

Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás

Professor

E-mail:

tamas.nagy-gyorgy@upt.ro

Tel:

+40 256 403 935

Web:

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

Office:

A219

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

1. Introduction / Introducere

INTRODUCERE

Două metode de calcul pentru beton

Proiectarea convențională, unde ipotezele secțiunilor plane a lui Bernoulli sunt valabile

- Determinare diagramelor de moment/forță tăietoare
- Dispunerea armăturilor în zonele întinse

În zonele cu discontinuități statice → Procedeul modelului de bare (PMB)

- analiza stării de tensiune în domeniul elastic
- stabilirea modelului de bare și definirea forțelor de întindere și de compresiune (diagonale și montați)
- dimensionarea ariilor de armătură din barele întinse și verificarea compresiunilor în beton

1. Introduction / Introducere

Procedeul modelului de bare (PMB) este o abordare care **consideră simultan toate efectele** de încărcare (M, N, V, T)

Procedeul modelului de bare (PMB) este o metodă de dimensionare utilă pentru structuri de **beton armat** cu elemente **sensibile la forfecare** sau cu **zone cu discontinuități**

- PMB **oferă modele** de bare **adecvate și simplificate** pentru a reprezenta un fenomen structural complex

- Pe baza tehnicilor și regulilor existente, pentru o anumită situație pot fi alcătuite **mai multe modele de bare** (nu este doar un unic PMB!)

- **Forma** unui PMB **depinde de geometria** elementelor, de **încărcările** aplicate și de **poziția lor**, respectiv și de **schema statică**, concepute astfel încât să respecte toate regulile specifice legate de diagonale, montanți și noduri

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

2. History of the STM / Istoria PMB

Istoria procedurii modelului de bare

Walter Ritter (1899) Elveția

Emil Mörsch (1902) Germania

→ au introdus bazele PMB

Collins & Mitchell (1980) Canada

→ O metodă de proiectare pentru forfecare și torsiune pentru regiunile unei structuri în care se ipoteza lui Bernoulli e aplicabil

Schlaich et al (1987, 1991) Germania

→ Date experimentale bazate pe PMB, pe "regula degetului mare" (rule of thumb) (un ghid sau principiu general, bazat pe practică decât pe teorie) și pe experiențe de proiectare anterioare, pe modele fizice care sunt mai ușoare de înțeles

→ Flexibilitate pentru proiectanți de a atinge soluțiile cele mai ieftine sau cele mai sigure

Collins and Mitchell (1991)

MacGregor (1992)

2. History of the STM / Istoria procedeiului modelului de bare

PMB s-a introdus în norme/coduri:

AASHTO (1994)

American Association of State Highway and Transportation Officials

ACI 318-02

American Concrete Institute

EC2 - 2004

Eurocode 2

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

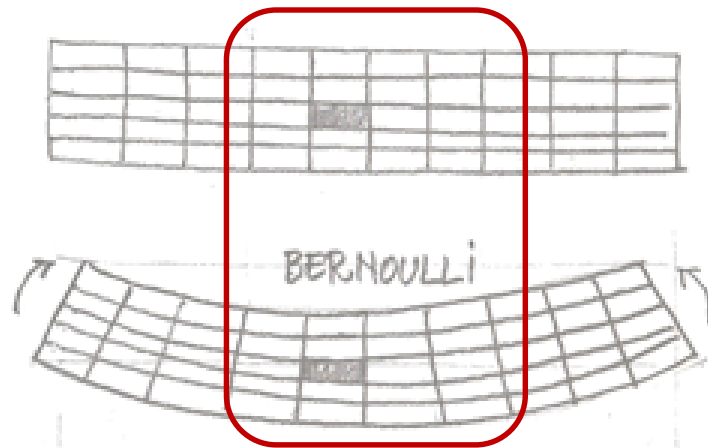
3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

O structură de rezistență poate fi împărțită în 2 tipuri de zone:

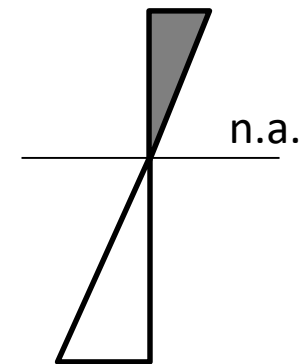
1) zone de tip B (din Bernoulli sau Beam)

→ acele părți ale elementului structural în care se admite valabilitatea ipotezei secțiunilor plane a lui Bernoulli \Leftrightarrow secțiunile plane rămân plane și după încovoiere

→ facilitează proiectarea la încovoiere a structurilor din beton armat, permițând o distribuție liniară a deformațiilor specifice în toate stadiile etapele de încărcare, inclusiv la capacitatea ultimă la încovoiere

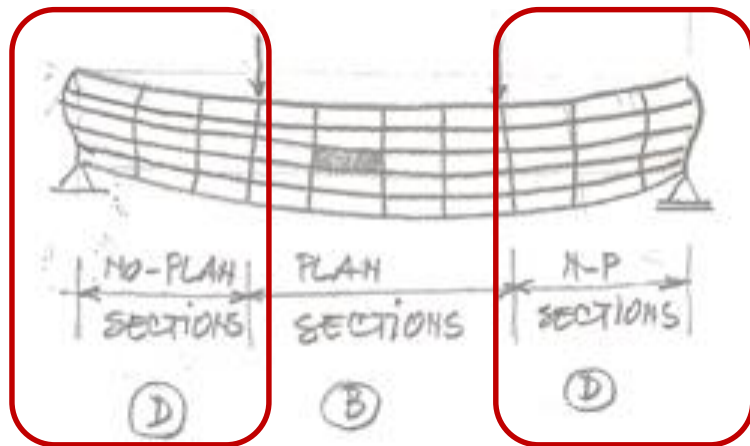


încovoiere pură

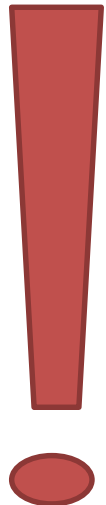


3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

2) zone de tip D (din Discontinuitate sau Disturbance = perturbație)
 → regiuni/zone unde **teoria grinzilor nu se este valabilă** (distribuție neliniară a deformațiilor)



încovoiere & forfecare



3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

2) zone de tip D (din Discontinuitate sau Disturbance = perturbație)

→ regiuni/zone unde **teoria grinzilor nu se este valabilă** (distribuție neliniară a deformațiilor)

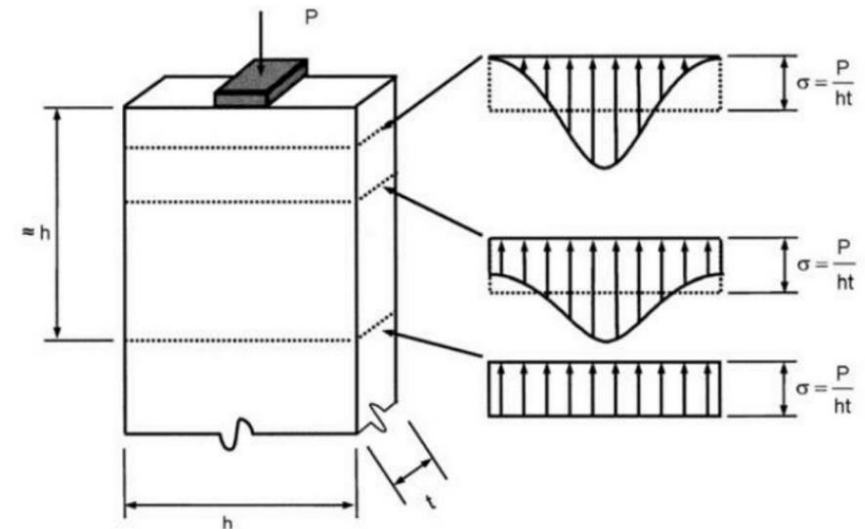
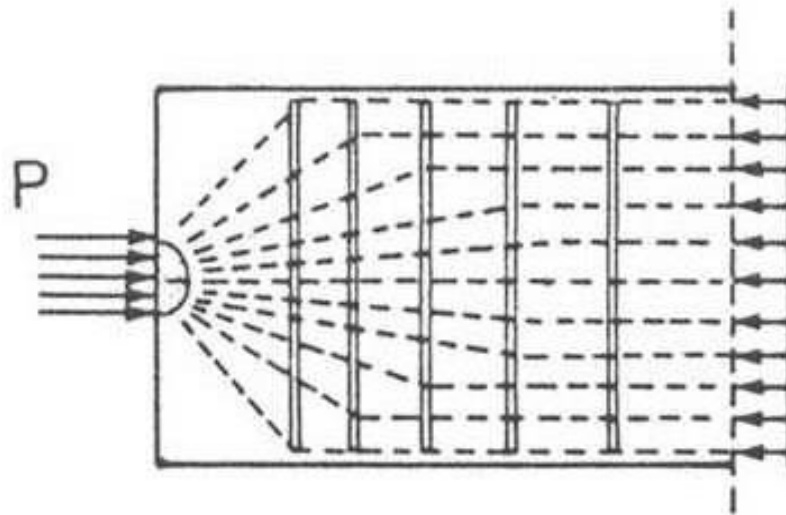
→ apar în regiuni/**zone** cu **discontinuități geometrice** (modificărilor de secțiune) sau **statice** (reazeme sau forțe concentrate).

→ Distribuția deformațiilor specifice pentru aceste secțiuni nu vor fi lineare, iar lungimea lor de obicei va fi determinată de **principiul lui Saint-Venant**

3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).



"The stress due to axial load and bending approach a linear distribution at a distance approximately equal to the maximum cross-sectional dimension of a member, h , in both directions, away from a discontinuity"

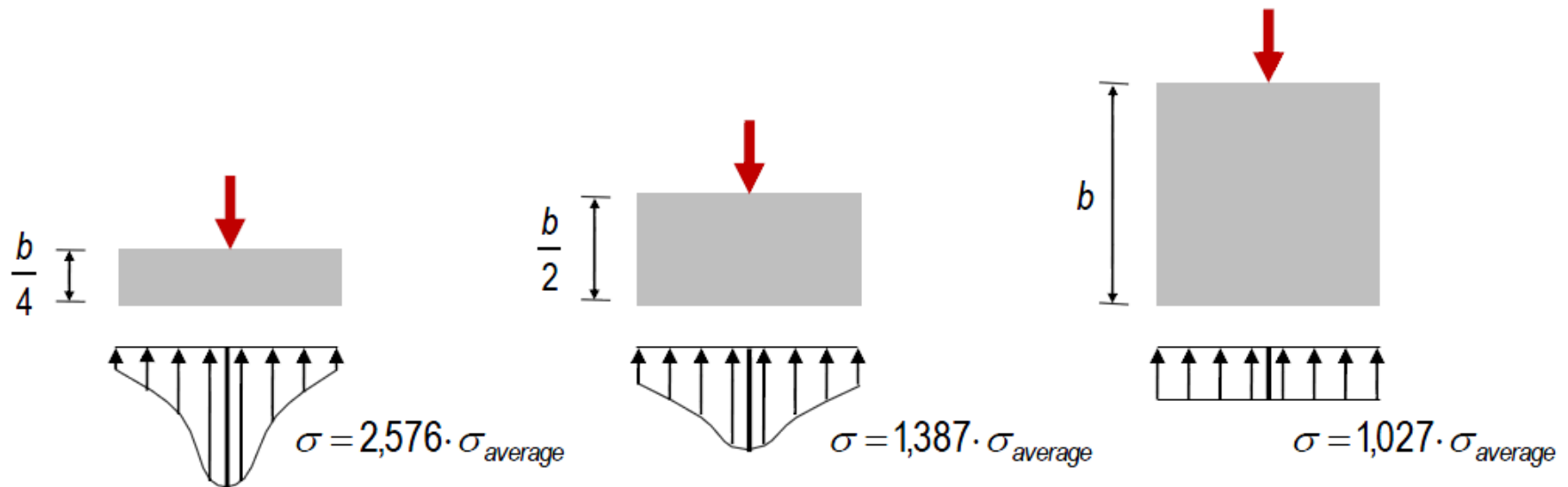
(Brown et al. 2006).

Activate Windows
Go to PC settings to activate Windows

3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).

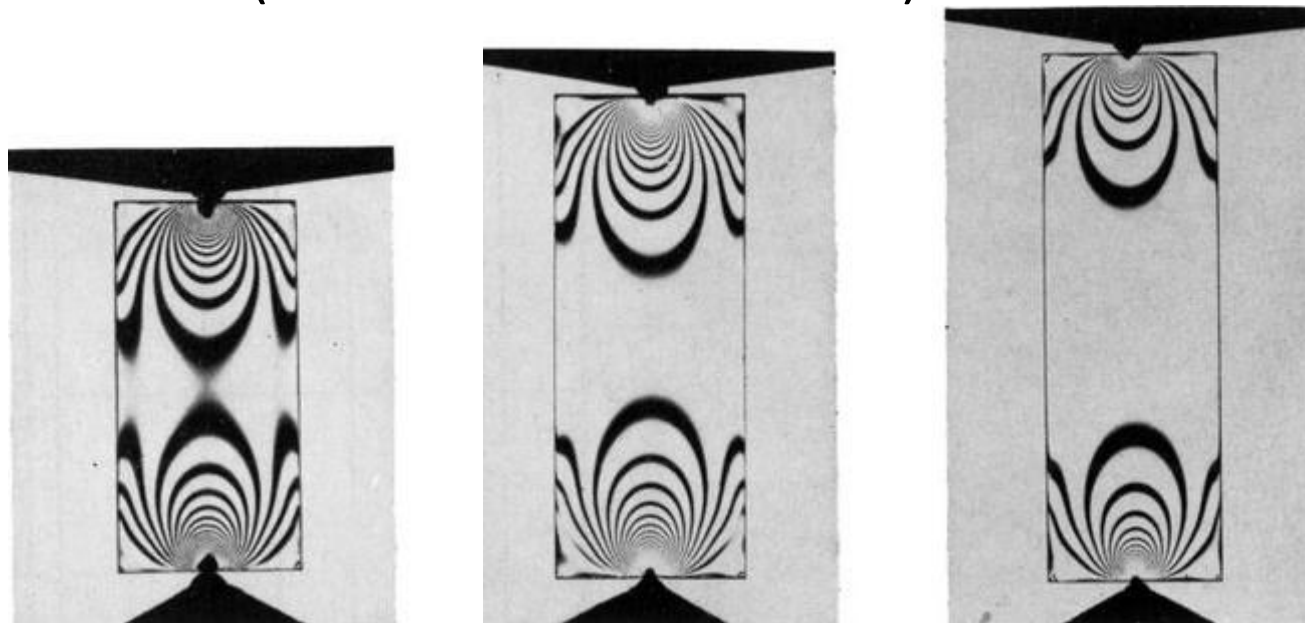


(Prof. Kovács I., DE)

3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).



