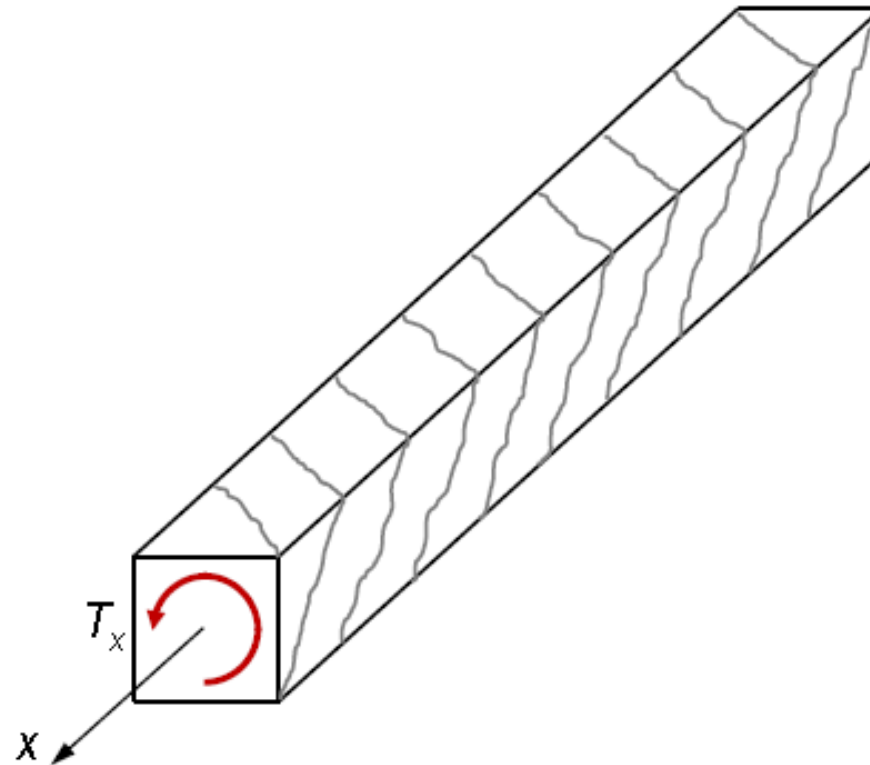
→ diferențele de capacitate portantă la torsiune cu secțiuni transversale rectangulare solide și tubulare nu sunt importante, astfel aportul miezului de beton simplu poate fi neglijată în calculul la torsiune.



**Behavior for torsion / Comportarea la torsiune**

Testele experimentale efectuate pe elemente de BA au demonstrat că:

→ Modul de fisurare unui element de BA supus la torsiune este foarte similar cu cea a unui element supus la forță tăietoare

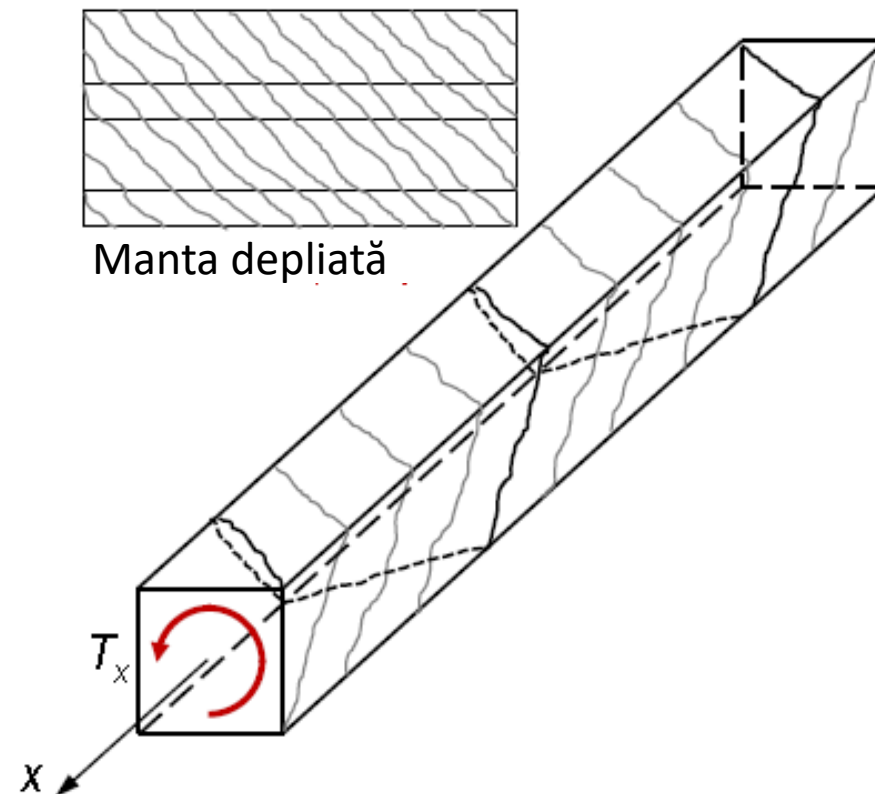


(Prof. Kovács I, DE)

**Behavior for torsion / Comportarea la torsiune**

Testele experimentale efectuate pe elemente de BA au demonstrat că:

→ Fisurile de torsiune formează un distribuție de fisuri coerente și continue perimetral la element

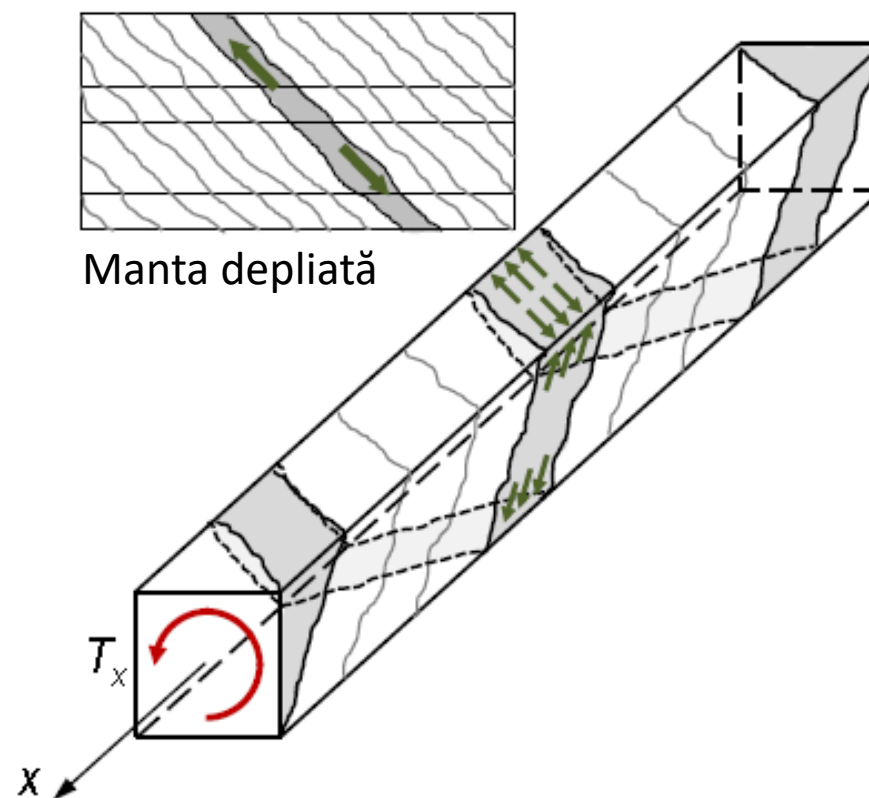


(Prof. Kovács I, DE)

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

Testele experimentale efectuate pe elemente de BA au demonstrat că:

→ Zonele de beton dintre fisurile de torsiune pot fi considerate bare comprimate de beton

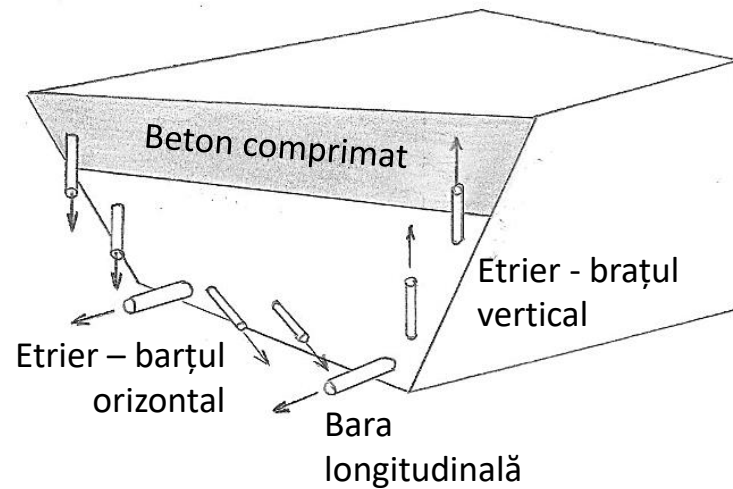


(Prof. Kovács I, DE)

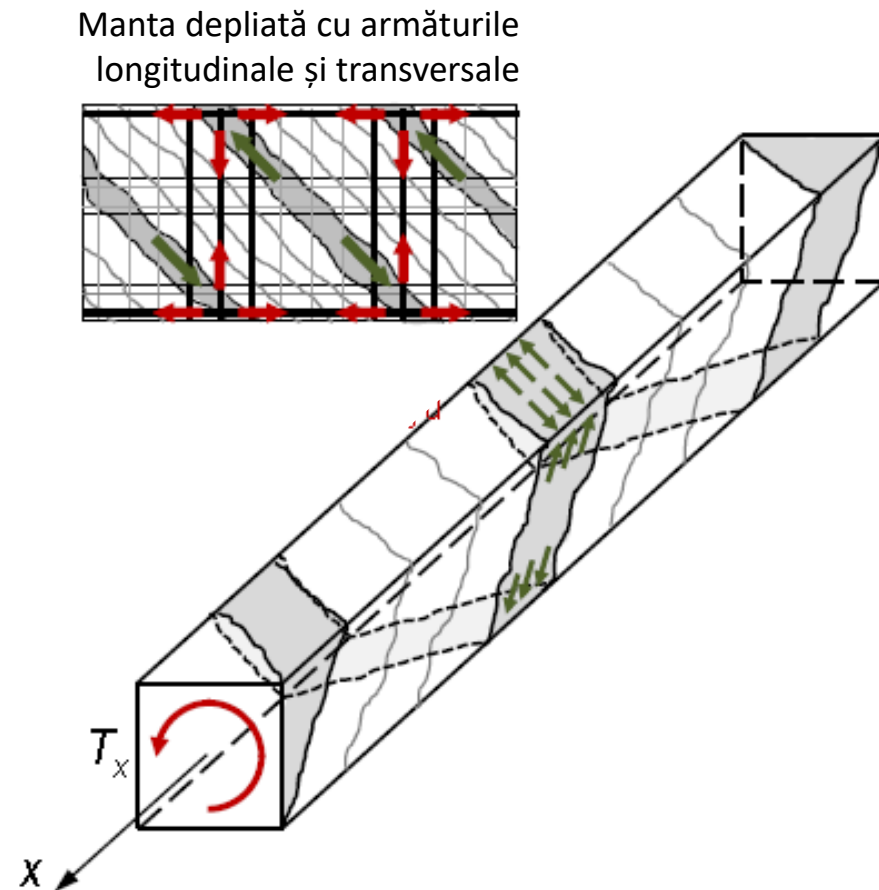


## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

→ Eforturile de întindere perpendiculare la fisurile de torsiune sunt preluate de armăturile longitudinale și transversale din secțiunea de rupere