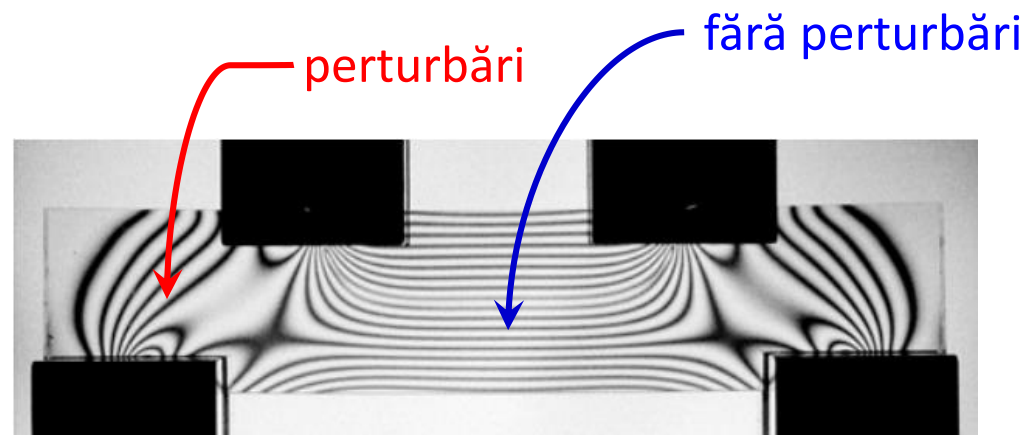
→ Perturbația se extinde pe o lungime egală cu cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale

(Prof. Clipii T.)

3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).

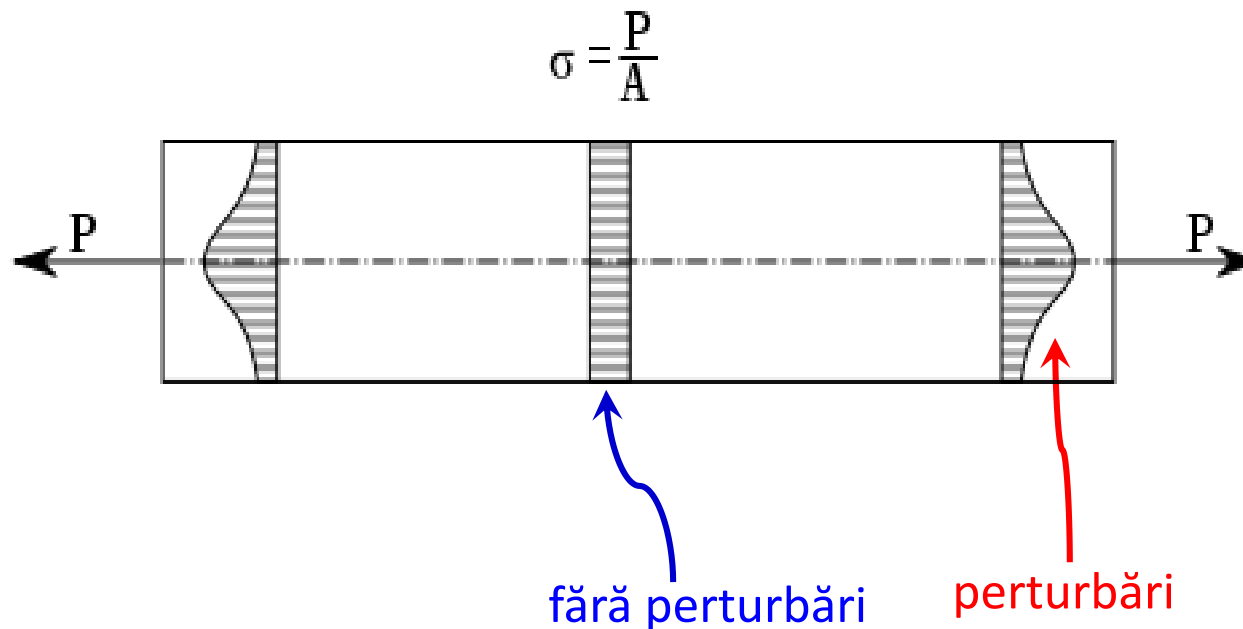


(Prof. Clipii T.)

3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

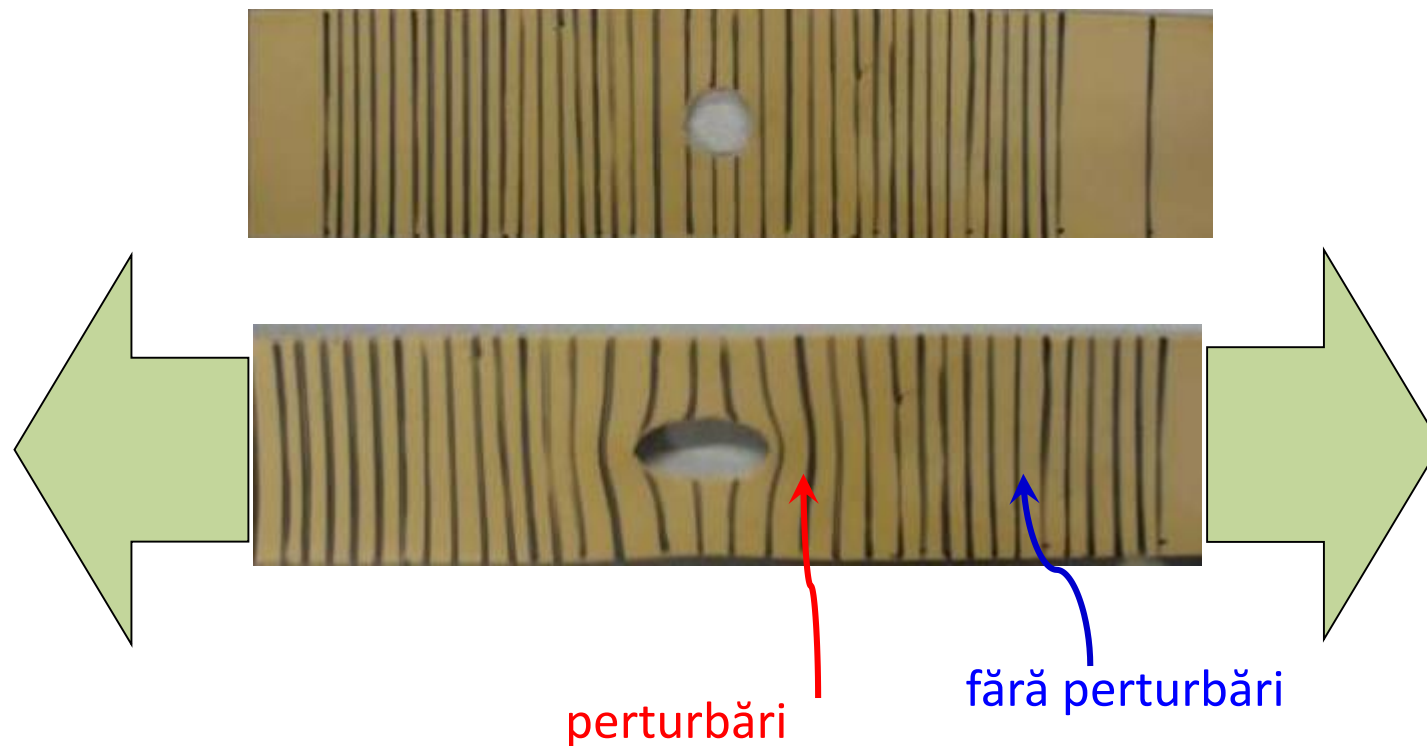
→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).



3. Regions in the structural elements / Zone în elemente structurale

Principiul Saint-Venant

→ la distanță suficientă de locul de aplicare, efectele a două forțe având aceeași intensitate sunt aceleași, chiar dacă ele sunt aplicate în mod diferit (concentrat sau distribuit).



(Prof. Clipii T.)

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. REGIONS IN THE STRUCTURAL ELEMENTS

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

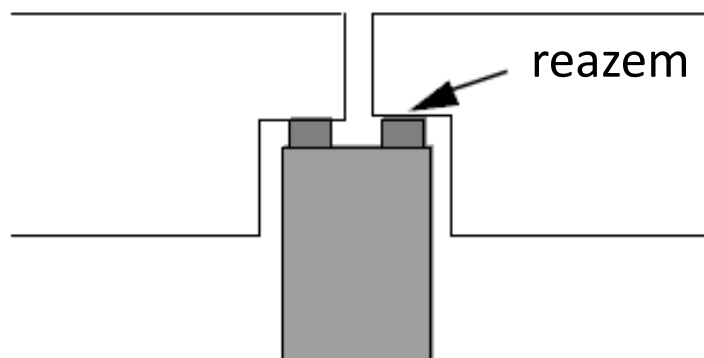
6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

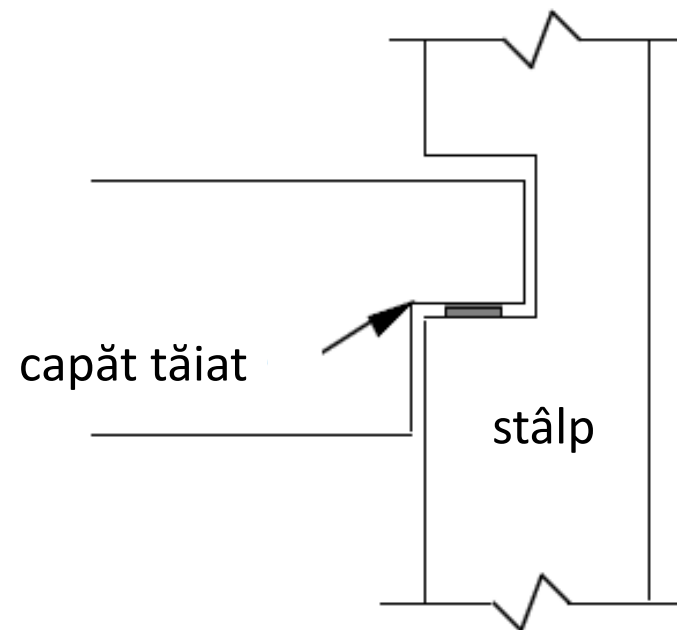
DISCONTINUITĂȚI GEOMETRICE

1. Modificarea secțiunii transversale

→ capăt tăiat



Grindă pe grindă



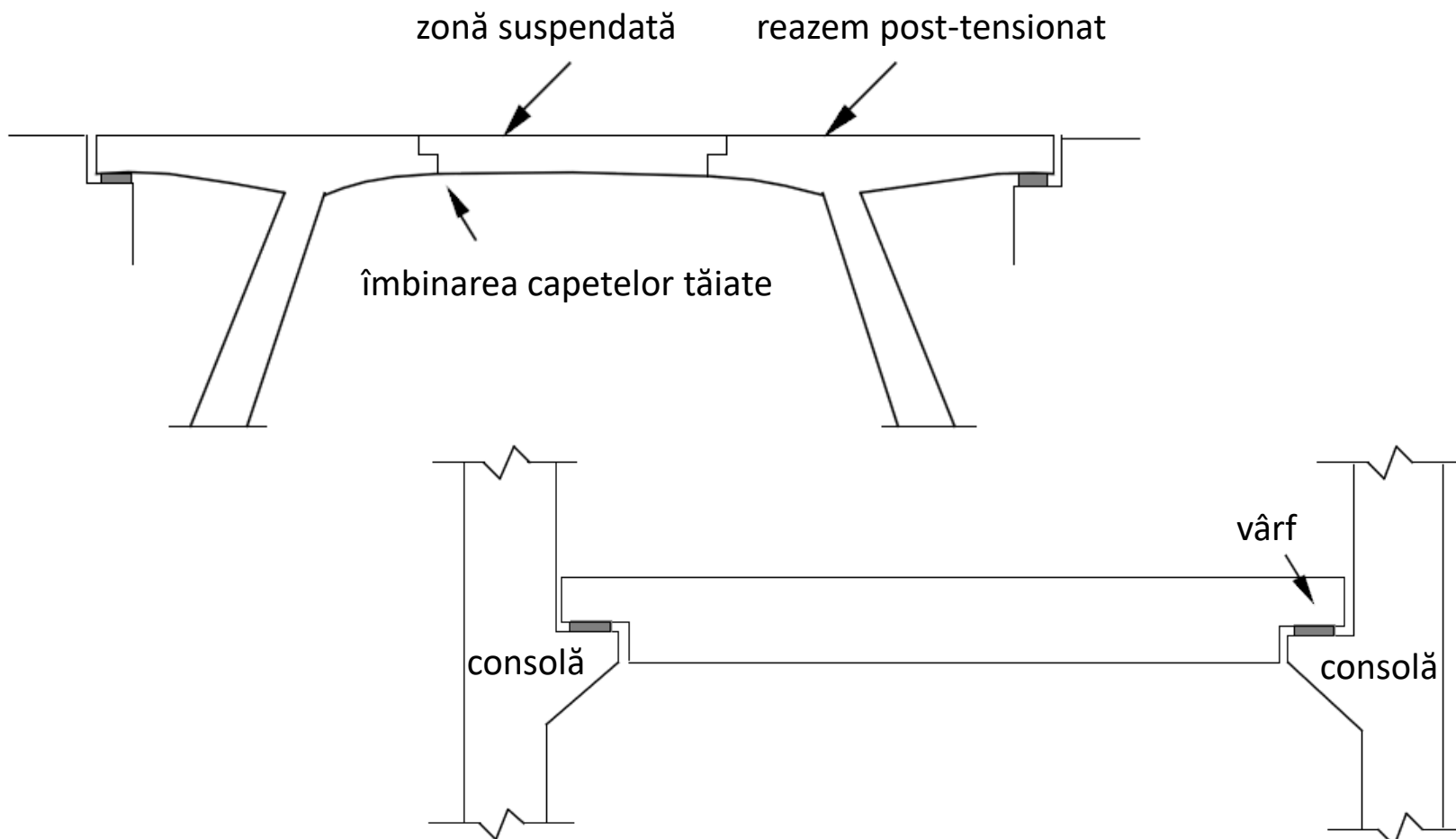
Grindă pe stâlp

(Prof. Clipii T.)

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI GEOMETRICE

1. Modificarea secțiunii transversale → capăt tăiat



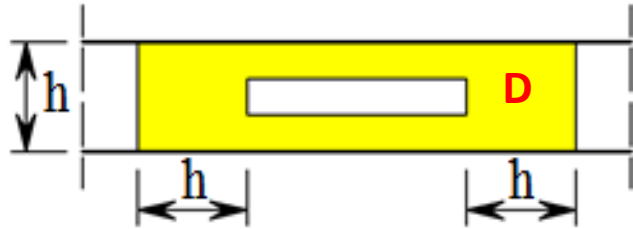
(Prof. Clipii T.)

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI GEOMETRICE

2. Goluri în inima elementului

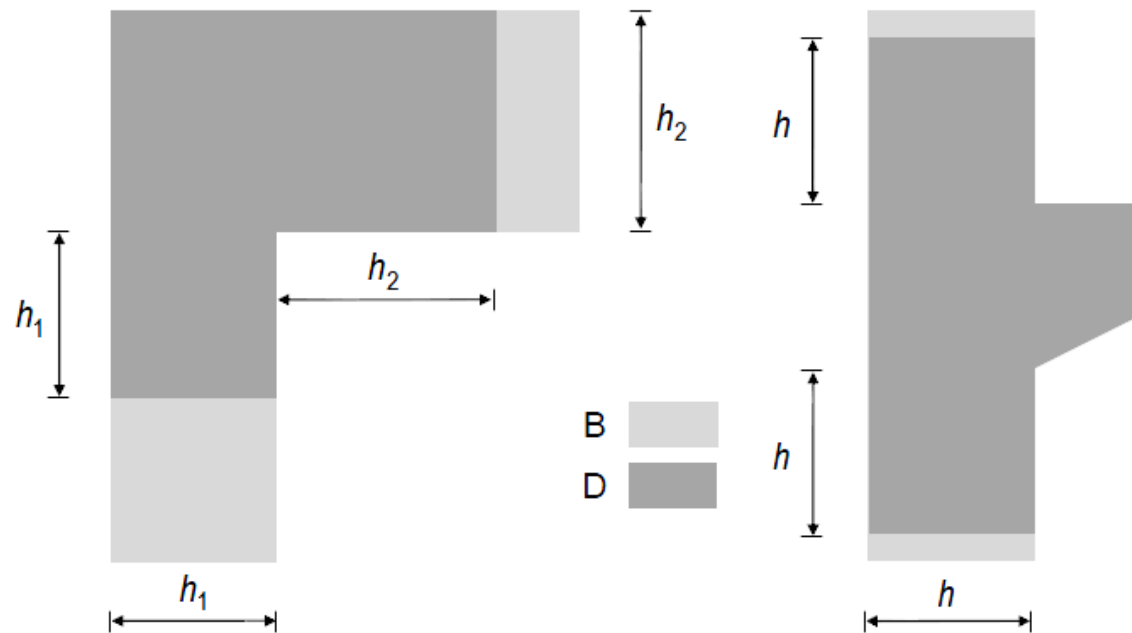
→ instalații



4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI GEOMETRICE

3. Noduri structurale, intersecții → console, noduri de cadru

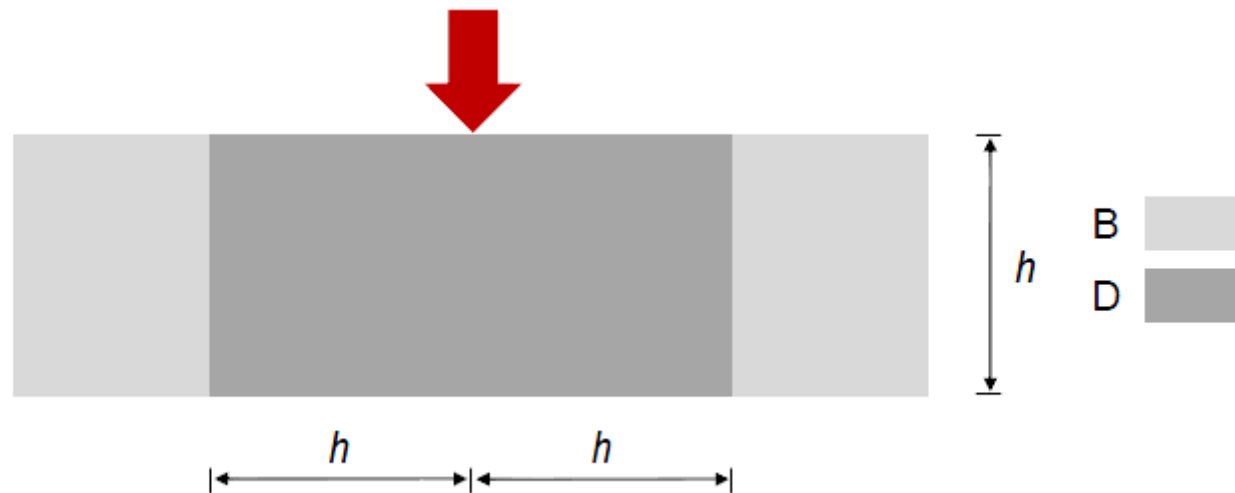


(Prof. Kovács I., DE)

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI STATICE

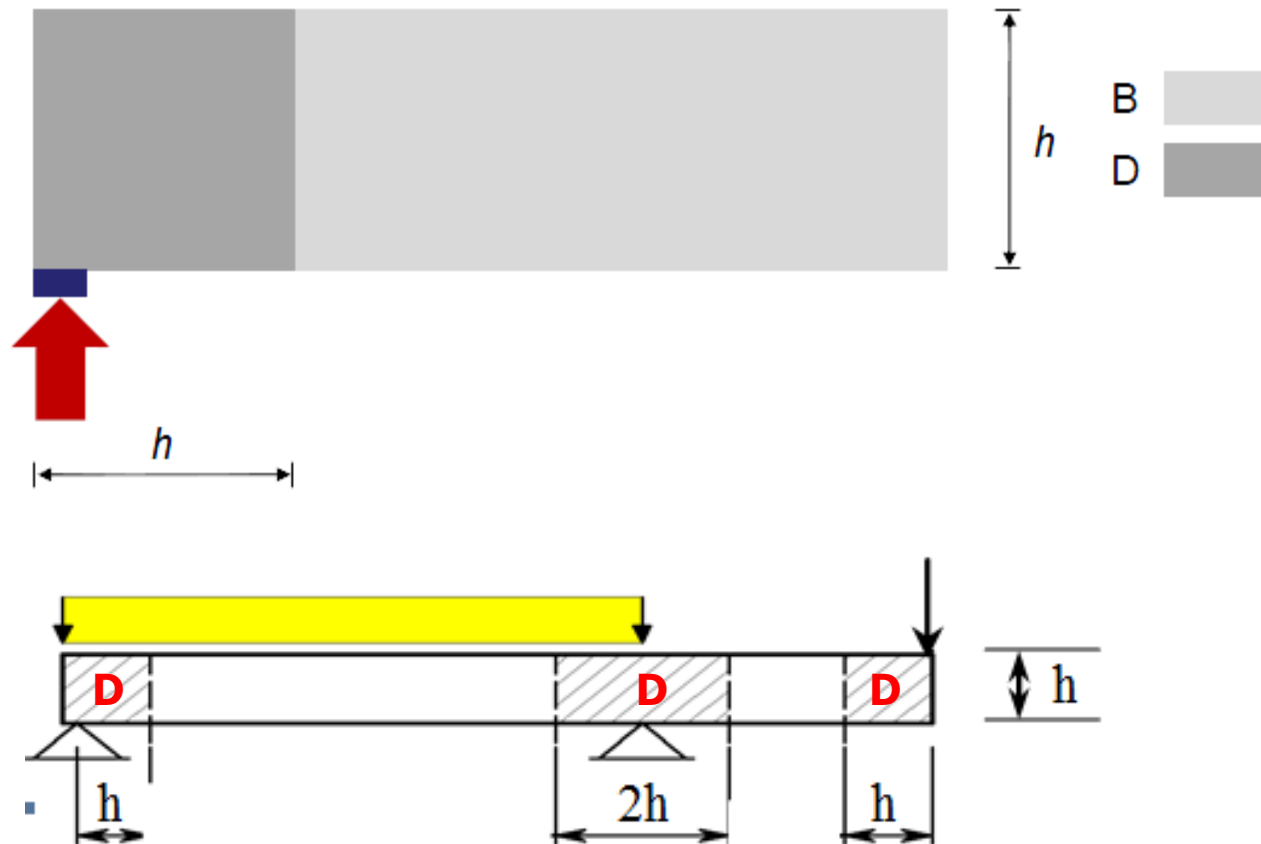
1. Forțe concentrate

*(Prof. Kovács I., DE)*

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI STATICE

2. Zona reazemelor

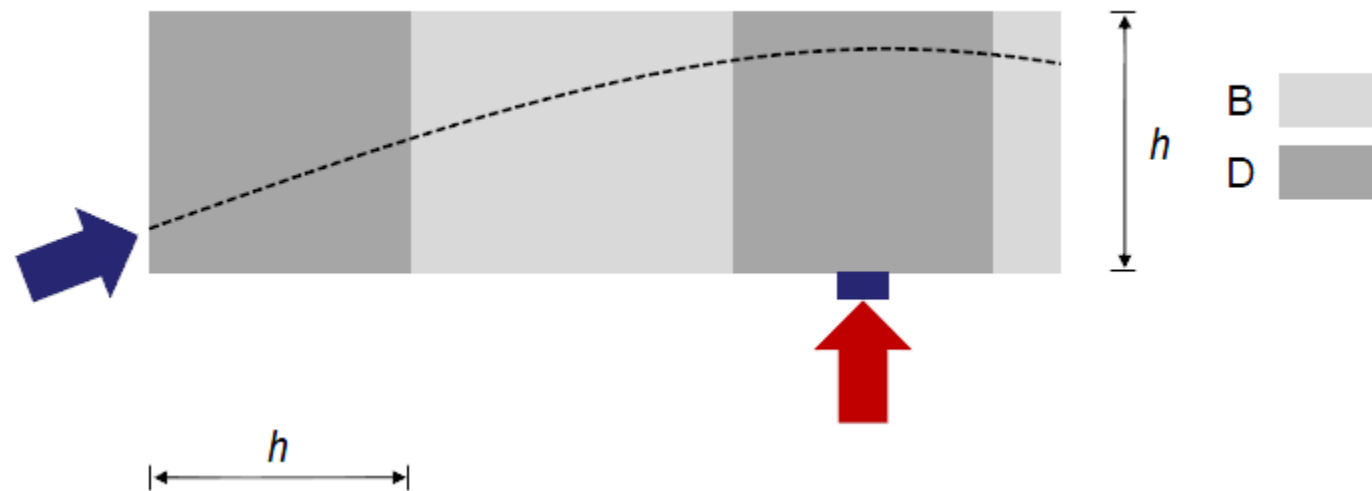


(Prof. Kovács I., DE)

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI STATICE

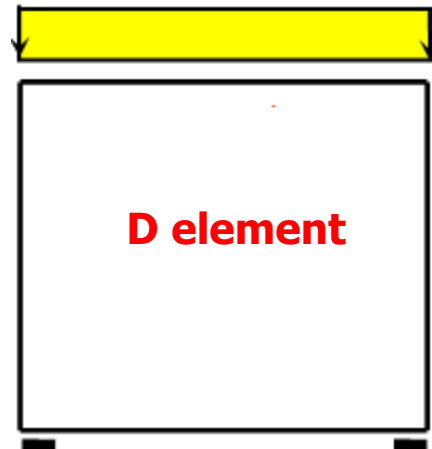
3. Capătul elementelor posttensionate



4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI STATICE

4. Grinzi pereți



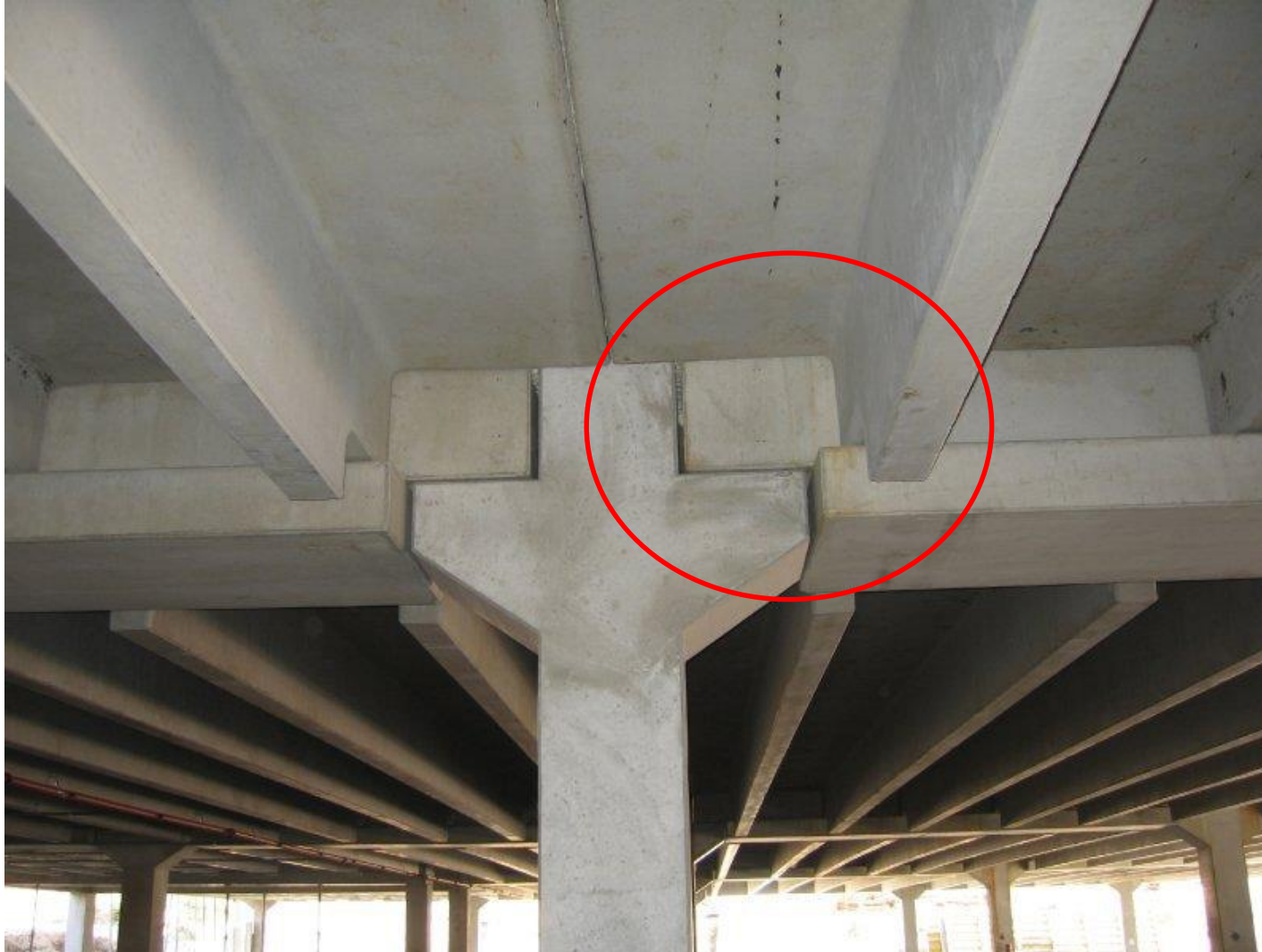
Grindă perete



(Prof. Clipii T.)