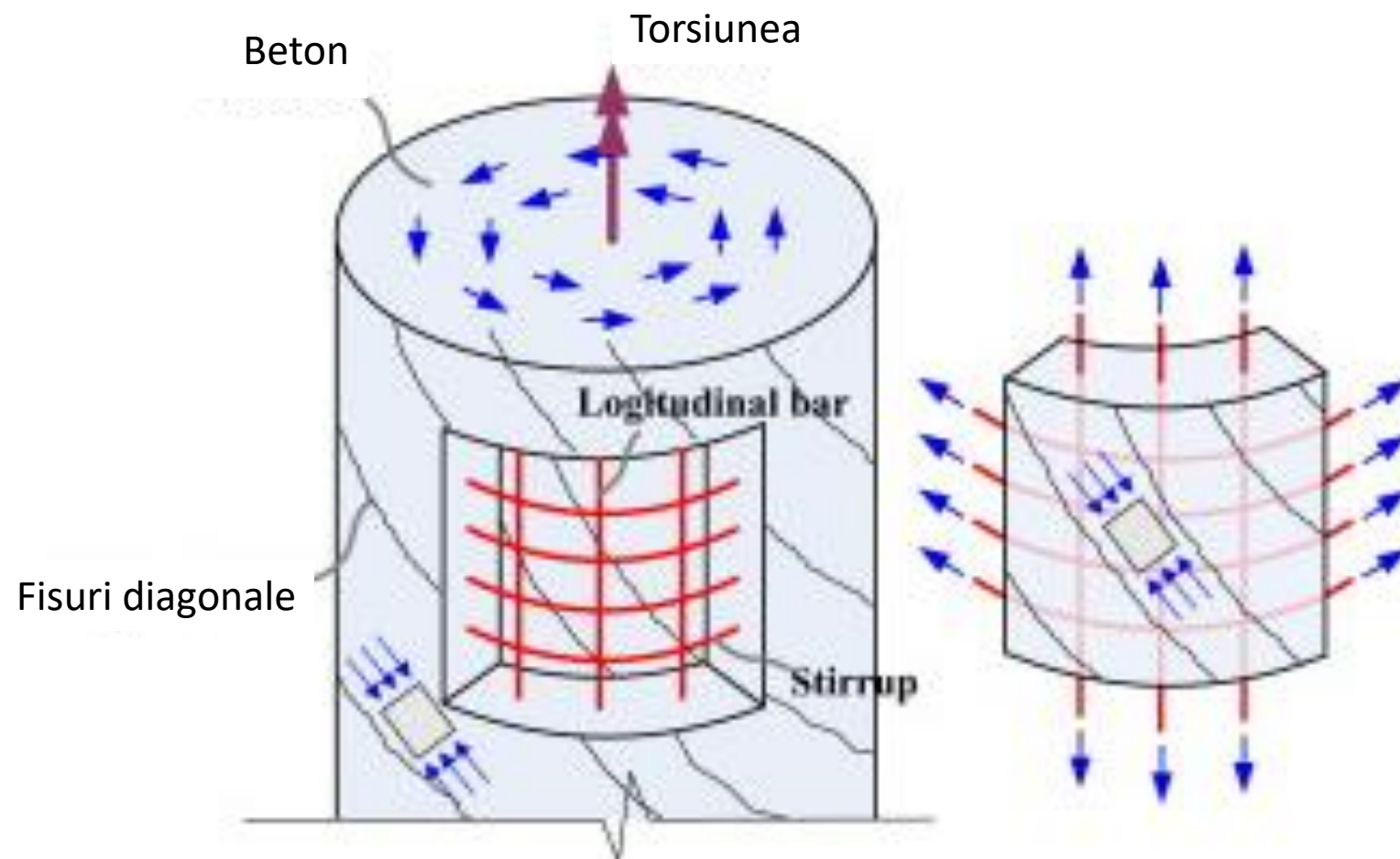
### Modelul de echilibru limită



(Prof. Kovács I, DE)

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

→ Eforturile de întindere perpendiculare la fisurile de torsiune sunt preluate de armăturile longitudinale și transversale din secțiunea de rupere



## 2.1 INTRODUCERE

## 2.2 COMPORTAREA LA TORSIUNE

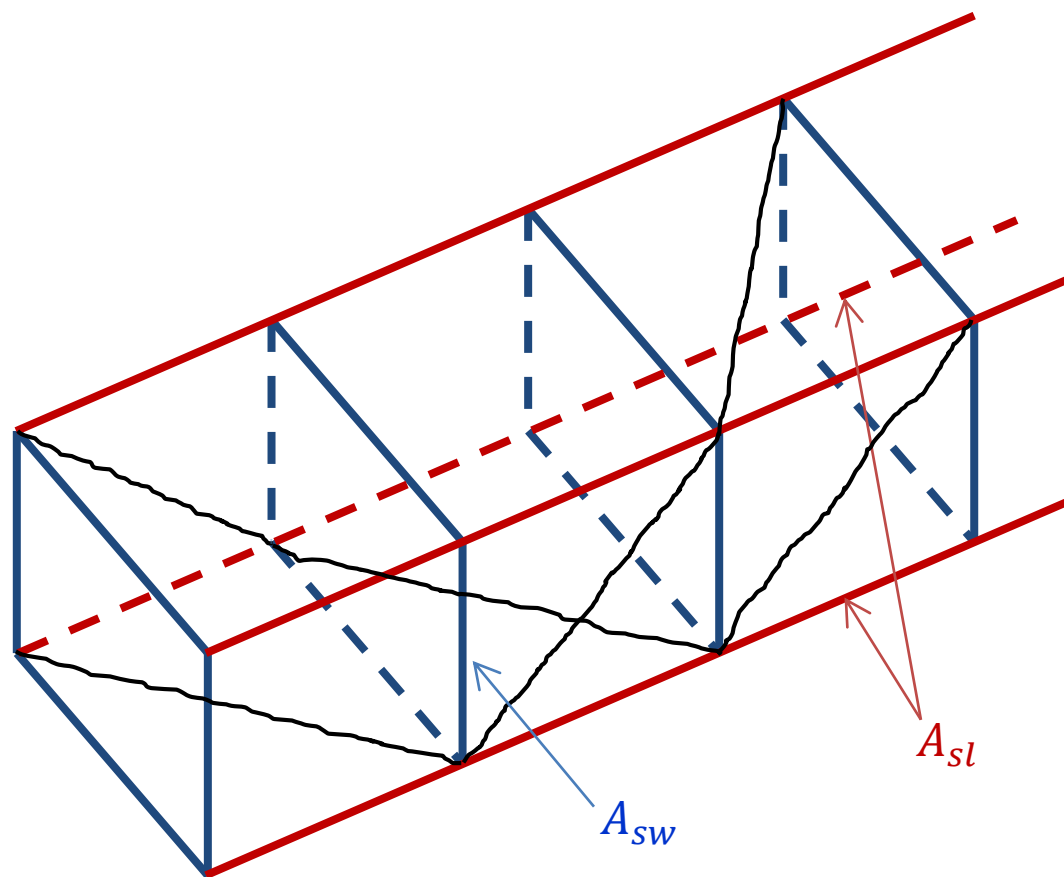
## **2.3 MODELUL DE CALCUL**

## 2.4 CALCULUL LA TORSIUNE

## 2.5 DETALIEREA ARMĂTURILOR

**Behavior for torsion / Comportarea la torsiune**

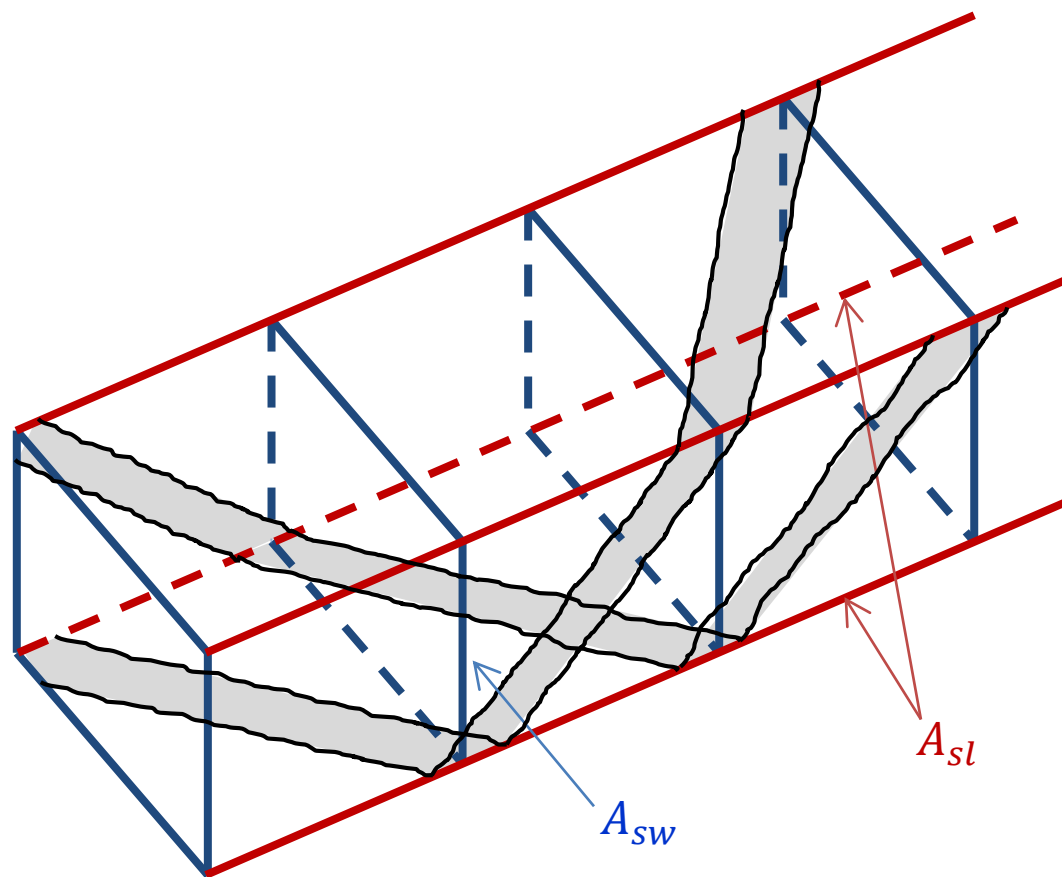
→ Modelul grinzii cu zăbrele spațiale se bazează pe echilibrul forțelor în barele unei grinzi cu zăbrele spațiale care înlocuiește grinda din beton armat



**Modelul grinzii cu zăbrele spațiale**

## Behavior for torsion / Comportarea la torsiune

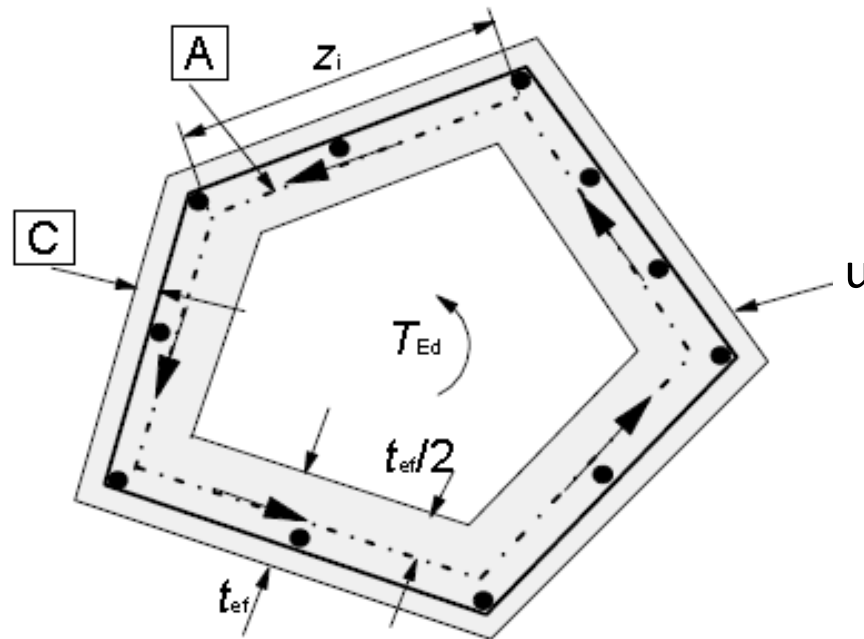
→ Modelul grinzii cu zăbrele spațiale se bazează pe echilibrul forțelor în barele unei grinzi cu zăbrele spațiale care înlocuiește grinda din beton armat



Modelul grinzii cu zăbrele spațiale

## Design model / Modelul de calcul

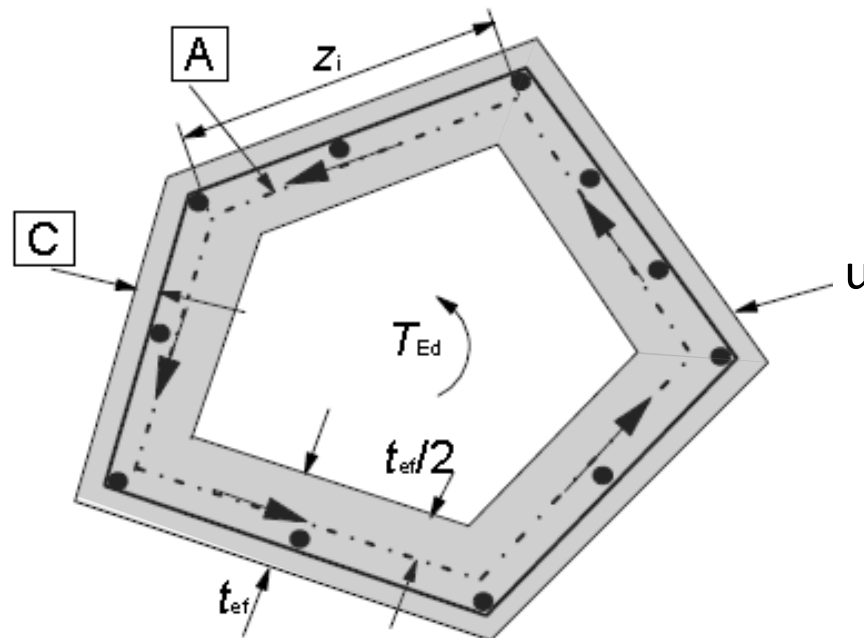
Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.



## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.

$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

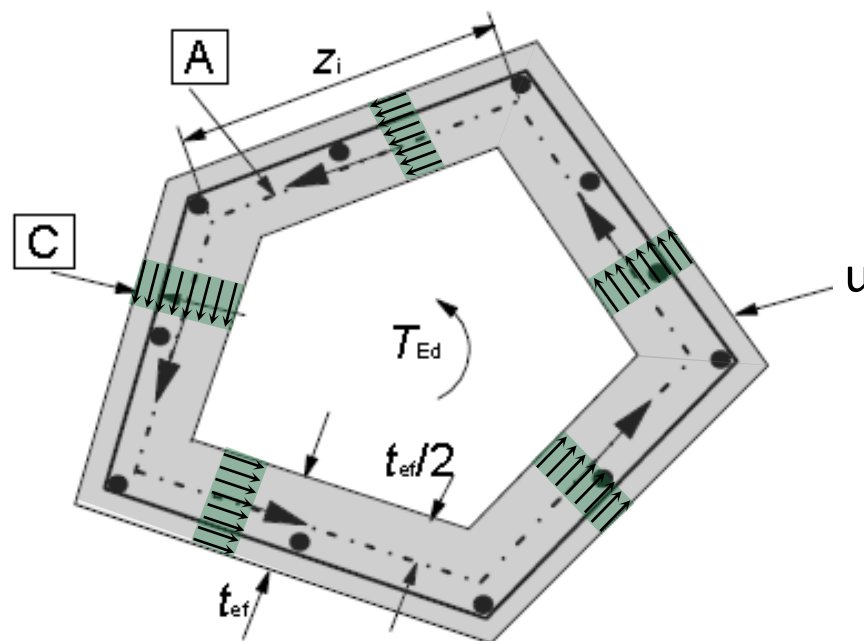


## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.

$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

$\tau_t$  – efort unitar tangențial din torsiune



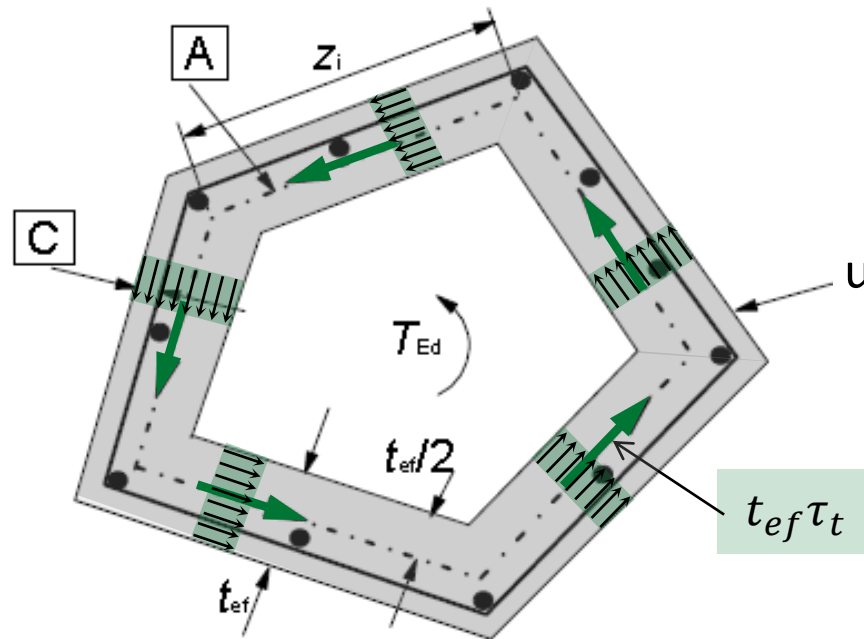


## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.

$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

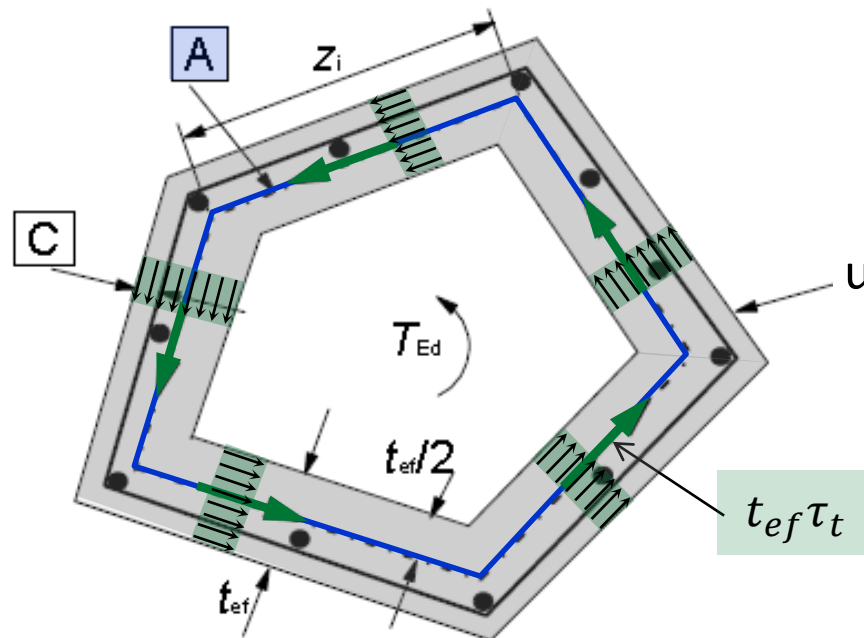
$\tau_t$  – efort unitar tangențial din torsiune



Echilibrul este asigurat de un flux închis de eforturi de forfecare  $t_{ef}\tau_t$

## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.



$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

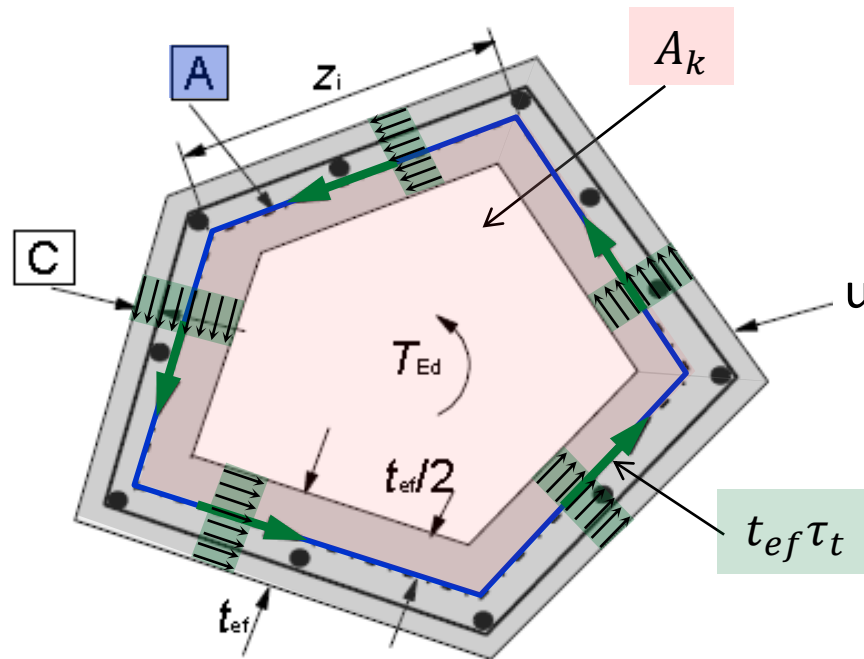
$\tau_t$  – efort unitar tangențial din torsiune

A – linia centrelor de greutate, care închide aria  $A_k$

Echilibrul este asigurat de un flux închis de eforturi de forfecare  $t_{ef}\tau_t$

## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.



$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

$\tau_t$  – efort unitar tangențial din torsiune

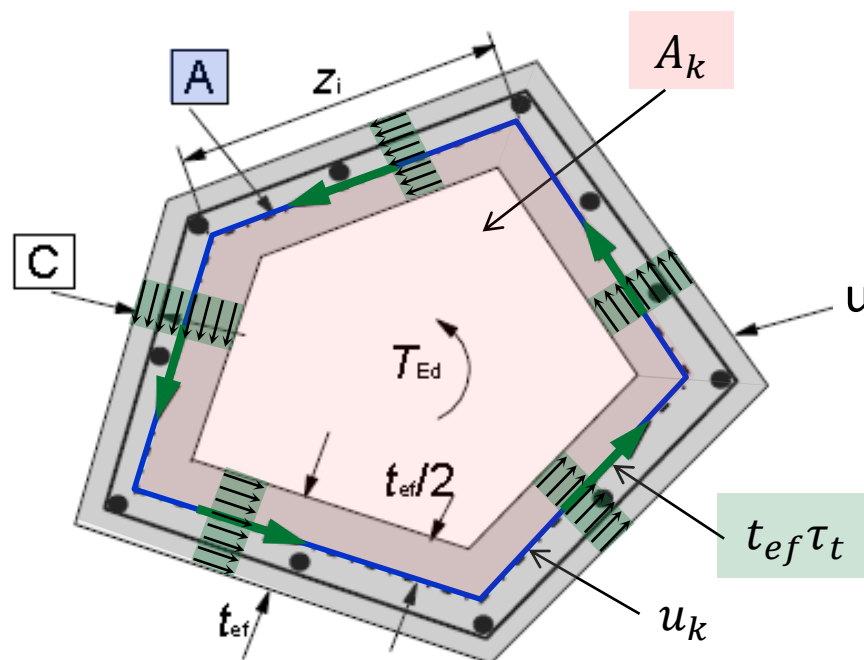
A – linia centrelor de greutate, care închide aria  $A_k$

$A_k$  – aria interioară a liniei centrelor de greutate a pereților, incluzând partea goală

Echilibrul este asigurat de un flux închis de eforturi de forfecare  $t_{ef}\tau_t$

## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri. Secțiunile pline pot fi modelate direct prin secțiuni închise cu pereți subțiri echivalente.



$t_{ef}$  – grosimea peretelui secțiunii fictive

$\tau_t$  – efort unitar tangențial din torsiune

A – linia centrelor de greutate, care închide aria  $A_k$

$A_k$  – aria interioară a liniei centrelor de greutate a pereților, incluzând partea goală

$u_k$  – perimetrul areiei  $A_k$

$u$  – perimetrul exterior al secțiunii

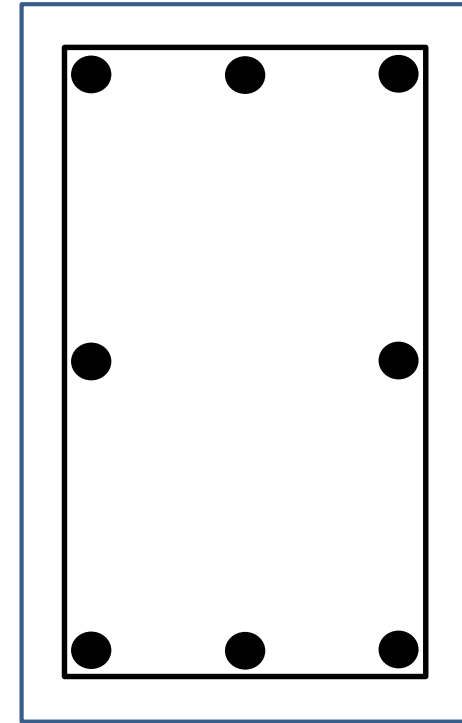
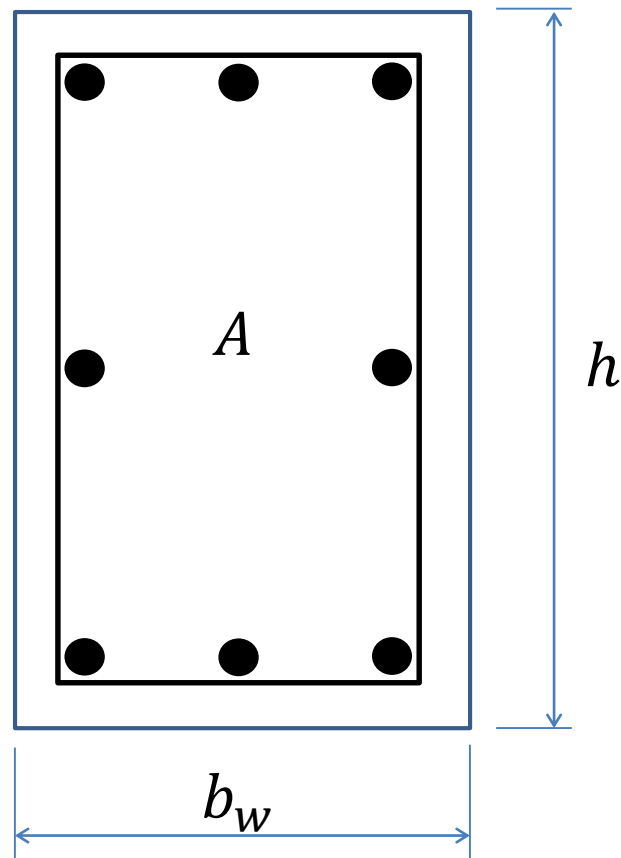
$z_i$  – lungimea peretelui  $i$

C – acoperirea de beton

Echilibrul este asigurat de un flux închis de eforturi de forfecare  $t_{ef}\tau_t$

## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri.