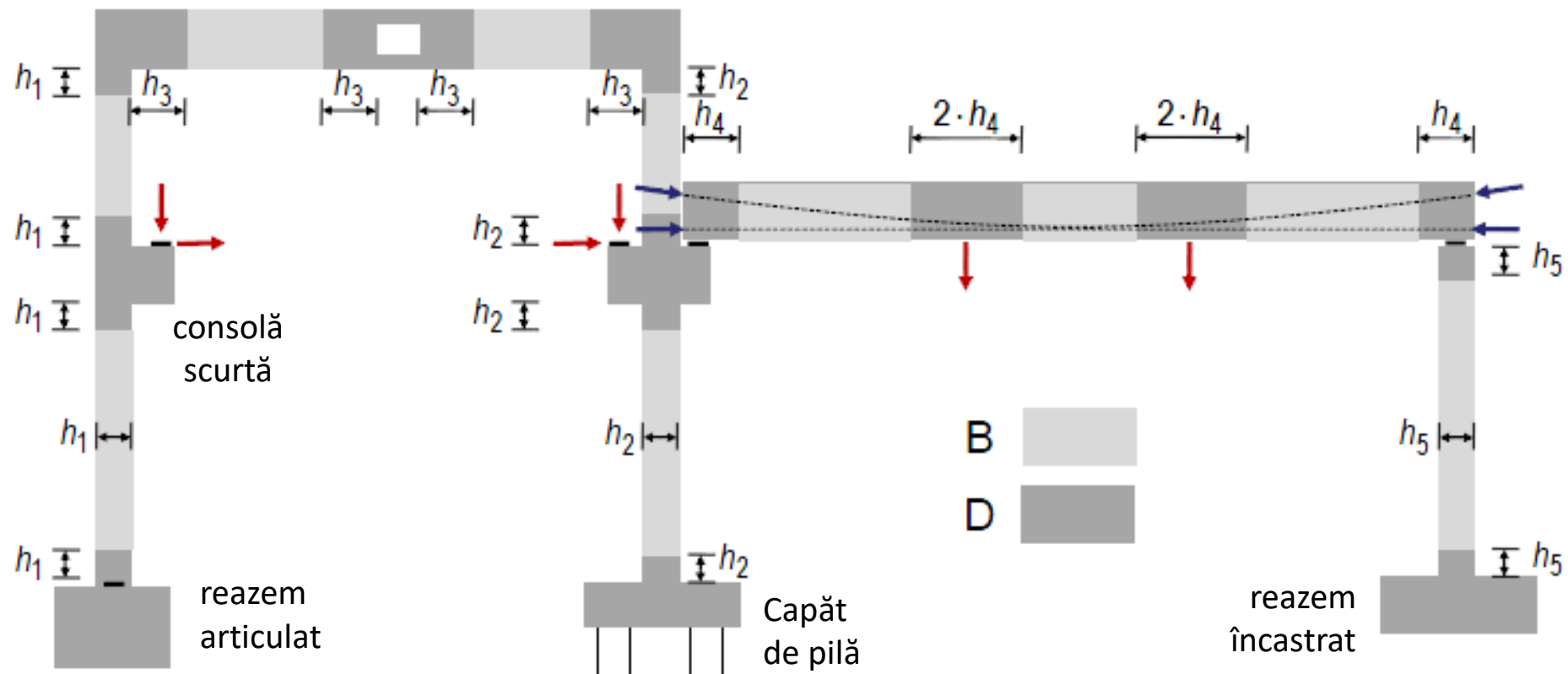
4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

DISCONTINUITĂȚI STATICE ȘI GEOMETRICE



4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

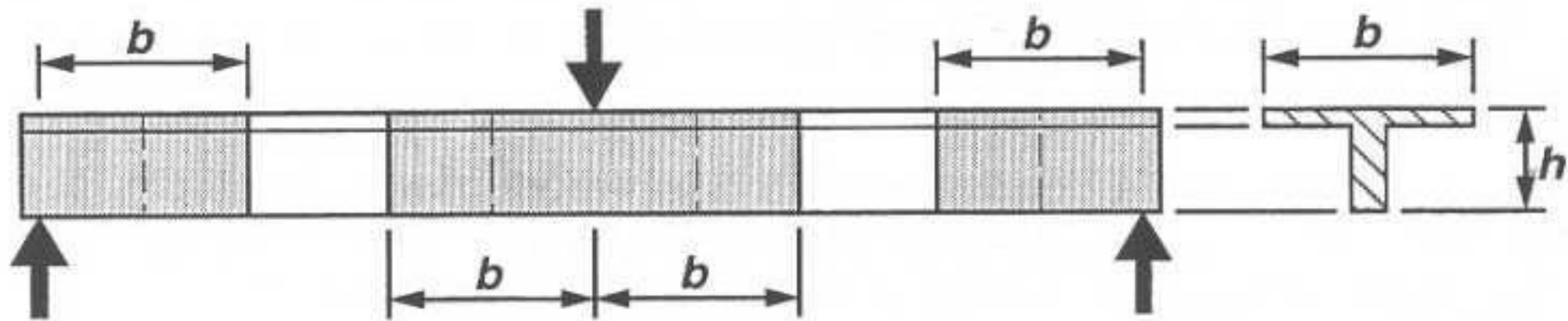
ZONE CU DISCONTINUITĂȚI (D-REGIONS)



(Prof. Kovács I., DE)

4. Samples of discontinuities / Exemple de discontinuități

ZONE CU DISCONTINUITĂȚI (D-REGIONS)



b) Secțiuni T

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D

Design of B & D Regions

- Calculul regiunii B (Bernoulli) este bine stăpânită, iar comportarea la încovoiere poate fi prezisă prin calcule simple
- Chiar și pentru cele mai recurente cazuri ale regiunilor D (cum ar fi grinzile pereți sau consolele), abilitatea inginerilor de a prezice capacitatea este fie foarte deficiatar (empiric), fie necesită un efort de calcul substanțial (analiza cu elementelor finite) pentru a ajunge la o estimare apropiată a capacității !!!!!

5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D

Regiunile D sunt sigure dacă:

- Cel mai mare efort de compresiune în reazem este $< 0,6f_{cd}$
- Toate forțele de întindere sunt preluate de armături
- Lungimile de ancoraj prevăzute sunt suficiente

(Prof. Clipii T.)

5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D

PMB în Eurocode 2

→ oferă foarte puțin ajutor în utilizarea PMB, care acoperă în principal prevederile legate de rezistențele efective ale betonului pentru diferitele situații

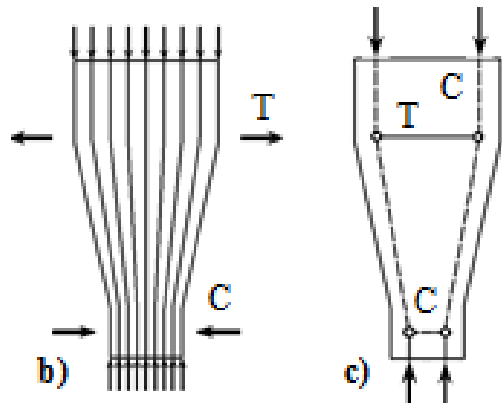
→ Oferă îndrumări pentru stabilirea valorilor efective ale rezistenței betonului care trebuie utilizată în zăbrele și noduri pentru o anumită condiție a forțelor interioare și a unor aranjamente

Table 1. EC2 design concrete compressive strength provisions for STM elements

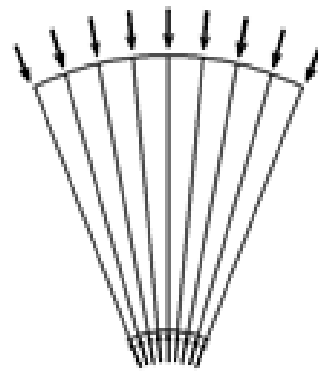
STM Element	Effective concrete strength	
Strut	Without transverse tension f_{cd}	With transverse tension $0.6 v' f_{cd}$
Node	Compression node without ties (C-C-C) $v' f_{cd}$	Compression node with ties in one direction (C-C-T) $0.85 v' f_{cd}$

where f_{cd} is the design concrete strength; $v' = 1 - f_{ck}/250$; f_{ck} is the concrete cylinder strength.

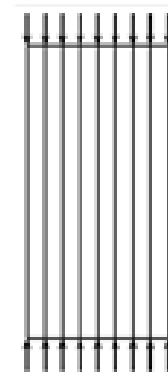
5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D



BOTTLE NECK – important
Transversal Tensile Forces



FAN – negligible TTF



PRISM – no TTF

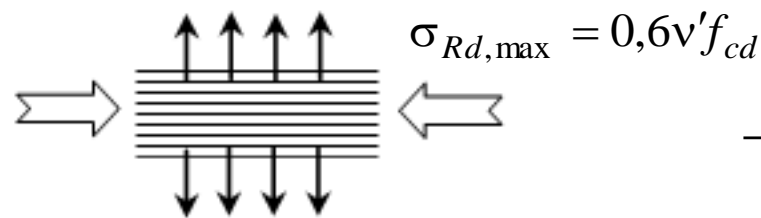
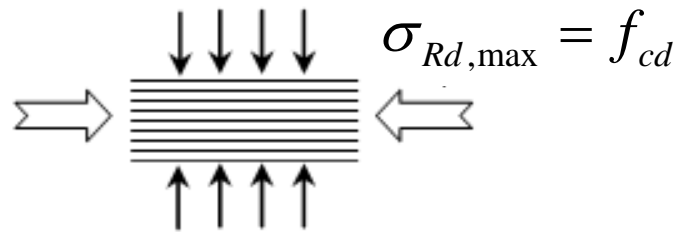
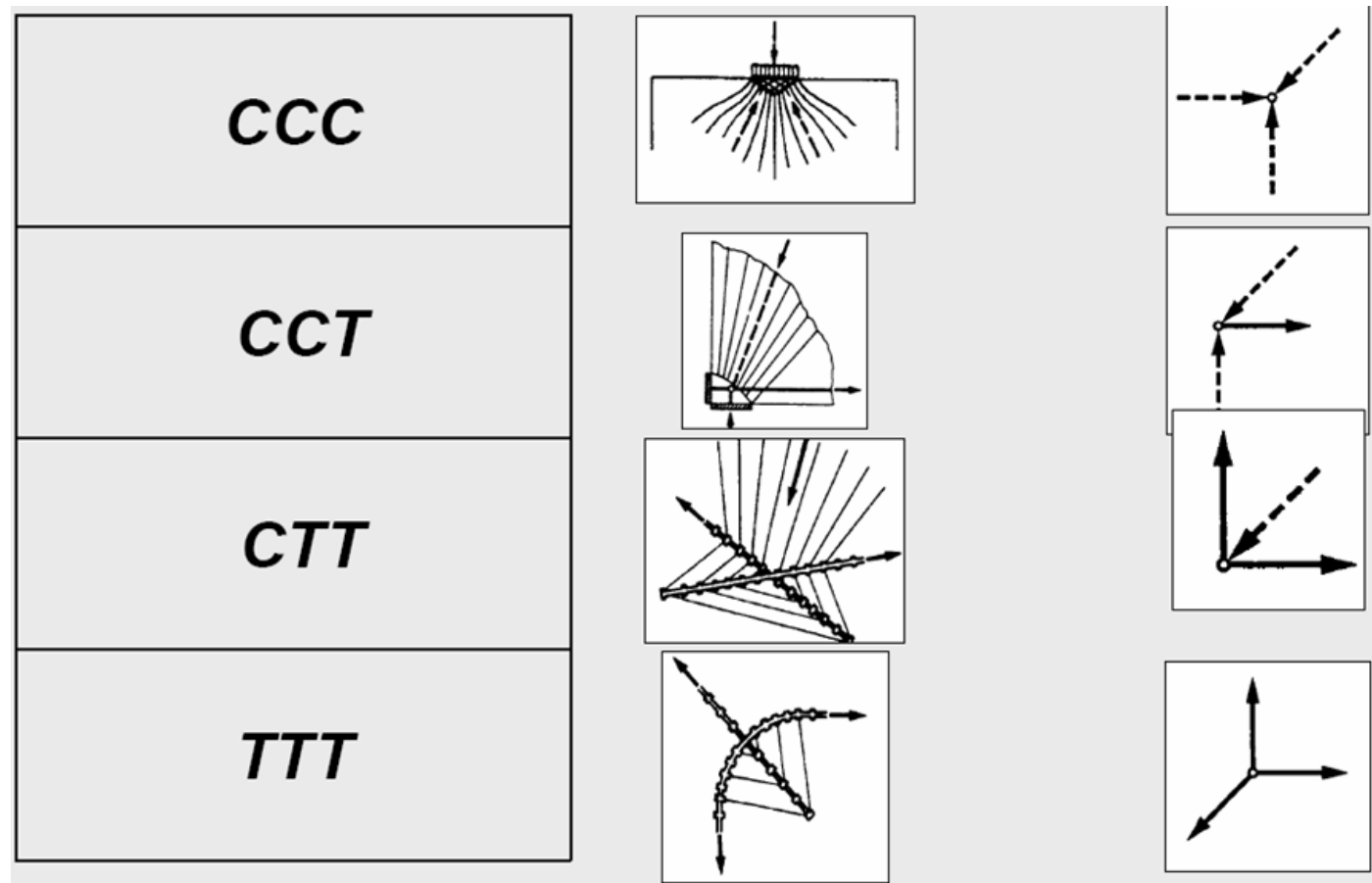


Table 1. EC2 design concrete compressive strength provisions for STM elements

STM Element	Effective concrete strength	
	Without transverse tension	With transverse tension
Strut	f_{cd}	$0.6 v' f_{cd}$
Node	Compression node without ties (C-C-C) $v' f_{cd}$	Compression node with ties in one direction (C-C-T) $0.85 v' f_{cd}$

where f_{cd} is the design concrete strength; $v' = 1 - f_{ck}/250$; f_{ck} is the concrete cylinder strength.