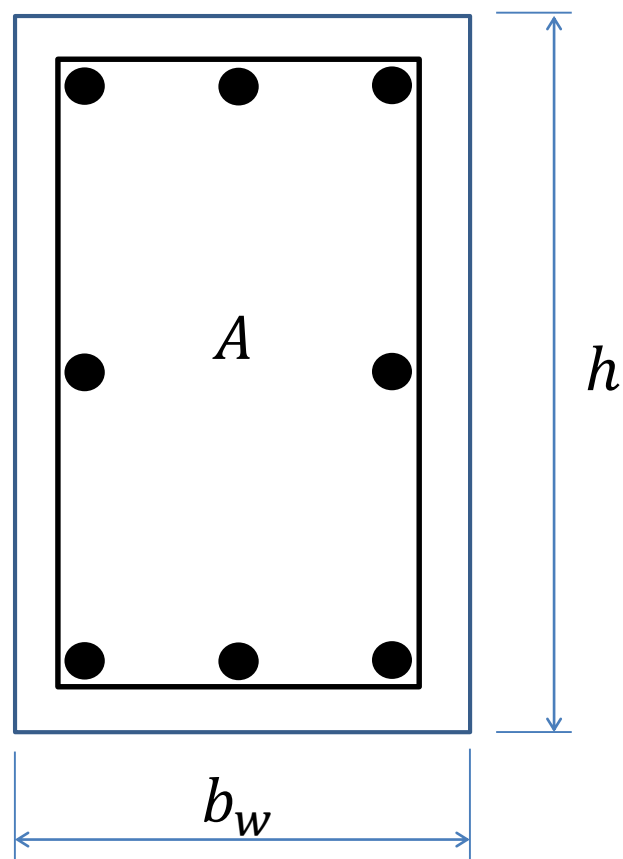


$$A = b_w h$$

$$u = 2(b_w + h)$$

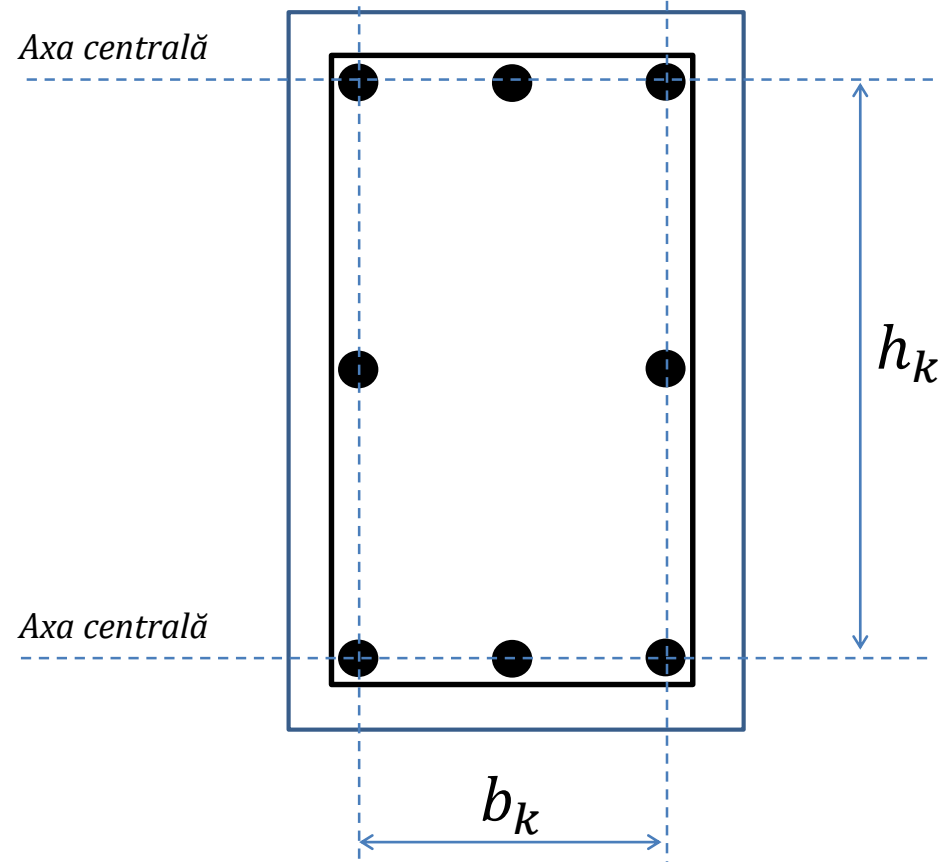
## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri.



$$A = b_w h$$

$$u = 2(b_w + h)$$

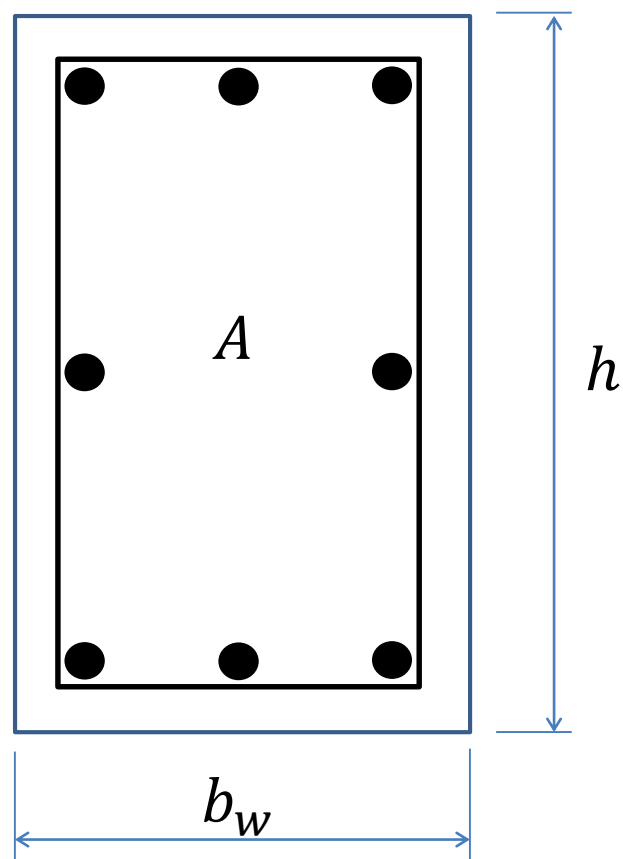


$$A_k = b_k h_k$$

$$u_k = 2(b_k + h_k)$$

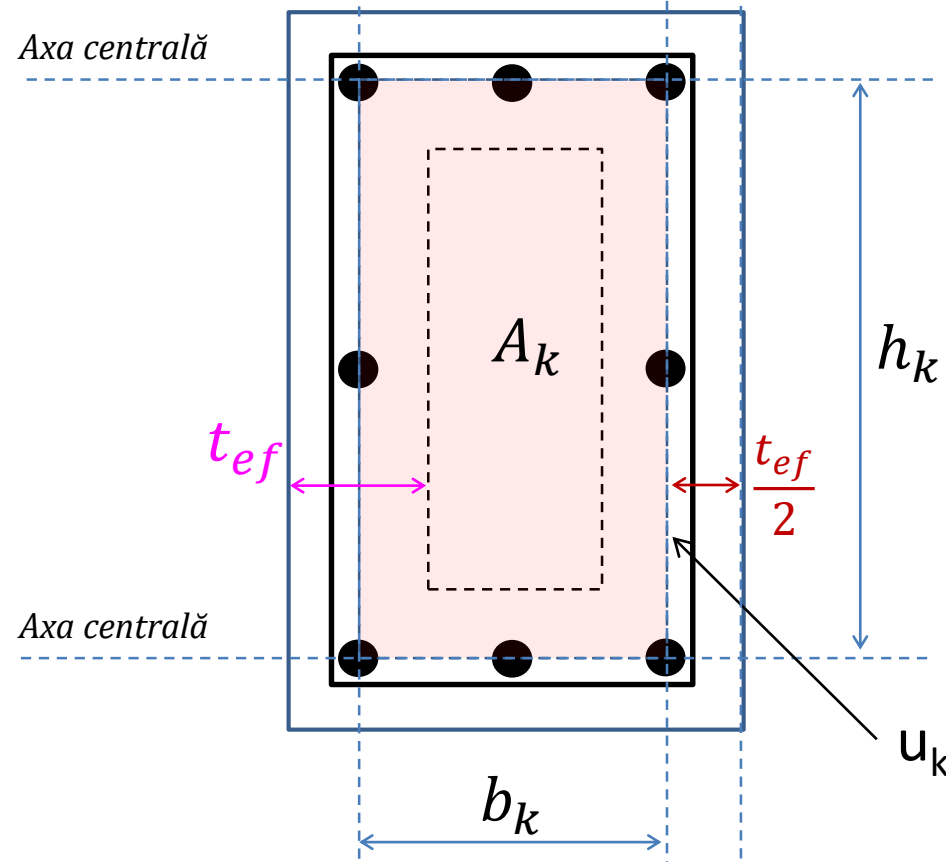
## Design model / Modelul de calcul

Rezistența la torsiune a unei secțiuni poate fi calculată pe baza unei secțiuni închise cu pereți subțiri.



$$A = b_w h$$

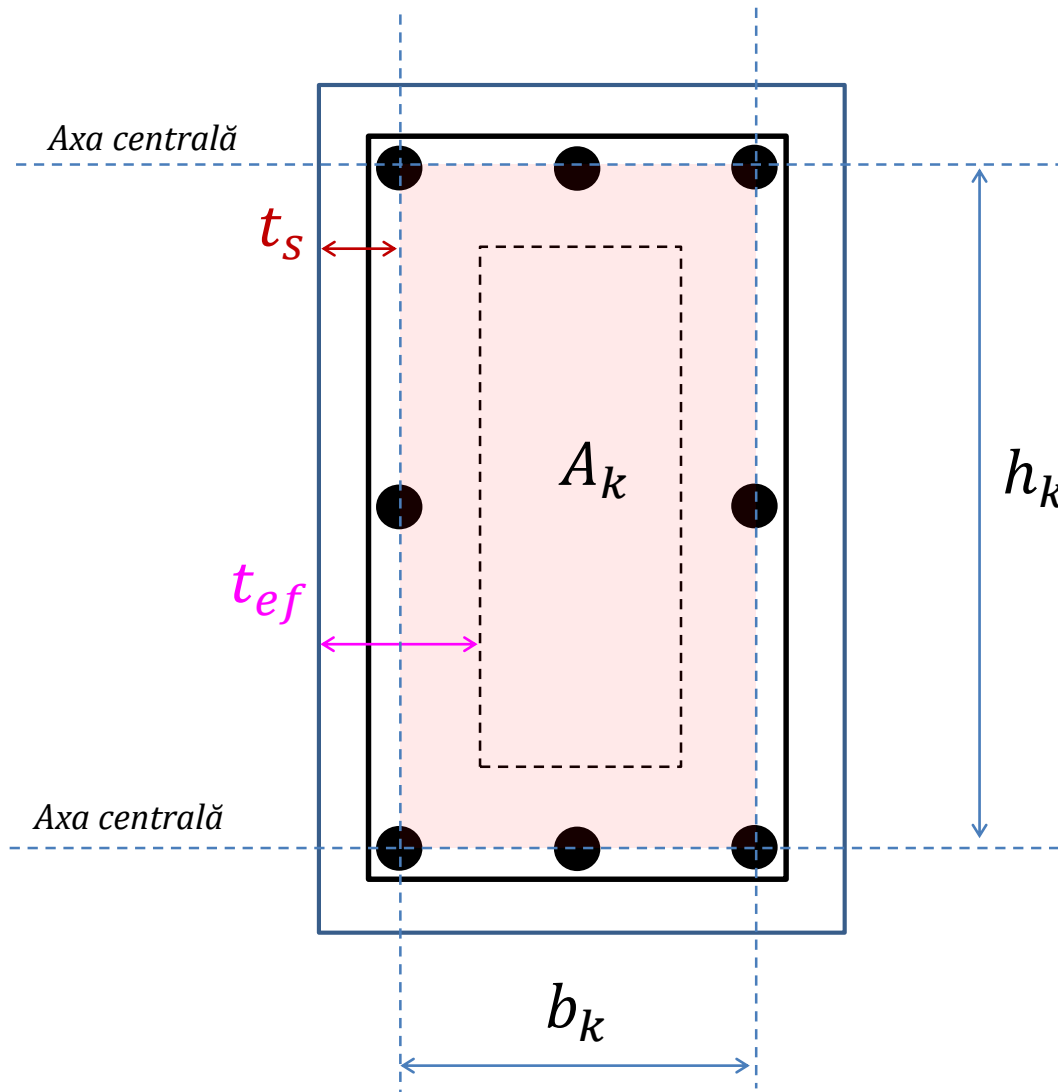
$$u = 2(b_w + h)$$



$$A_k = b_k h_k$$

$$u_k = 2(b_k + h_k)$$

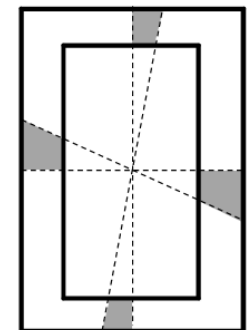
## Design model / Modelul de calcul



$$t_{ef} = \frac{A}{u} \geq t_{ef,min} = 2t_s$$

De ce putem calcula cu o secțiune echivalentă cu pereți subțiri ?