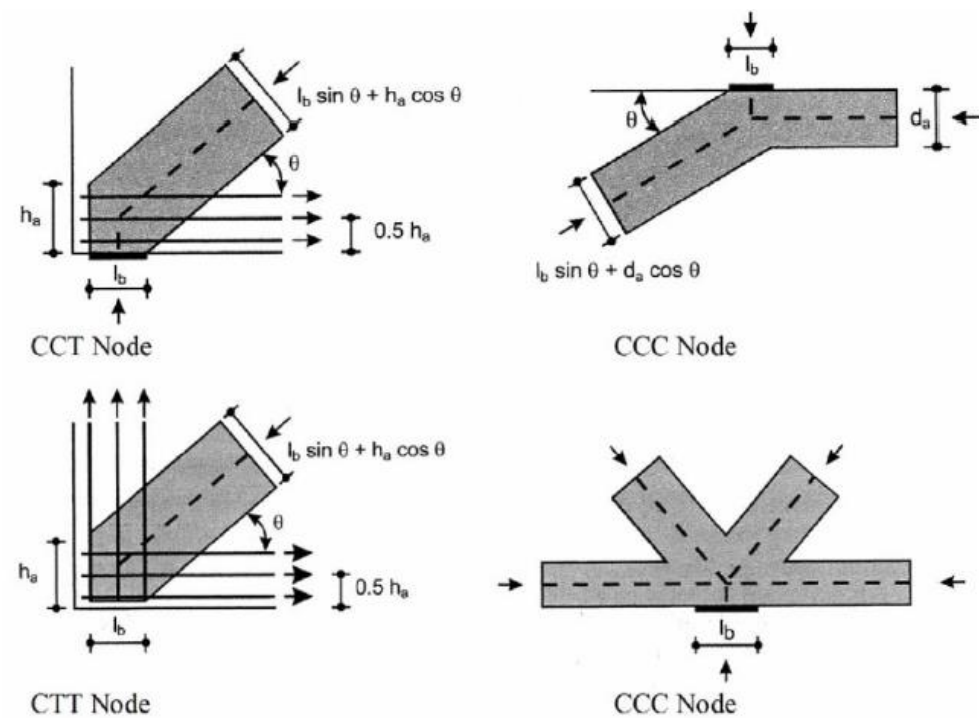
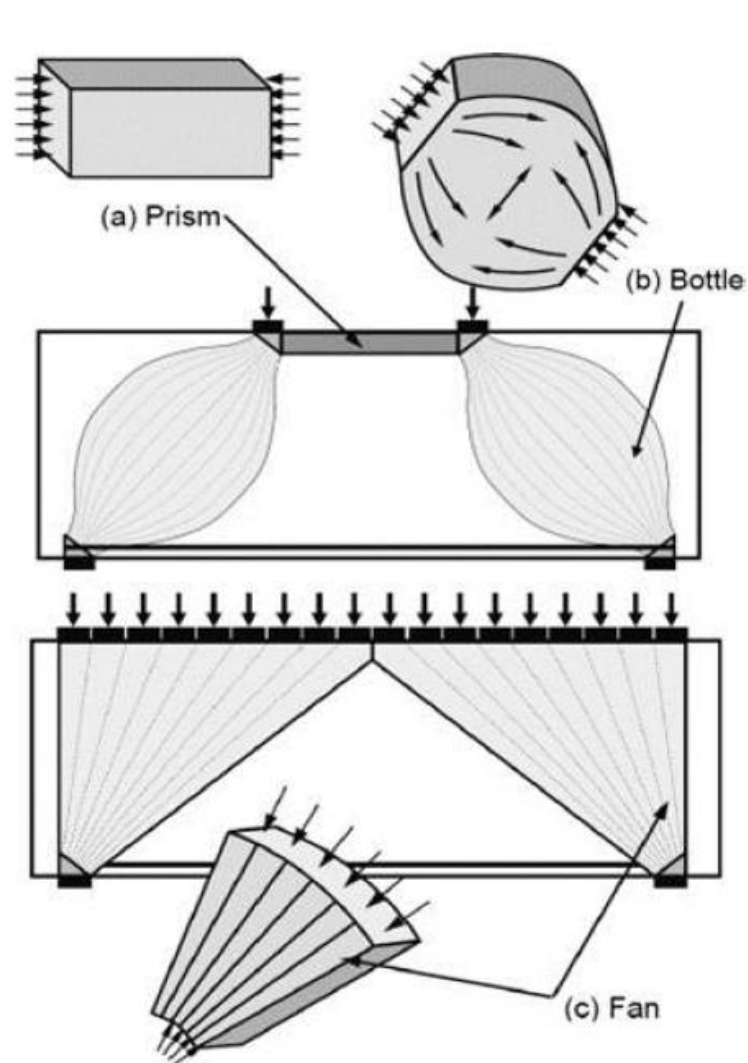
5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D



Node	Compression node without ties (C-C-C)	Compression node with ties in one direction (C-C-T)
	$v' f_{cd}$	$0.85 v' f_{cd}$

where f_{cd} is the design concrete strength; $v' = 1 - f_{ck}/250$; f_{ck} is the concrete cylinder strength.

5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D

Figure 2.8: Types of strut-and-tie model nodes (Mitchell *et al.* 2004)

.7: Geometric shapes of struts (Schlaich and Schäfer 1991)

5. Design of B & D Regions / Calculul zonelor B și D

Recomandări de calcul folosind PMB din EC2

- Se pot atinge predicții precise ale capacității portante la forfecare
- Rezultatele sunt consecvente pentru grinzi cu raportul înălțime - deschidere de forfecare (clear shear span to depth ratio) mai mic decât 2.
- Deformațiile specifice maxime în armăturile întinse se pot fi considerate ca deformațiile specifice la limita de curgere.
- trebuie asigurată o ancorare adecvată pentru armătura întinsă de pe reazem pentru a preveni cedarea prin smulgere a armăturii.
- În cazul în care proiectarea grinzilor pereți se face exclusiv pe baza prevederilor după EC2, aceasta trebuie făcută doar pentru cele care au un raportul înălțime - deschidere de forfecare a_v/d mai mic de 1. Acesta se impune pentru a avea o predicție sigură privind forța de forfecare.
- Când $1 \leq a_v/d \leq 2$ pentru rezistența efectivă la compresiune a betonului a diagonalei se va utiliza valoarea din procedura Teoria câmpului de compresiune modificată (Modified Compression Field Theory). Orice valoare peste 2 a raportului a_v/d ar trebui dimensionat cu modelul secțional al EC2 (EC2 Sectional model).

1. INTRODUCERE

2. ISTORIA PMB

3. ZONE ÎN ELEMENTE STRUCTURALE

4. EXEMPLE DE DISCONTINUITĂȚI

5. CALCULUL ZONELOR B & D

6. EXEMPLE DE MODELE DE BARE

6. STM examples / Exemple de modele de bare

ALEGÂND MODELUL

INTUITIV

METODA SCURGERII EFORTURILOR (LOAD-PATH METHOD)

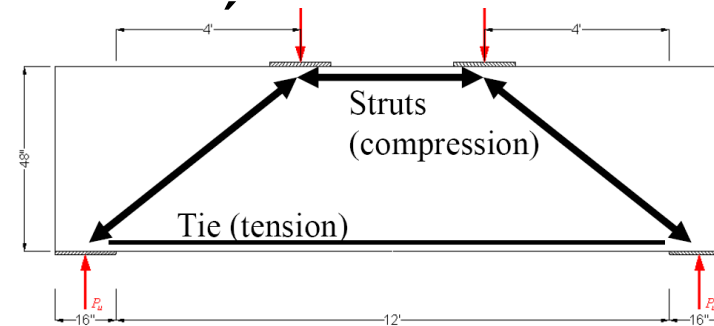
ANALIZĂ ELASTICĂ

(Prof. Clipii T.)

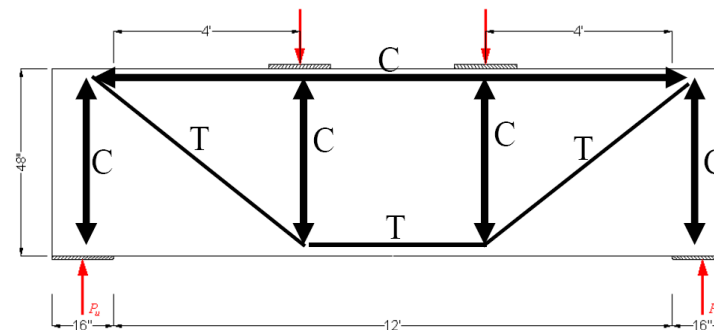
6. STM examples / Exemple de modele de bare

ALEGÂND MODELUL

1. FĂRĂ MECANISM
2. CÂT MAI PUȚINI TIRANȚI
3. TIRANȚI CÂT MAI SCURȚI



YES !



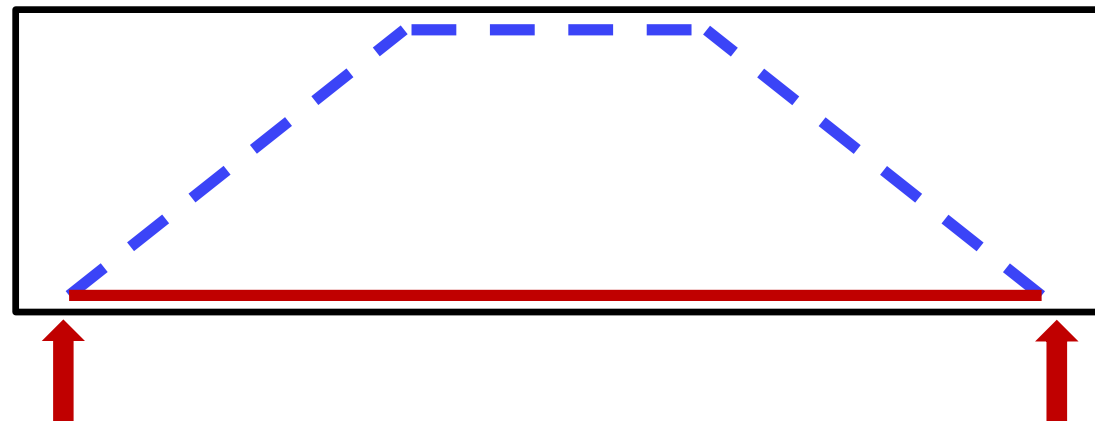
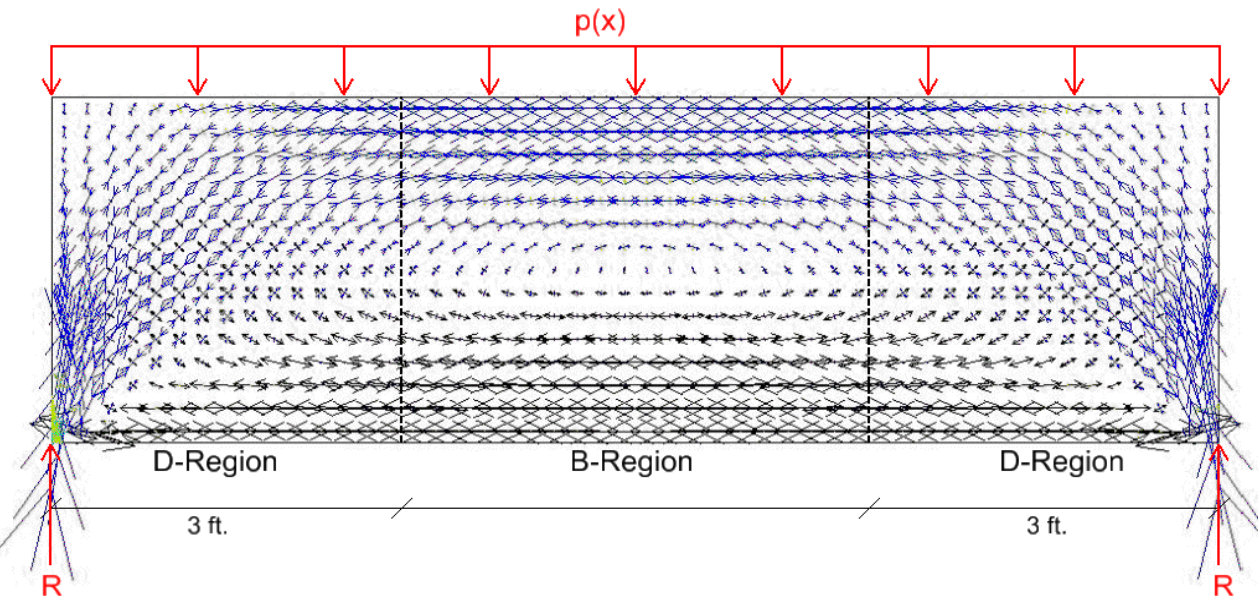
NO !

4. UN ELEMENT – DOUĂ ÎNCĂRCĂRI – DOUĂ MODELE

(Prof. Clipii T.)

6. STM examples / Exemple de modele de bare

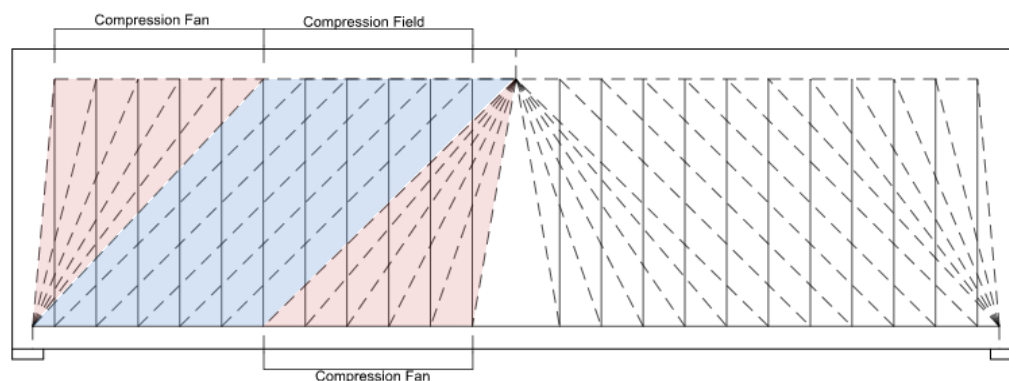
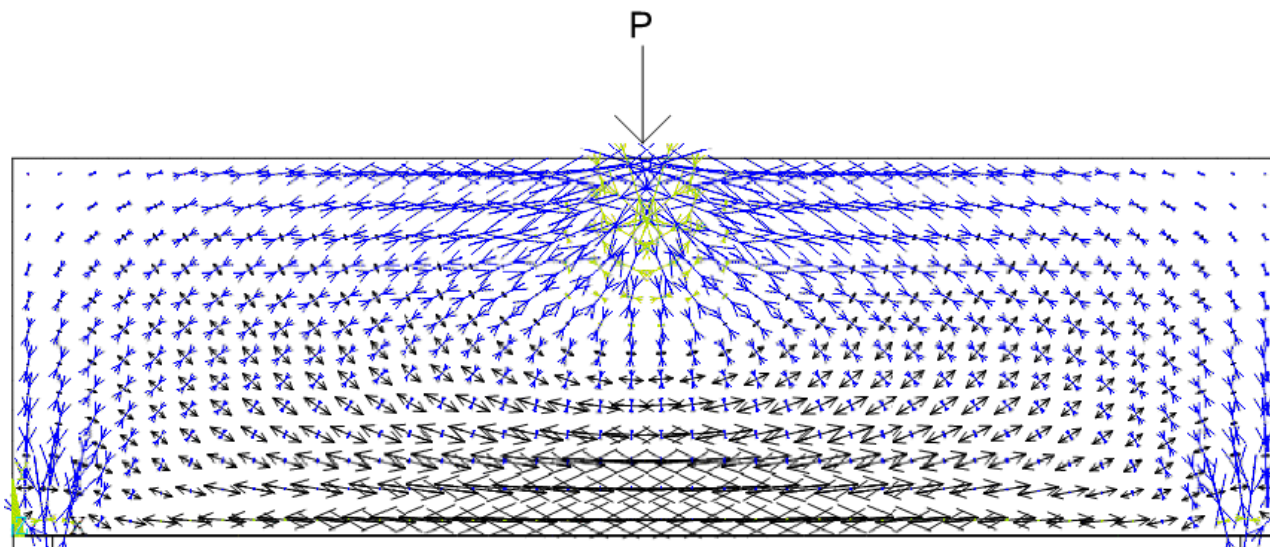
GRINDĂ SIMPLU REZEMATĂ SUPUSĂ LA ÎNCĂRCARE UNIFORM DISTRIBUITĂ



Albastru = eforturi de compresiune
Negru = eforturi de întindere

6. STM examples / Exemple de modele de bare

GRINDĂ SIMPLU REZEMATĂ SUPUSĂ LA ÎNCĂRCARE CONCENTRATĂ ÎN MIJLOCUL DESCHIDERII



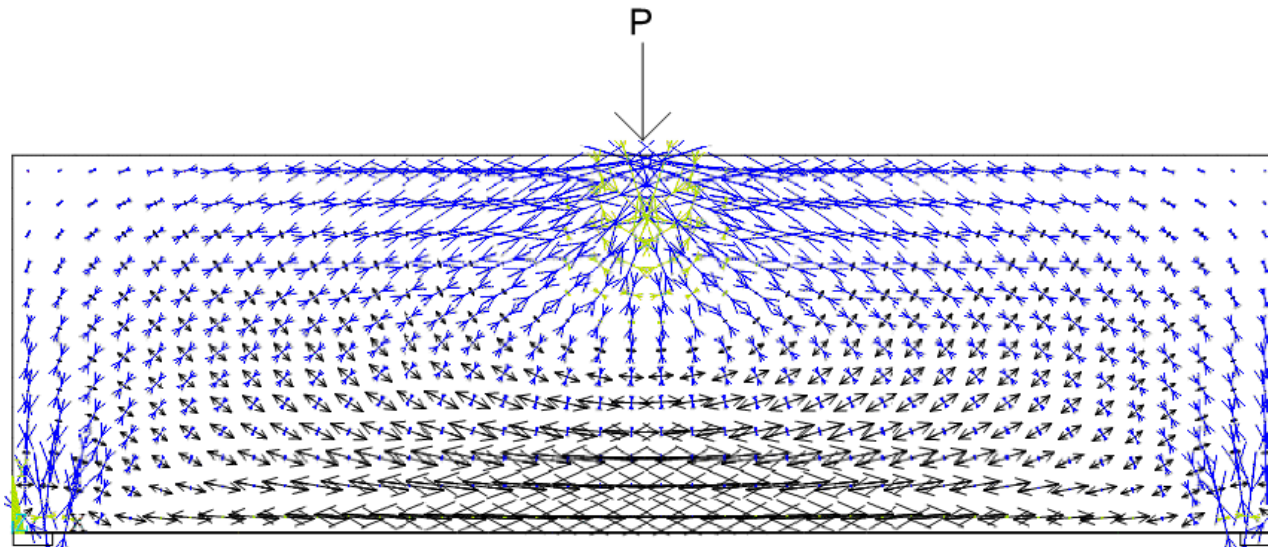
nedeterminată → rezolvarea prin iterații

Albastru = eforturi de compresiune

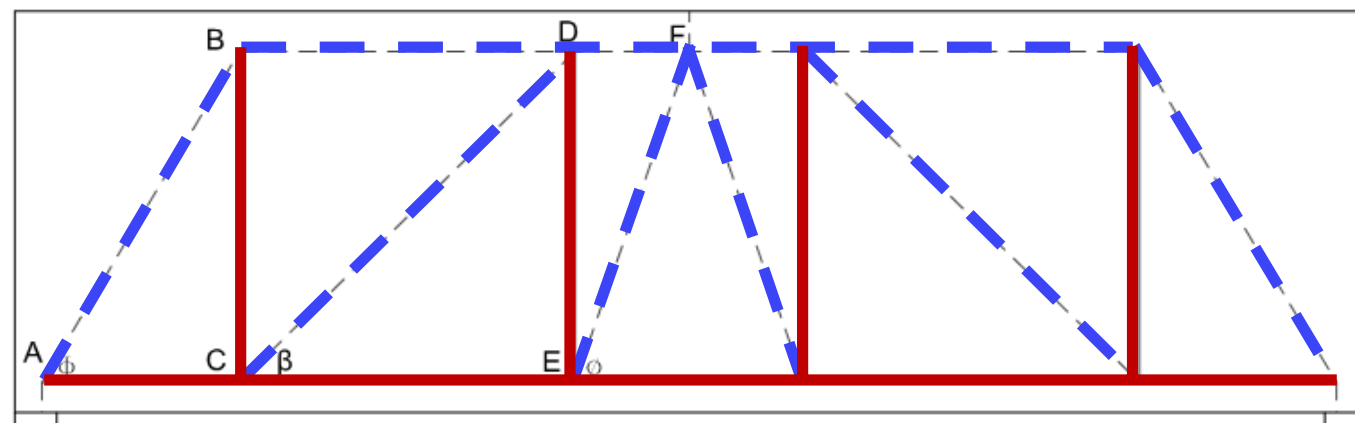
Negru = eforturi de întindere

6. STM examples / Exemple de modele de bare

GRINDĂ SIMPLU REZEMATĂ SUPUSĂ LA ÎNCĂRCARE CONCENTRATĂ ÎN MIJLOCUL DESCHIDERII



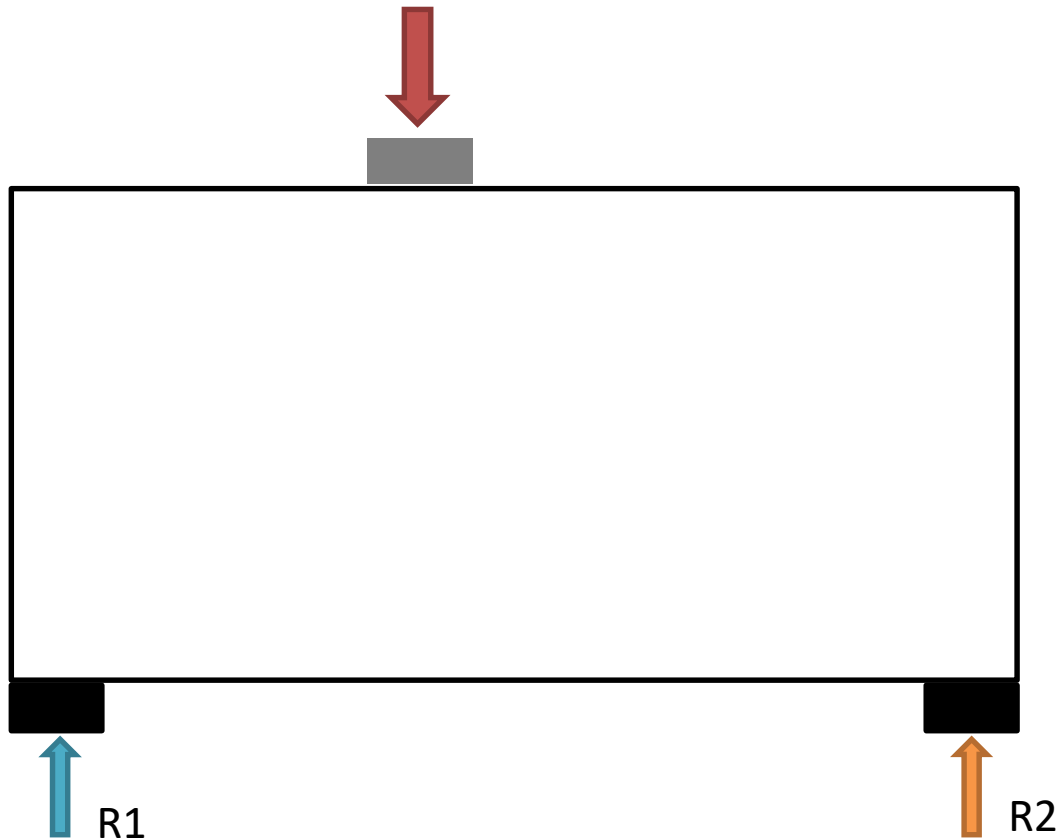
Determinată \rightarrow forțele din elemente pot fi determinate ușor



Albastru = eforturi de compresiune
Negru = eforturi de întindere

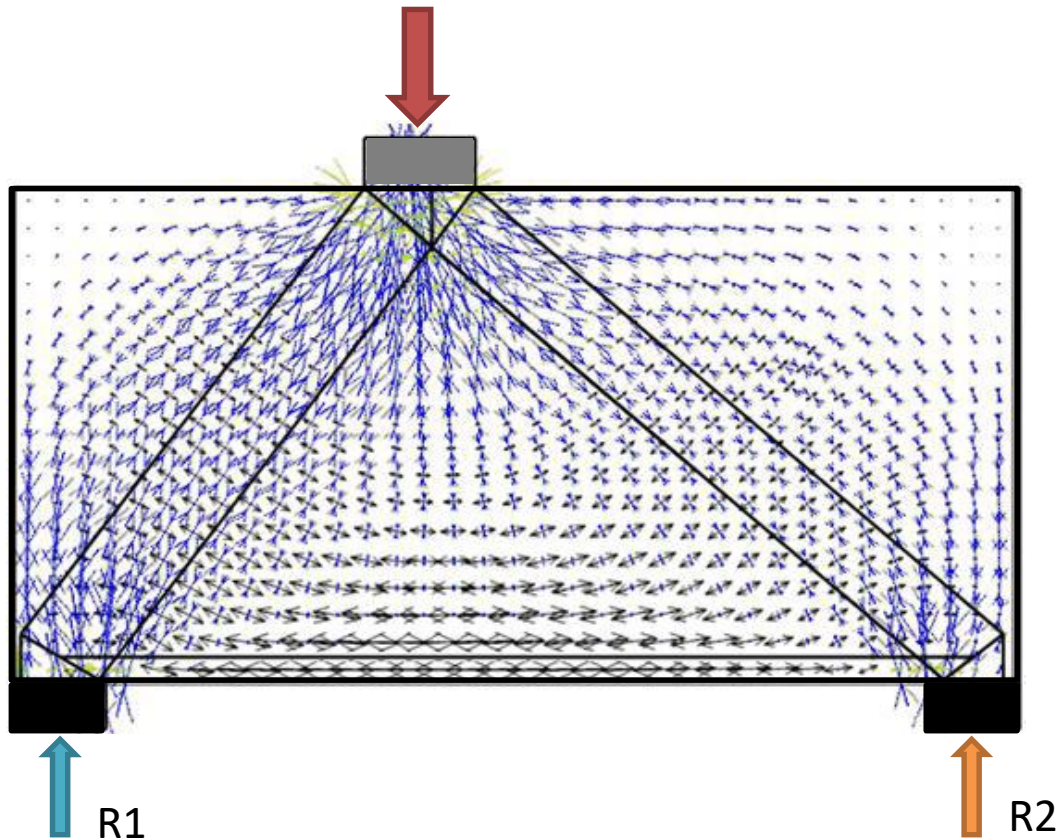
6. STM examples / Exemple de modele de bare