→ Cele mai mari eforturi de forfecare sunt pe marginea secțiunii

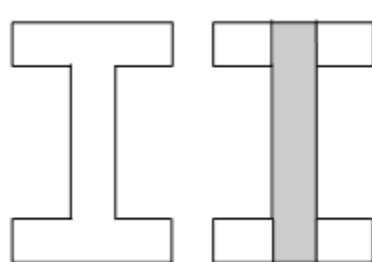




## Design model / Modelul de calcul

Pentru secțiunile de formă complexă:

- pot fi mai întâi descompuse în secțiuni elementare
- fiecare sub-secțiune modelat printr-o secțiune cu pereți subțiri echivalent
- pentru secțiuni chesonate, grosimea pereților secțiunii echivalente nu poate depăși grosimea reală ale pereților
- fiecare sub-secțiune se dimensionează separat
- distribuția momentului de torsiune care acționează asupra fiecărei sub-secțiuni trebuie să fie proporțională cu rigiditatea la torsiune nefisurată ale acestora



$$T_{Ed,i} = \frac{I_{ti}}{\sum I_{ti}} T_{Ed}$$

$$I_t = \eta h b^3$$

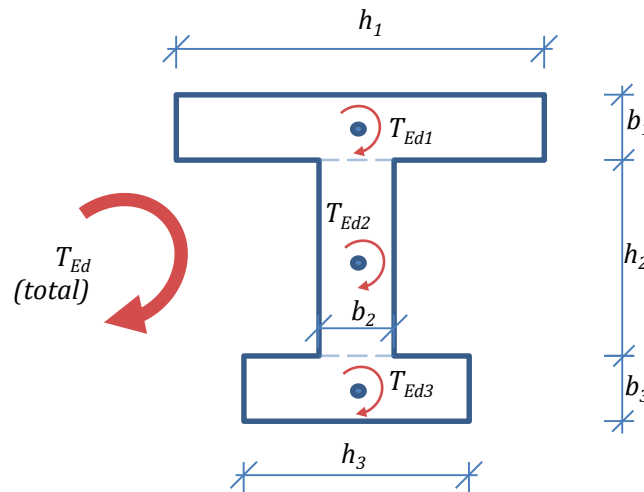
<b>h/b</b>	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
<b>η</b>	0,140	0,163	0,185	0,203	0,216	0,229	0,232	0,235	0,239	0,248	0,246

→ Rezistența la torsiune a ansamblului fiind luată egală cu suma rezistențelor secțiunilor elementare.

## Design model / Modelul de calcul

Pentru secțiunile de formă complexă:

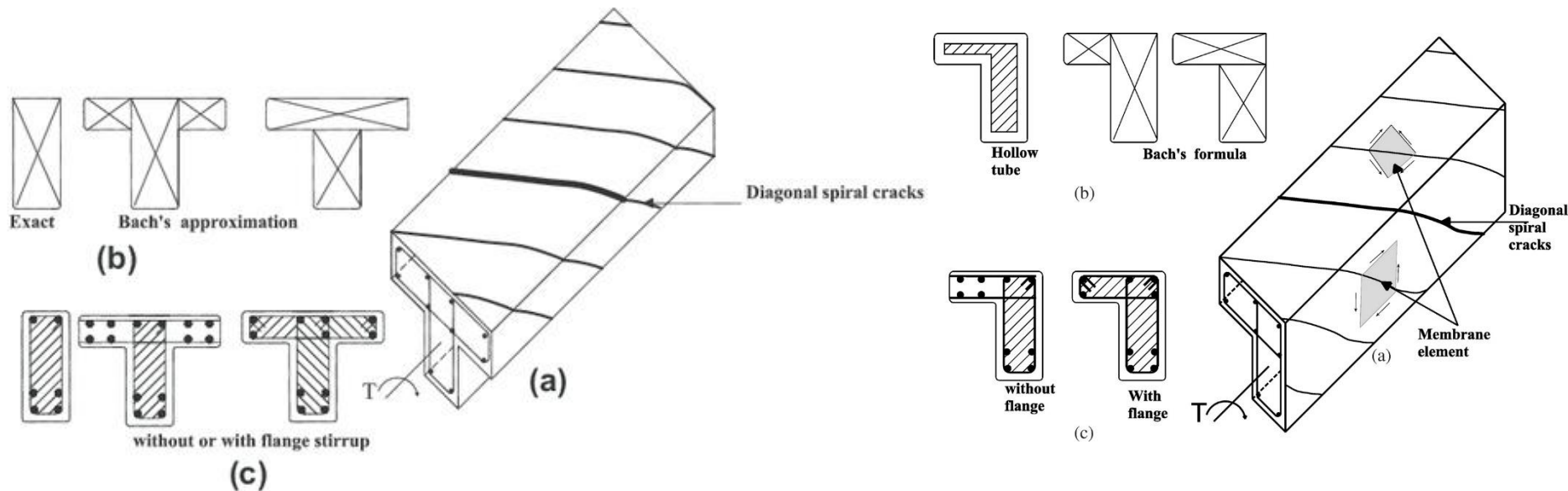
- pot fi mai întâi descompuse în secțiuni elementare
- fiecare sub-secțiune modelat printr-o secțiune cu pereți subțiri echivalent
- pentru secțiuni chesonate, grosimea pereților secțiunii echivalente nu poate depăși grosimea reală ale pereților
- fiecare sub-secțiune se dimensionează separat
- distribuția momentului de torsiune care acționează asupra fiecărei sub-secțiuni trebuie să fie proporțională cu rigiditatea la torsiune nefisurată ale acestora



## Design model / Modelul de calcul

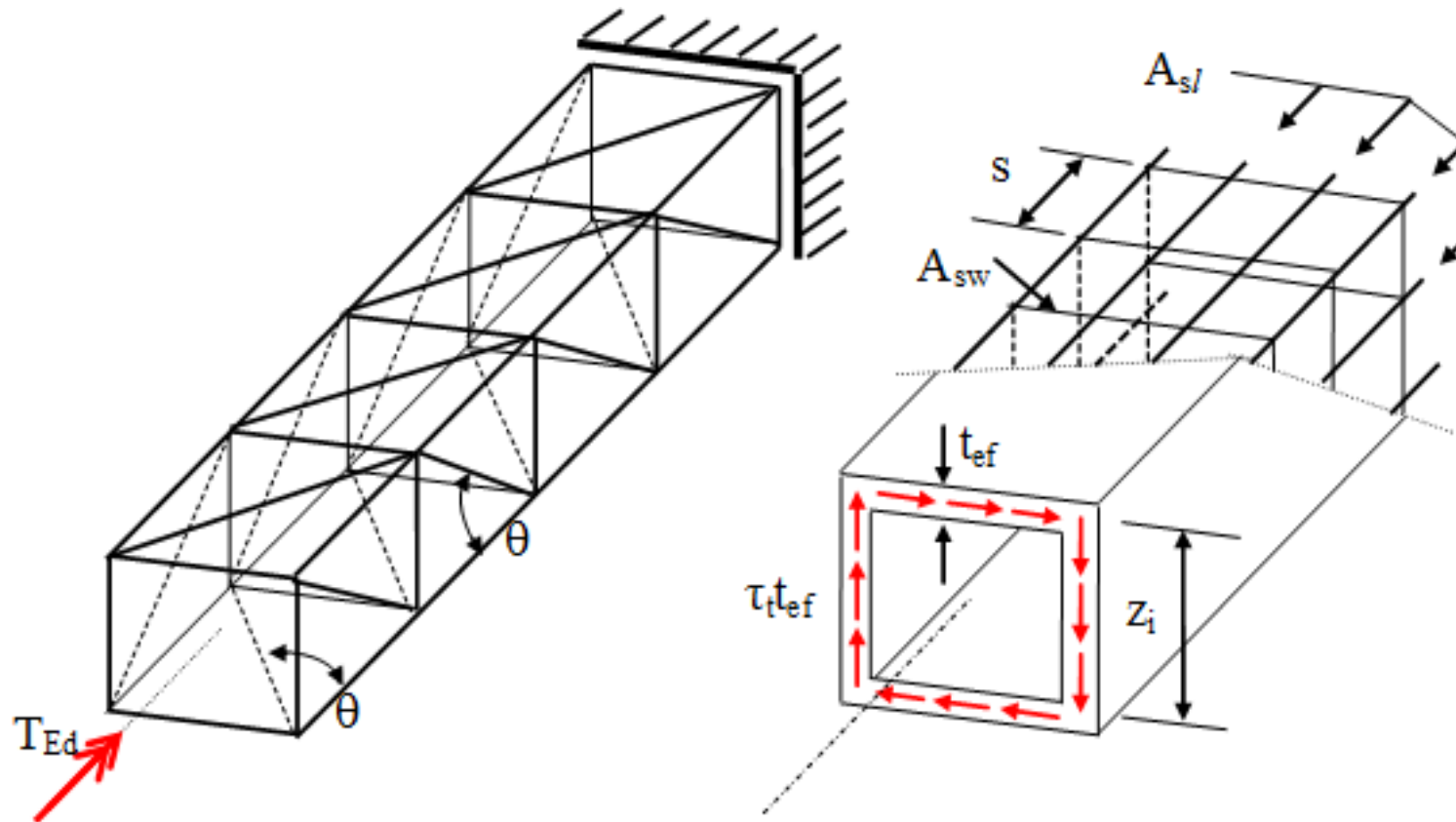
Pentru secțiunile de formă complexă:

- pot fi mai întâi descompuse în secțiuni elementare
- fiecare sub-secțiune modelat printr-o secțiune cu pereți subțiri echivalent
- pentru secțiuni chesonate, grosimea pereților secțiunii echivalente nu poate depăși grosimea reală ale pereților
- fiecare sub-secțiune se dimensionează separat
- distribuția momentului de torsiune care acționează asupra fiecărei sub-secțiuni trebuie să fie proporțională cu rigiditatea la torsiune nefisurată ale acestora



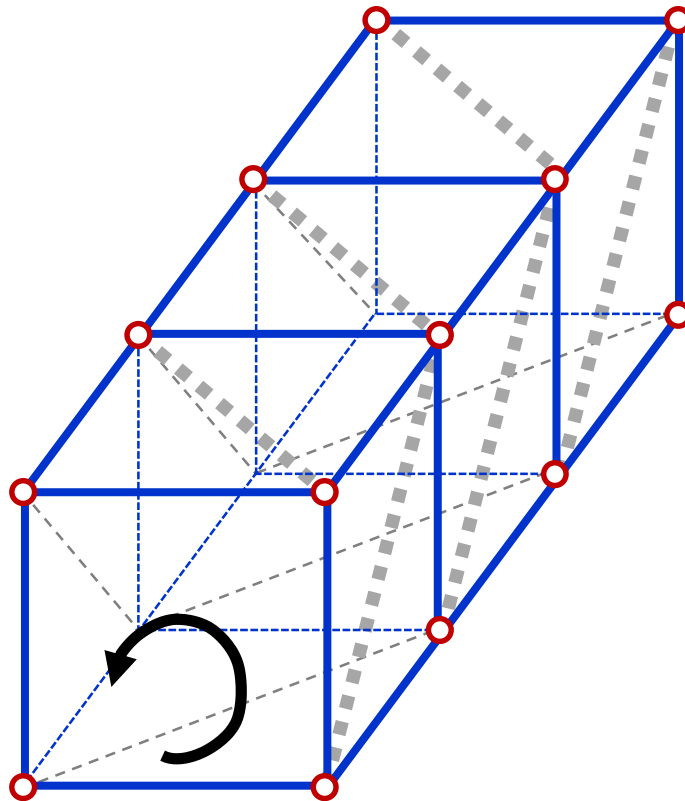
## Design model / Modelul de calcul

Fiecare perete include o grindă cu zăbrele → grindă cu zăbrele 3D (spațială)



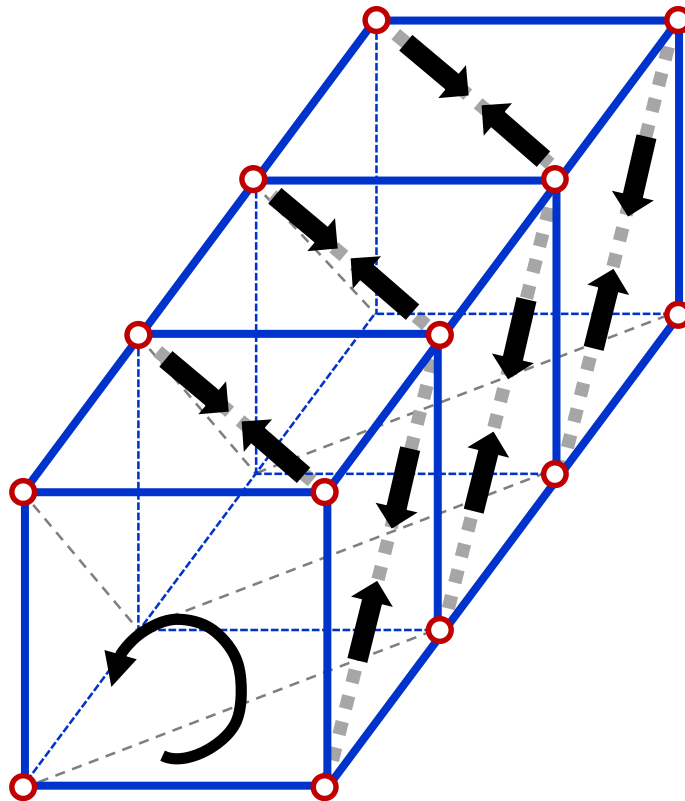
## Design model / Modelul de calcul

Fiecare perete include o grindă cu zăbrele → grindă cu zăbrele 3D (spațială)