GRINDĂ PERETE CU FORȚĂ CONCENTRATĂ



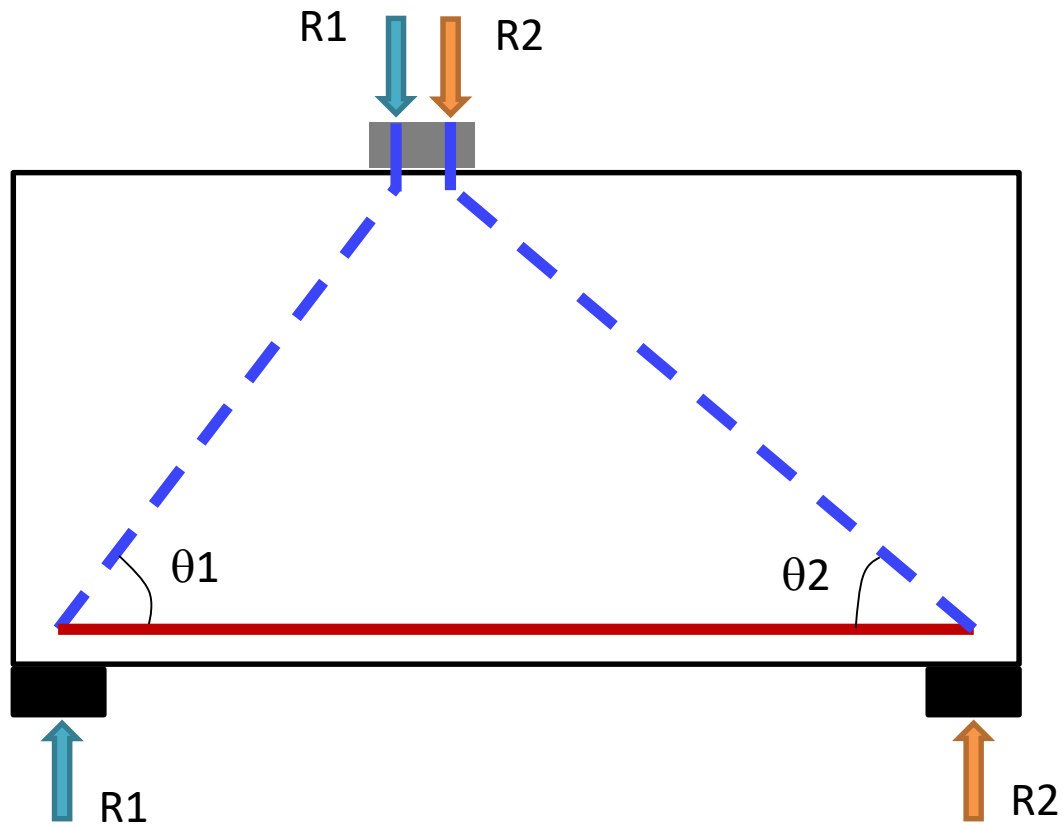
6. STM examples / Exemple de modele de bare

GRINDĂ PERETE CU FORȚĂ CONCENTRATĂ



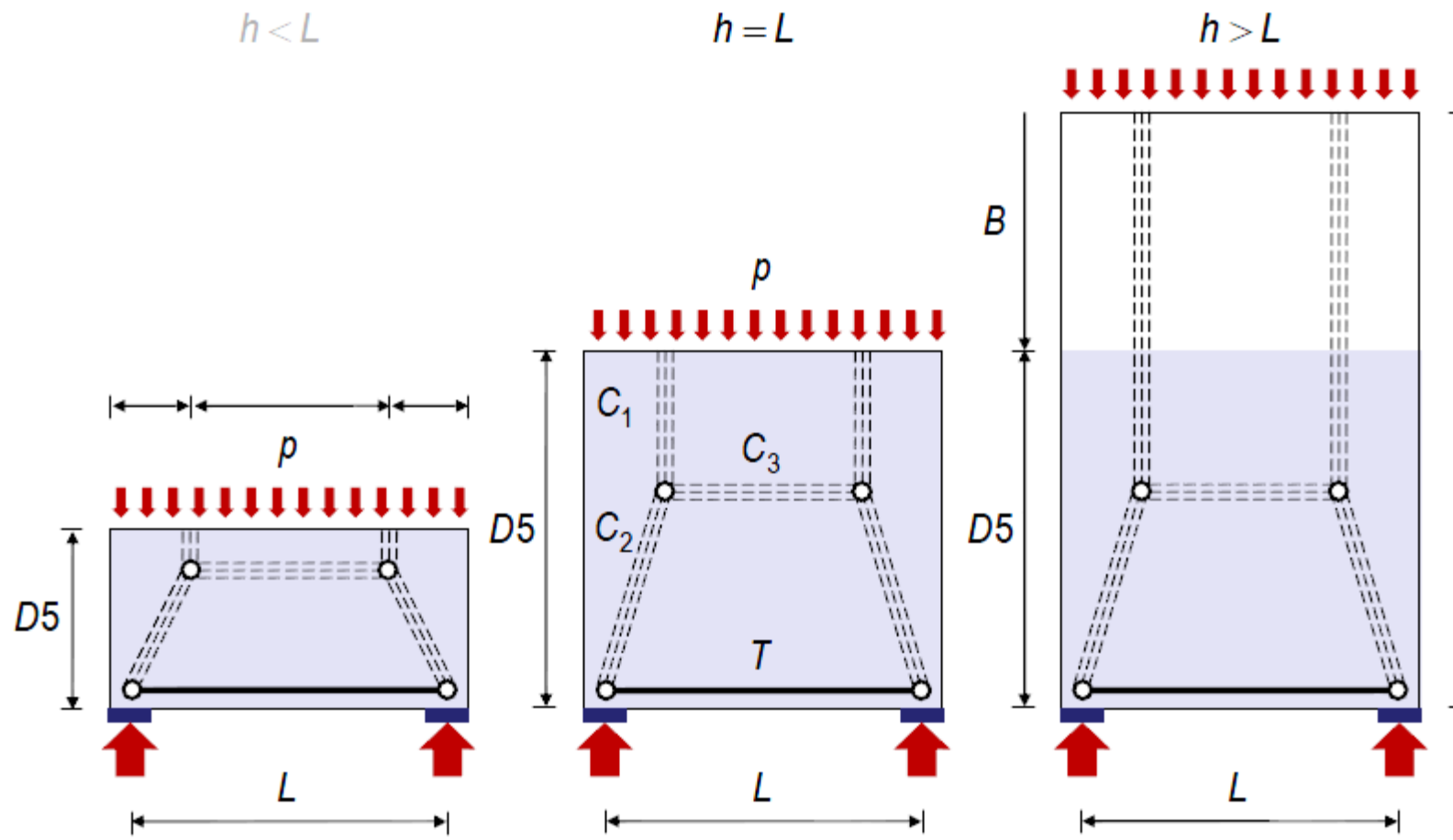
6. STM examples / Exemple de modele de bare

GRINDĂ PERETE CU FORȚĂ CONCENTRATĂ



6. STM examples / Exemple de modele de bare

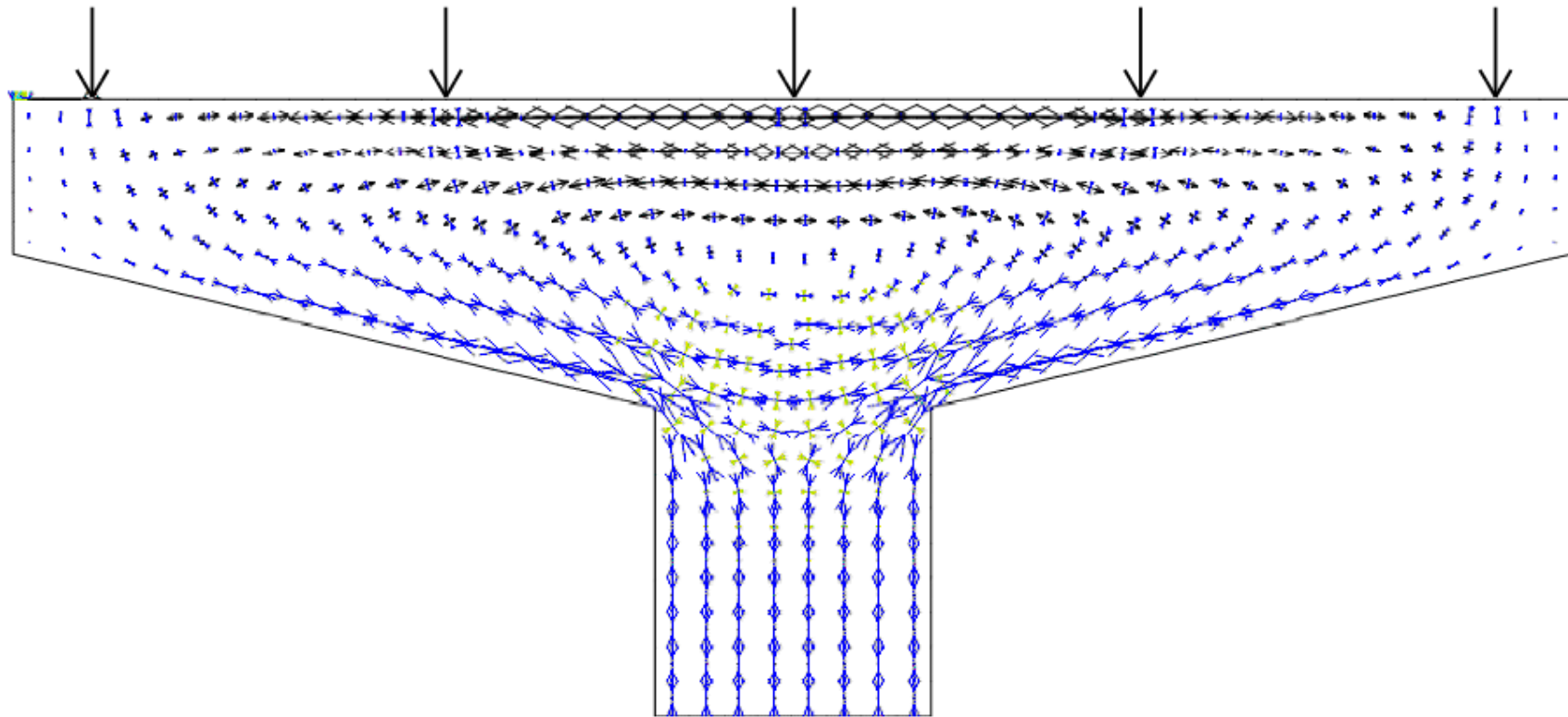
GRINDĂ PERETE CU FORȚĂ UNIFORM DISTRIBUITĂ



(Prof. Kovács I., DE)

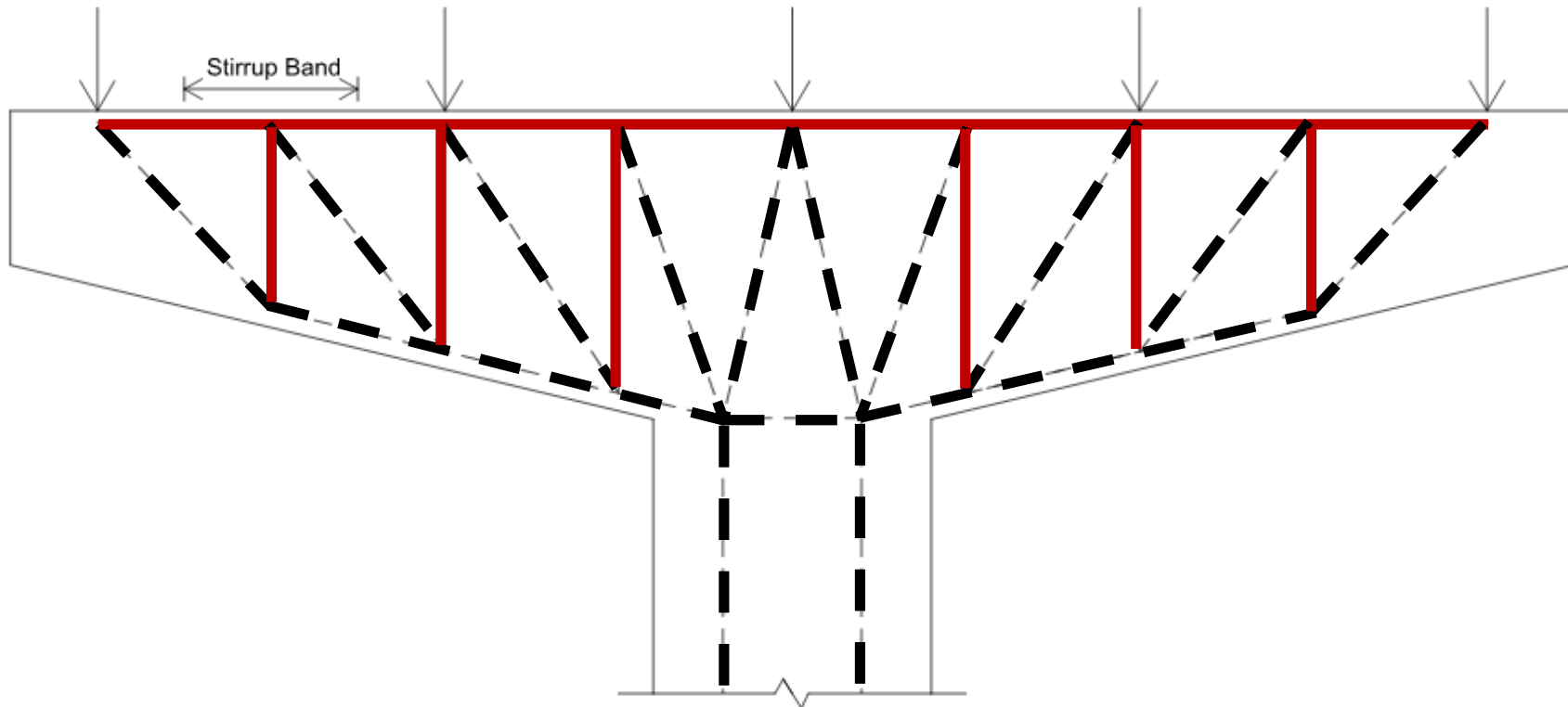
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