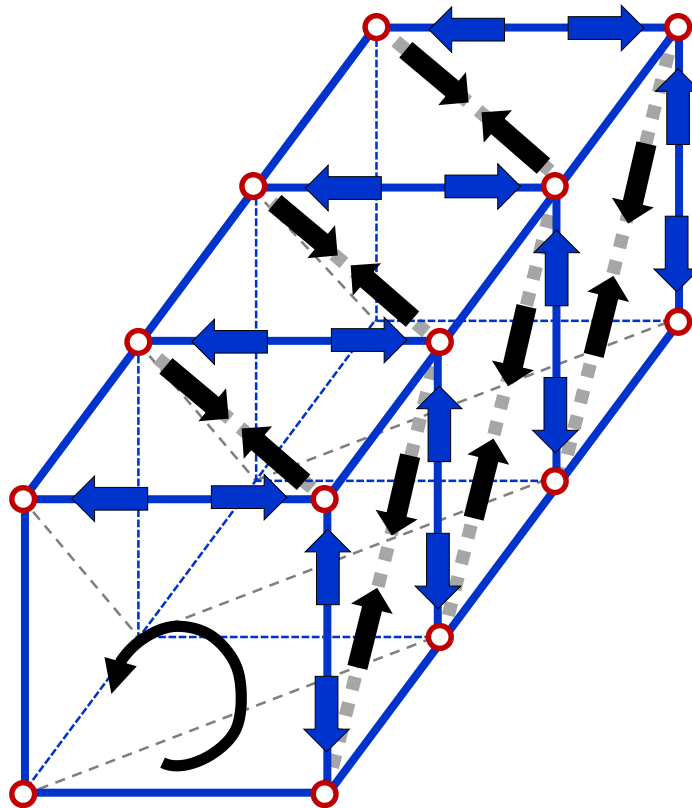
## Design model / Modelul de calcul

Fiecare perete include o grindă cu zăbrele → grindă cu zăbrele 3D (spațială)



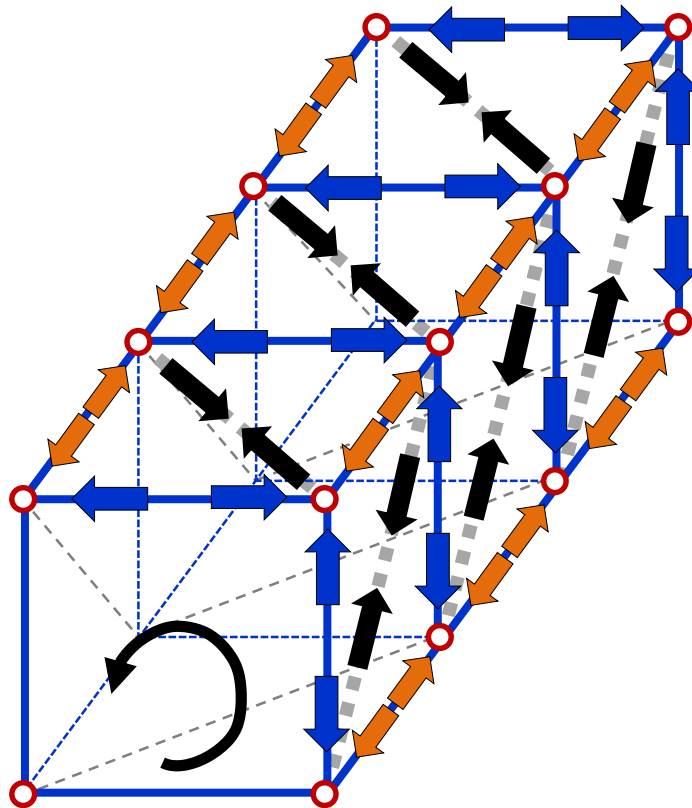
## Design model / Modelul de calcul

Fiecare perete include o grindă cu zăbrele → grindă cu zăbrele 3D (spațială)



## Design model / Modelul de calcul

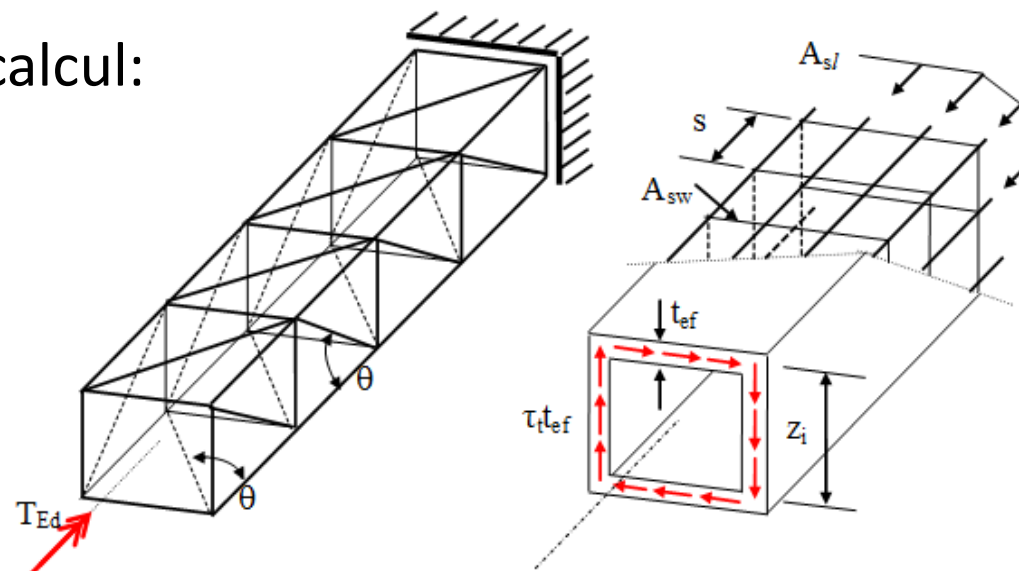
Fiecare perete include o grindă cu zăbrele → grindă cu zăbrele 3D (spațială)





## Design model / Modelul de calcul

Condițiile utilizării modelului de calcul:



- 1) Efectele de torsiune și forfecare pot fi suprapuse, presupunând aceeași înclinație  $\theta$  pentru diagonale  $\rightarrow$  **același unghi  $\theta$  în fiecare perete**
- 2) Distribuția etrierilor este constantă de-a lungul elementului
- 3) barele longitudinale sunt distribuite în jurul secțiunii; din motive de calcul armatura longitudinală este concentrată în cele patru colțuri.
- 4)  $T_{Ed}$  este înlocuit de un flux de eforturi de forfecare  $t_{ef}\tau_t$

## 2.1 INTRODUCERE

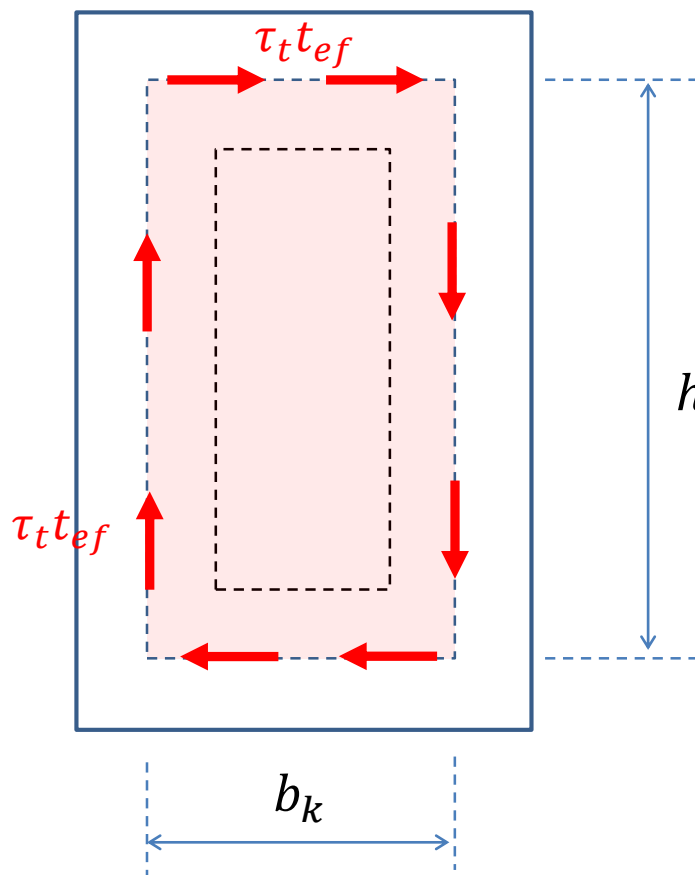
## 2.2 COMPORTAREA LA TORSIUNE

## 2.3 MODELUL DE CALCUL

## **2.4 CALCULUL LA TORSIUNE**

## 2.5 DETALIEREA ARMĂTURILOR

## Calculation for torsion / Calculul la torsiune



$$\Sigma T = 0$$

$$T_{Ed} = (\tau_t t_{ef}) \cdot h_k \cdot \frac{b_k}{2} \cdot 2 + (\tau_t t_{ef}) \cdot b_k \cdot \frac{h_k}{2} \cdot 2$$

Forța tăietoare  
pt peretele " $h_k$ "

Forța tăietoare  
pt peretele " $b_k$ "

$$h_k \approx z$$

$$T_{Ed} = 2(\tau_t t_{ef})A_k$$



$$\tau_t t_{ef} = \frac{T_{Ed}}{2A_k}$$

→ Forța tăietoare pt un peretele :

$$V_{Ed} = \tau_t t_{ef} z = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z$$

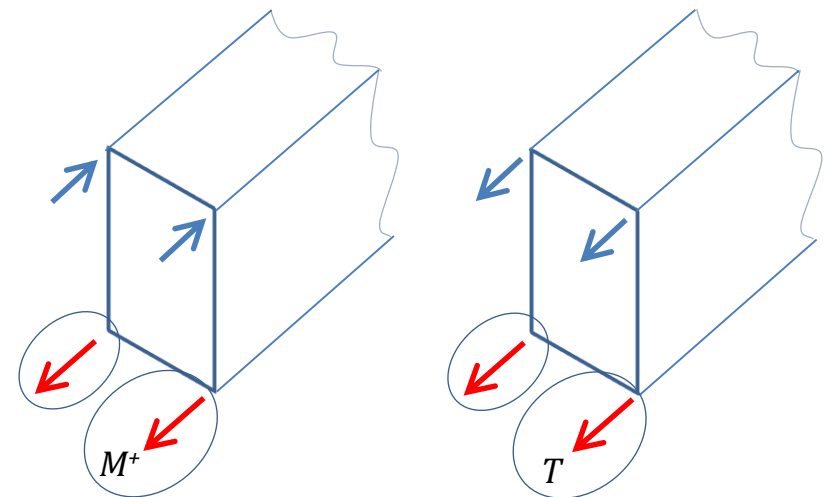
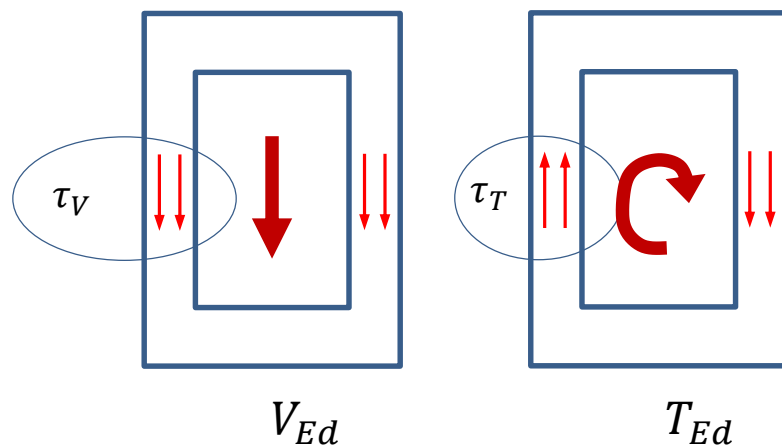
## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CAPACITATEA BIELELOR COMPRESIMATE

Elementele structurale sunt supuse la  $M_{Ed} + V_{Ed} + T_{Ed}$

→ sunt induse eforturi de forfecare

→ Trebuie considerate suprapunerea efectelor de torsiune și de forță tăietoare



## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CAPACITATEA BIELELOR COMPRESATE

## PENTRU SECȚIUNILE SOLIDE DE FORMĂ APROXIMATIV RECTANGULARĂ

este necesară calculul  
combinat pentru torsiune și  
forță tăietoare

← NO

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} \leq 1$$

YES →

Nu este necesară  
calculul armăturilor

unde

$$T_{Rd,c} = 2A_k t_{ef} f_{ctd}$$

- momentul de torsiune de fisurare, with  $\tau_t = f_{ctd}$

## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CAPACITATEA BIELELOR COMPRESATE

REZISTENȚA MAXIMĂ A UNUI ELEMENT SUPUS LA TORSIUNII ȘI FORȚĂ TĂIETOARE ESTE LIMITATĂ DE CAPACITATEA BIELELOR COMPRESATE DE BETON

Redimensionarea  
secțiunii  
transversale ← **NO**

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

**YES** → Pasul următor = calculul  
armăturilor

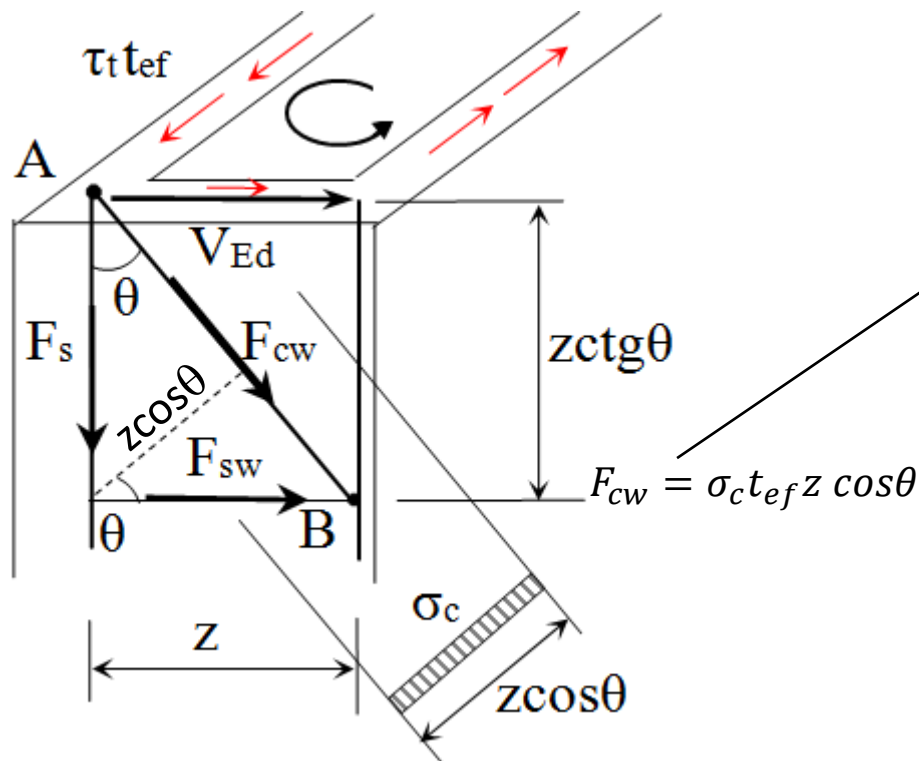
Note despre  $V_{Rd,max}$

- în secțiuni transversale solide se va folosi lățimea întreagă a secțiunii
- Pentru secțiuni chesonate  $b_w$  se va înlocui cu  $t_{ef}$

## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CAPACITATEA BIELELOR COMPRESATE

REZISTENȚA MAXIMĂ A UNUI ELEMENT SUPUS LA TORSIUNII ȘI FORȚĂ TĂIETOARE ESTE LIMITATĂ DE CAPACITATEA BIELELOR COMPRESATE DE BETON



$$\Sigma F_A = 0$$

$$V_{Ed} = F_{cw} \sin \theta \quad \rightarrow$$

$$F_{cw} = V_{Ed} / \sin \theta$$

$$V_{Ed} = \tau_t t_{ef} z = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z$$

$$\sigma_c t_{ef} z \cos \theta = \frac{T_{Ed}}{2A_k \sin \theta} z$$

$$\rightarrow T_{Ed} = 2A_k \sigma_c t_{ef} \sin \theta \cos \theta$$

Rezistența la torsiune dată de biela comprimată pentru  $\sigma_c = f_{cd}$

$$EC2: T_{Rd,max} = 2\alpha_{cw} \nu f_{cd} A_k t_{ef} \sin \theta \cos \theta$$

## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

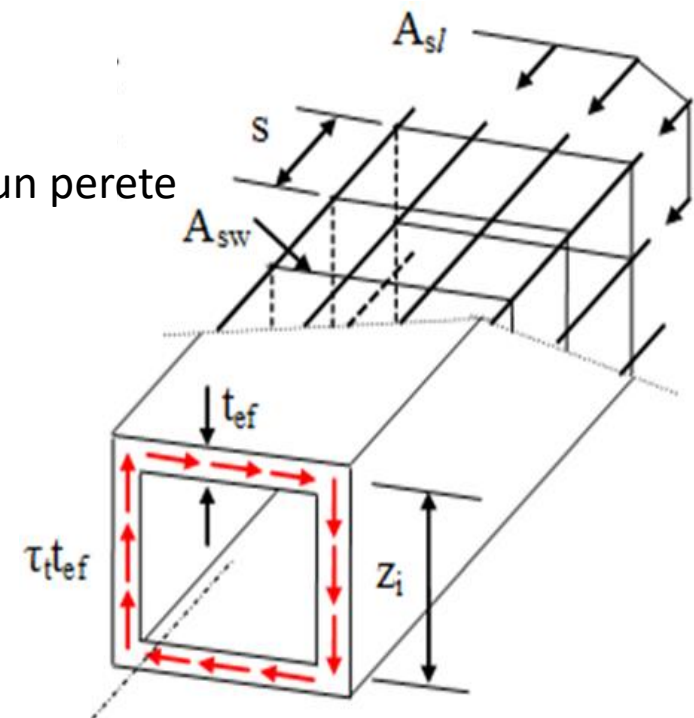
## CALCULUL ARMĂTURII LONGITUDINALE

$\frac{A_k}{u_k}$  - armătura longitudinală uniform distribuit pe perimetrul  $u_k$

$\frac{A_{sl}}{u_k} Z$  - armătura longitudinală pentru un perete

$\frac{A_{sl}}{u_k} Z \sigma_s$  - forța de întindere corespunzătoare pentru un perete

$$F_s = \frac{A_{sl}}{u_k} Z \sigma_s$$





## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CALCULUL ARMĂTURII LONGITUDINALE

$$\Sigma F_A = 0$$

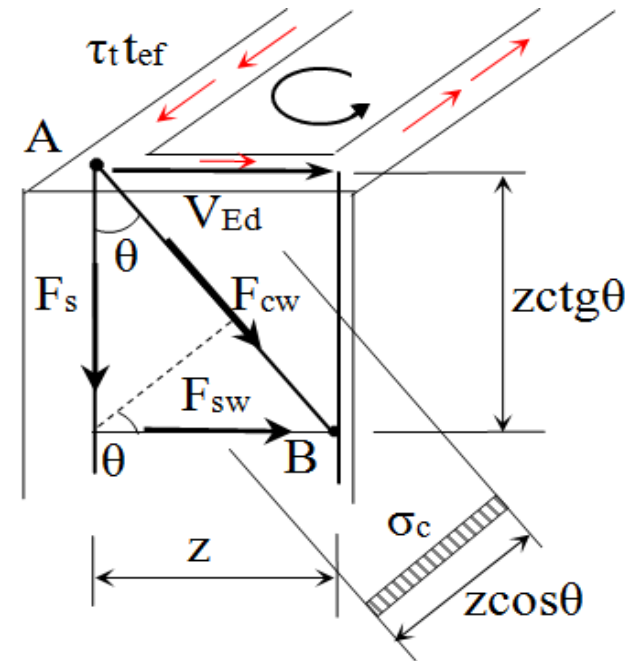
$$F_S = F_{cw} \cos \theta$$

$$F_{cw} = V_{Ed} / \sin \theta$$

$$F_S = V_{Ed} \cot \theta$$

dar 
$$V_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z$$

$$\rightarrow F_S = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z \cot \theta$$



## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CALCULUL ARMĂTURII LONGITUDINALE

$$F_S = \frac{A_{sl}}{u_k} z \sigma_s \quad \text{și} \quad F_S = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z \cot\theta$$

$$\frac{A_{sl}}{u_k} z \sigma_s = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z \cot\theta$$

$$T_{Ed} = 2A_k \underbrace{\frac{A_{sl}}{u_k} \sigma_s}_{\tan\theta}$$

Rezistența la torsiune dată de armăturile longitudinale pentru  $\sigma_s = f_{yd}$

$$\rightarrow T_{Rd,sl} = 2A_k \frac{A_{sl}}{u_k} f_{yd} \tan\theta$$

Aria necesară ale barelor longitudinale se obține din  $T_{Rd,sl} = T_{Ed}$

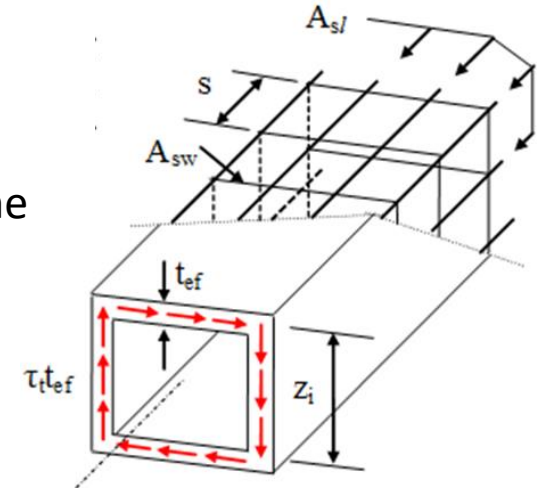
$$\rightarrow A_{sl} = \frac{T_{Ed} u_k}{2A_k f_{yd}} \cot\theta$$

## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

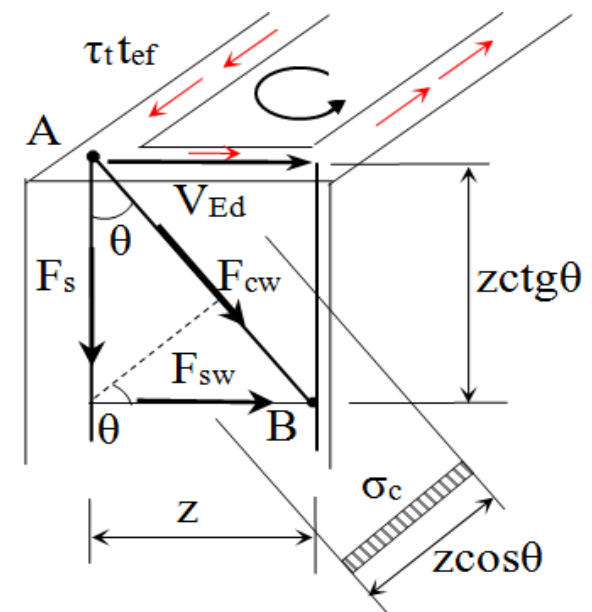
## CALCULUL ETRIERILOR

$\frac{A_{sw}}{s}$  - aria etrierului distribuit pe unitatea de lungime

$\frac{A_{sw}}{s} z \cot\theta$  - aria tuturor etrierilor pe lungimea  $z \cot\theta$



$$\rightarrow F_s = \frac{A_{sw}}{s} z \sigma_s \cot\theta$$



## Calculation for torsion / Calculul la torsiune

## CALCULUL ETRIERILOR

$$\Sigma F_B = 0$$

$$F_{sw} = F_{cw} \sin \theta$$

$$V_{Ed} = F_{cw} \sin \theta$$

$$\rightarrow \begin{array}{ccc} V_{Ed} = F_{sw} \\ \downarrow \quad \downarrow \end{array}$$

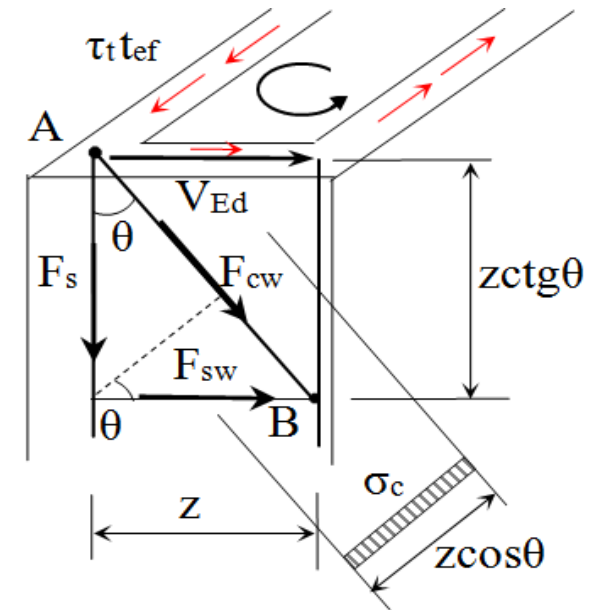
$$\frac{T_{Ed}}{2A_k} z = \frac{A_{sw}}{s} z \sigma_s \cot \theta$$

Pentru  $\sigma_s = f_{ywd}$  se obține rezistența la torsiune

$$T_{Rd,sw} = \frac{2A_{sw}A_k}{s} f_{ywd} \cot \theta$$

Necesarul de etrieri se obține din  $T_{Rd,sw} = T_{Ed}$

$$\rightarrow \left( \frac{A_{sw}}{s} \right)_{nec} = \frac{T_{Ed}}{2A_k f_{ywd}} \tan \theta$$



## 2.1 INTRODUCERE

## 2.2 COMPORTAREA LA TORSIUNE

## 2.3 MODELUL DE CALCUL

## 2.4 CALCULUL LA TORSIUNE

## **2.5 DETALIEREA ARMĂTURILOR**

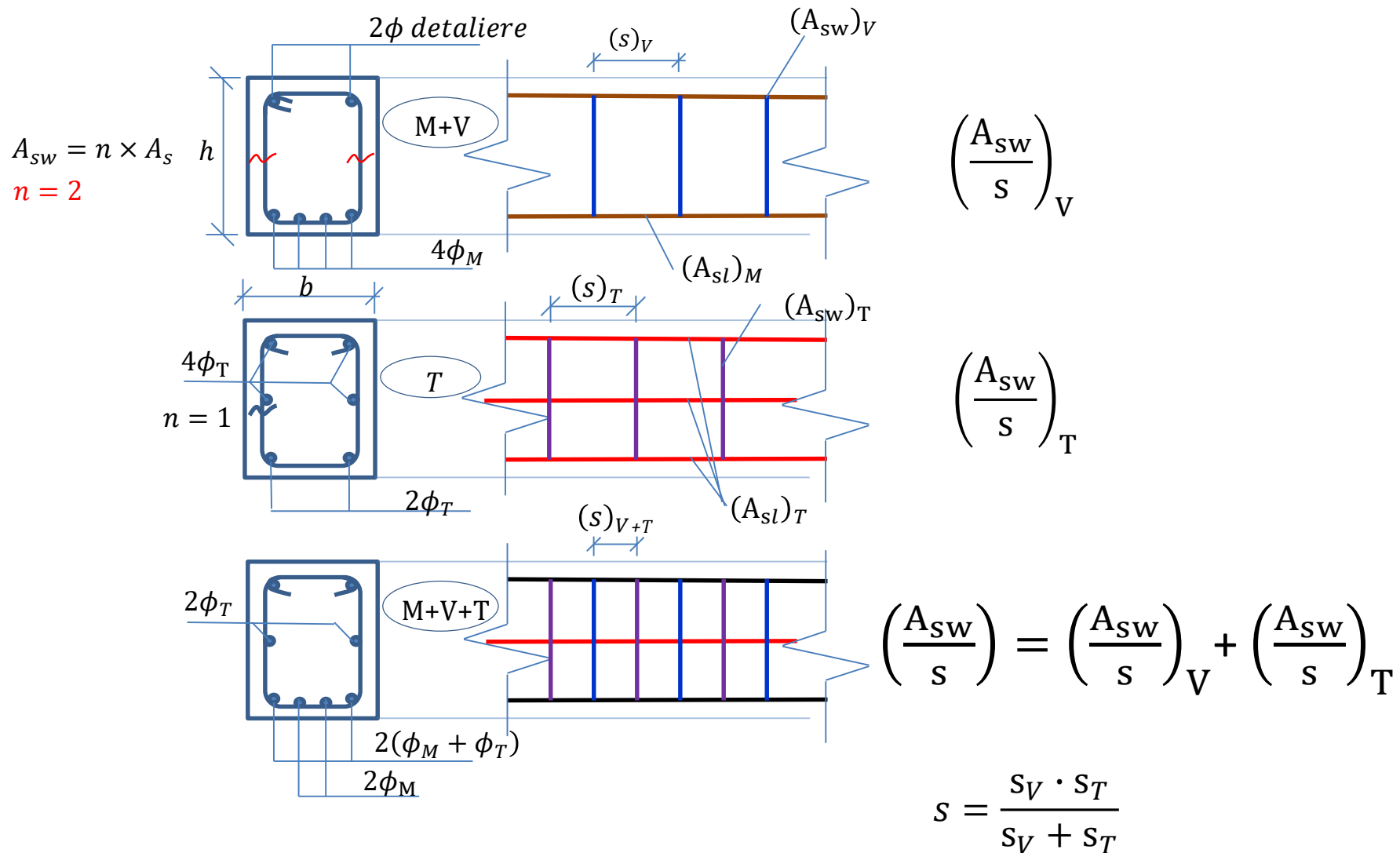
## Detailing of reinforcement / Detalierea armăturilor

Elementele structurale sunt supuse la  $M_{Ed} + V_{Ed} + T_{Ed}$

→ Trebuie considerate suprapunerea efectelor de torsiune și de forță tăietoare

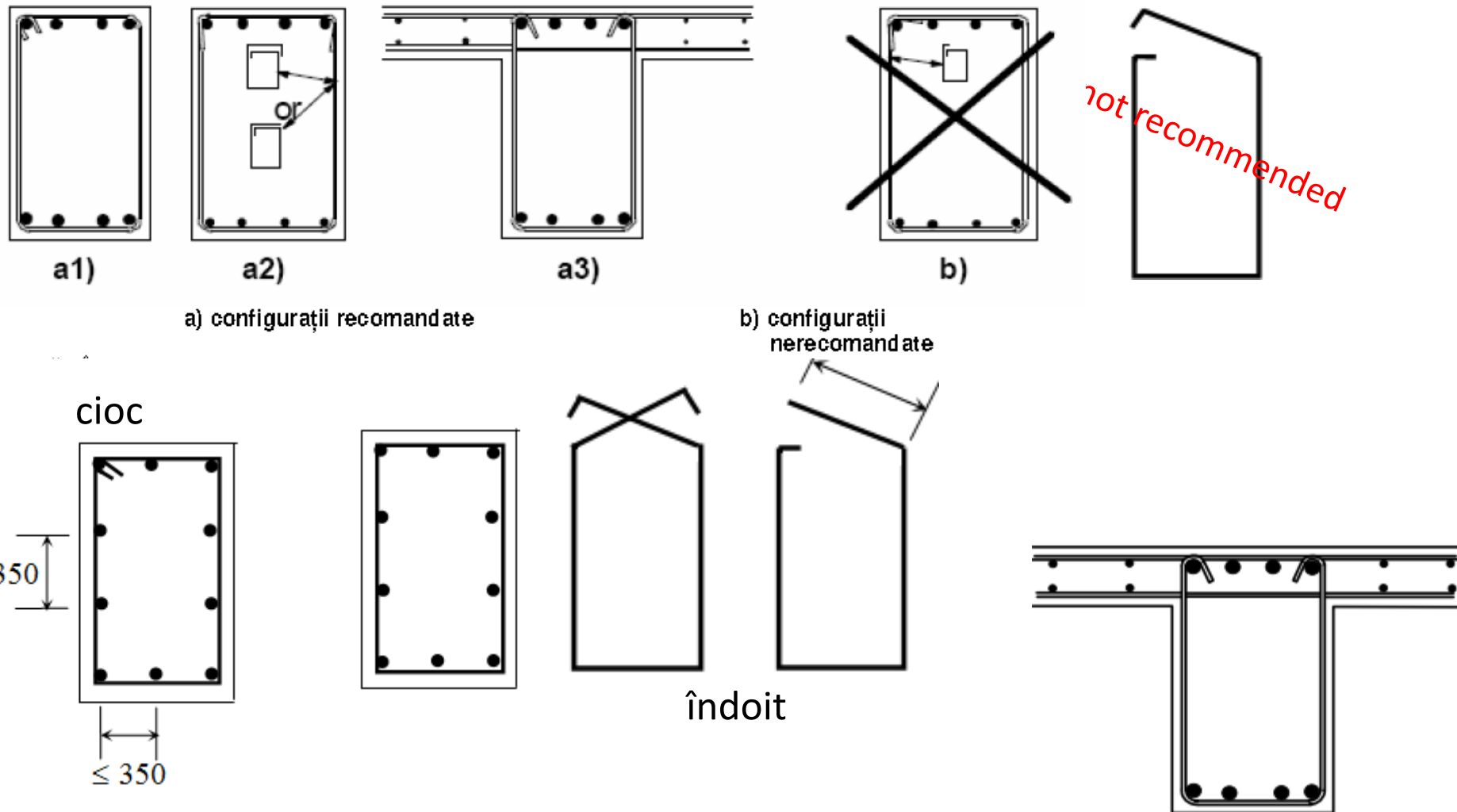
$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	$\Sigma$
$A_s$	-	$A_{sl}$	$A_s + A_{sl}$
-	$(A_{sw}/s)_V$	$(A_{sw}/s)_T$	$(A_{sw}/s)_{V+T}$

## Detailing of reinforcement / Detalierea armăturilor



## Detailing of reinforcement / Detalierea armăturilor

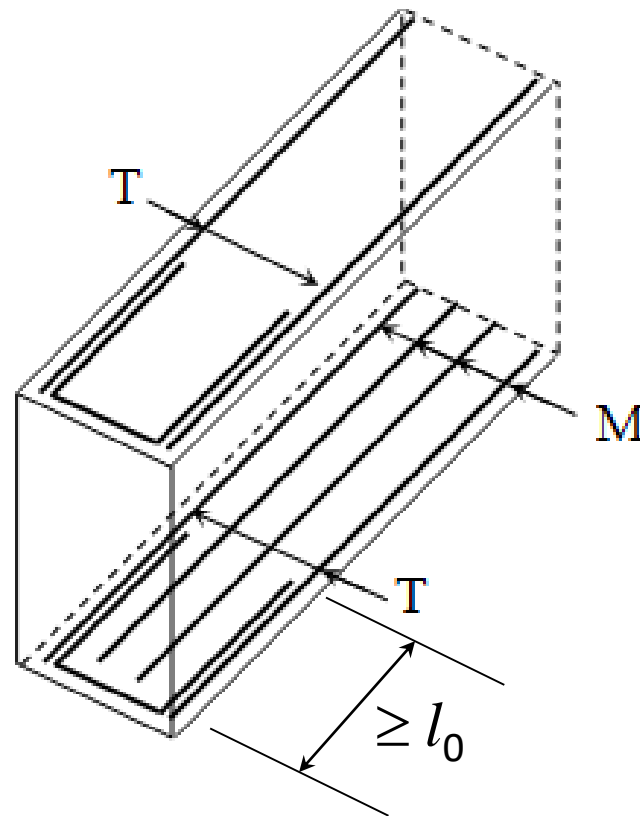
Etrierii de torsiune sunt închiși și ancorați prin suprapuneri sau ciocuri, perpendiculari pe axa elementului structural



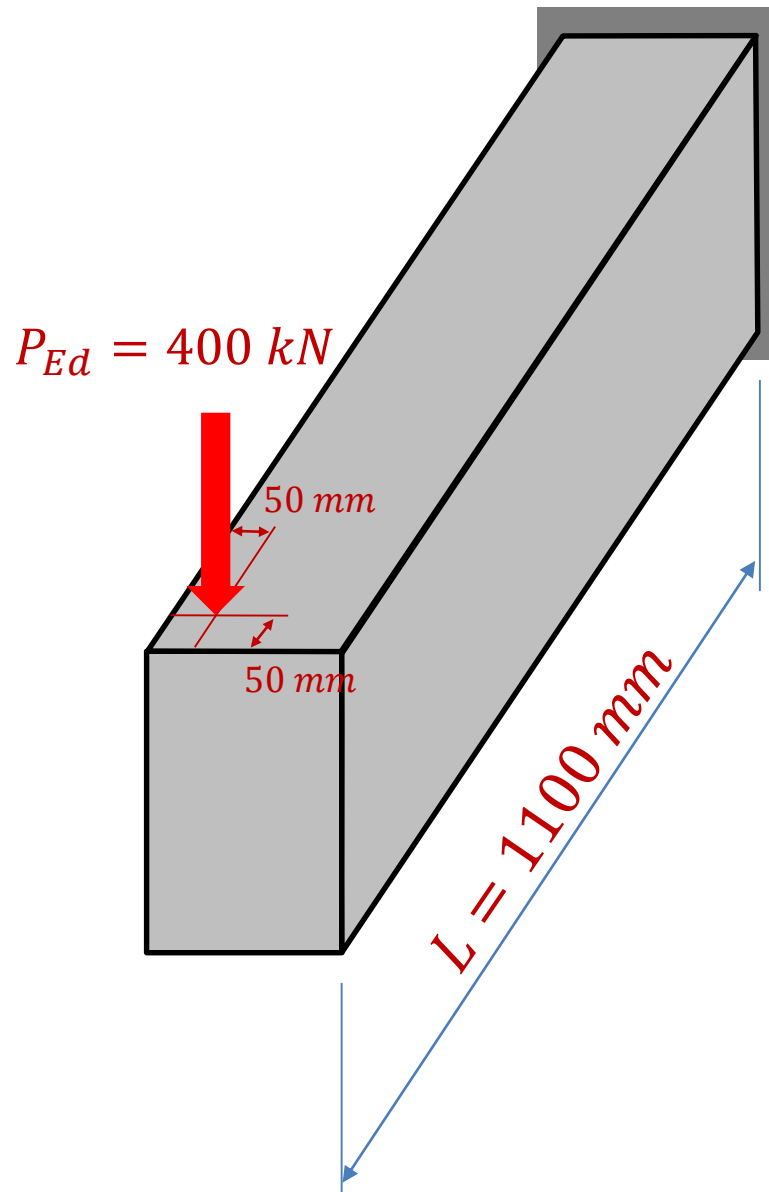


## Detailing of reinforcement / Detalierea armăturilor

Pentru a ancora barele din colț se vor utiliza armături cu forme speciale (furci)



# THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



**Dr. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Professor*

**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