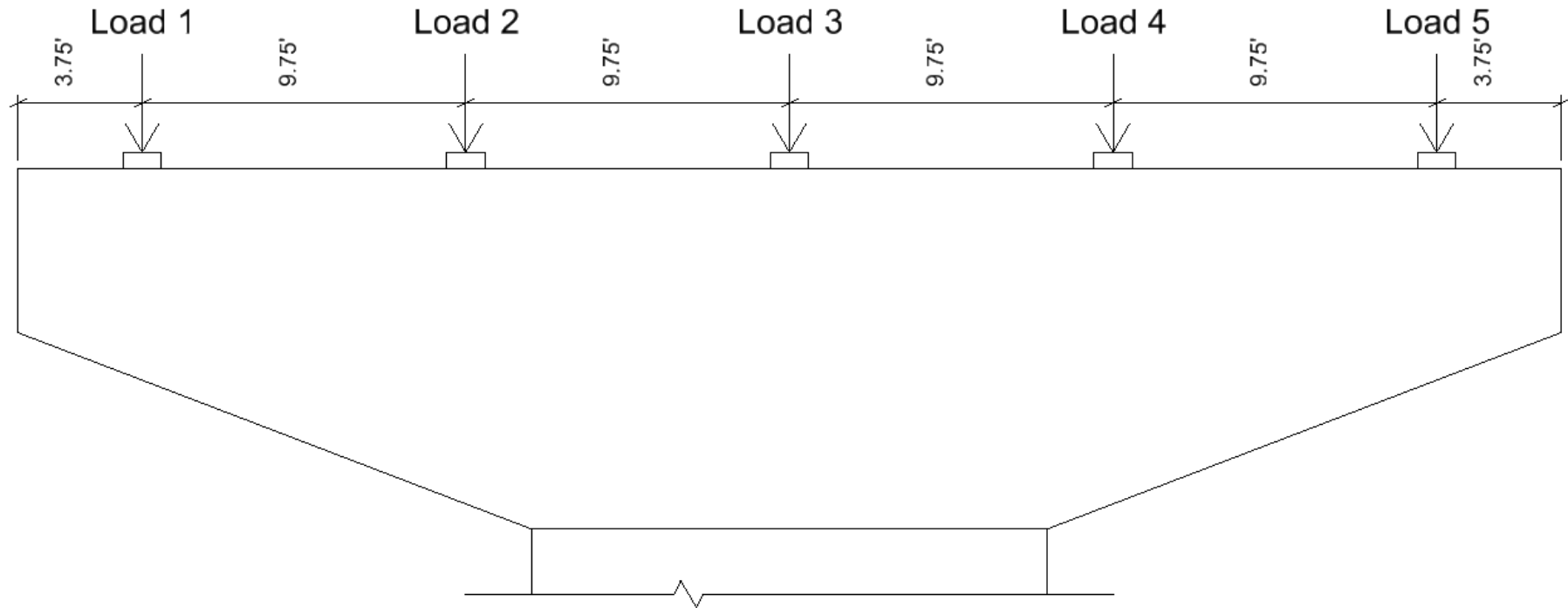
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



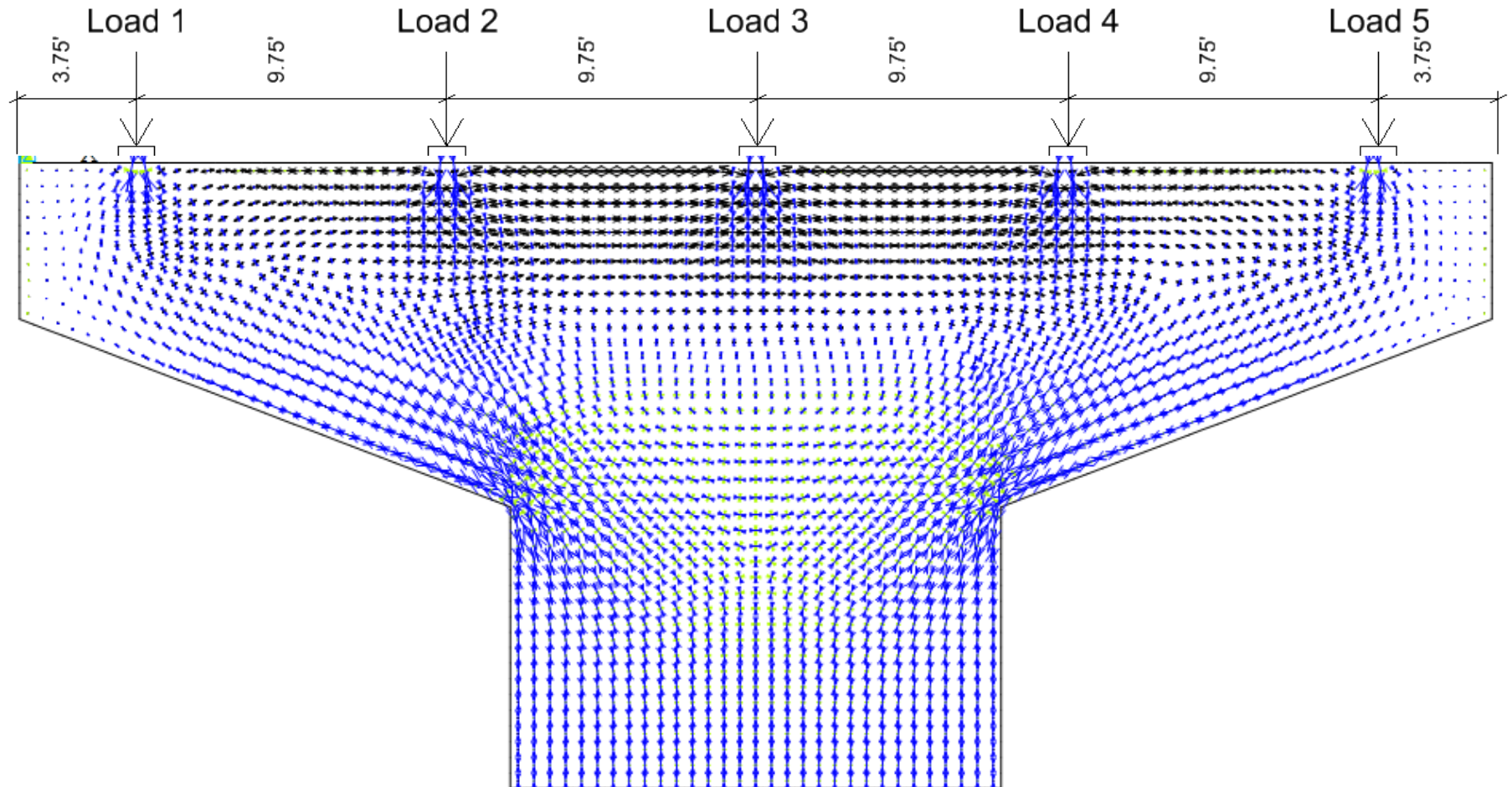
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



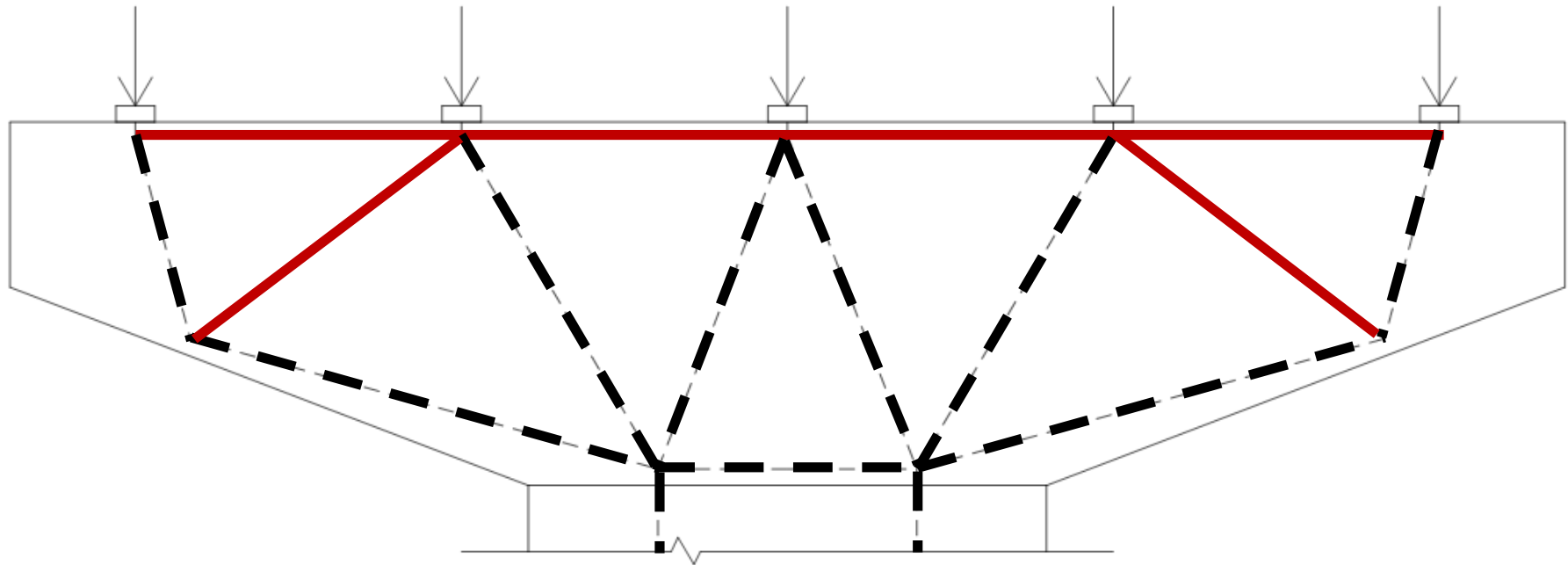
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



6. STM examples / Exemple de modele de bare

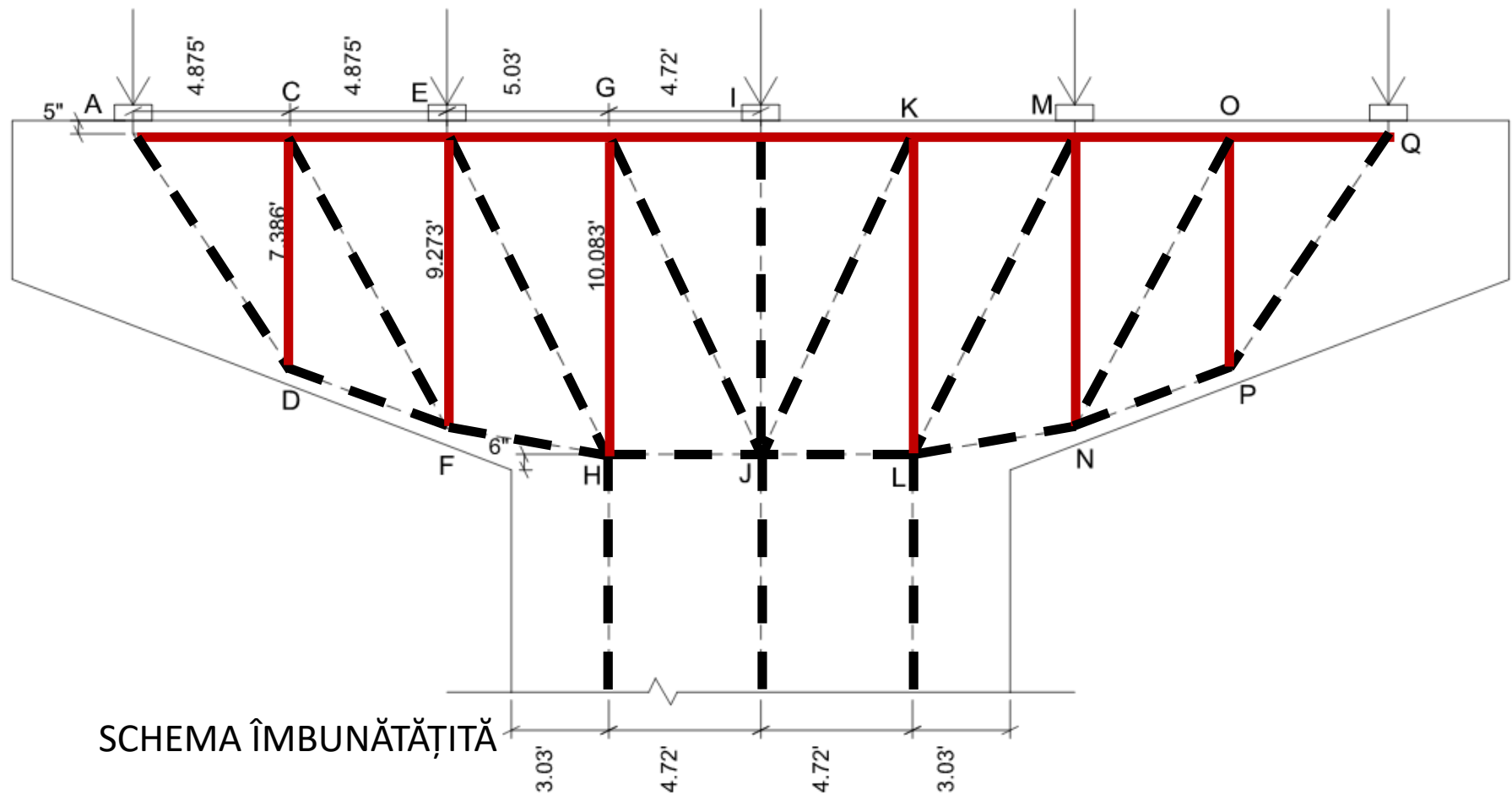
PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



SCHEMA SIMPLĂ

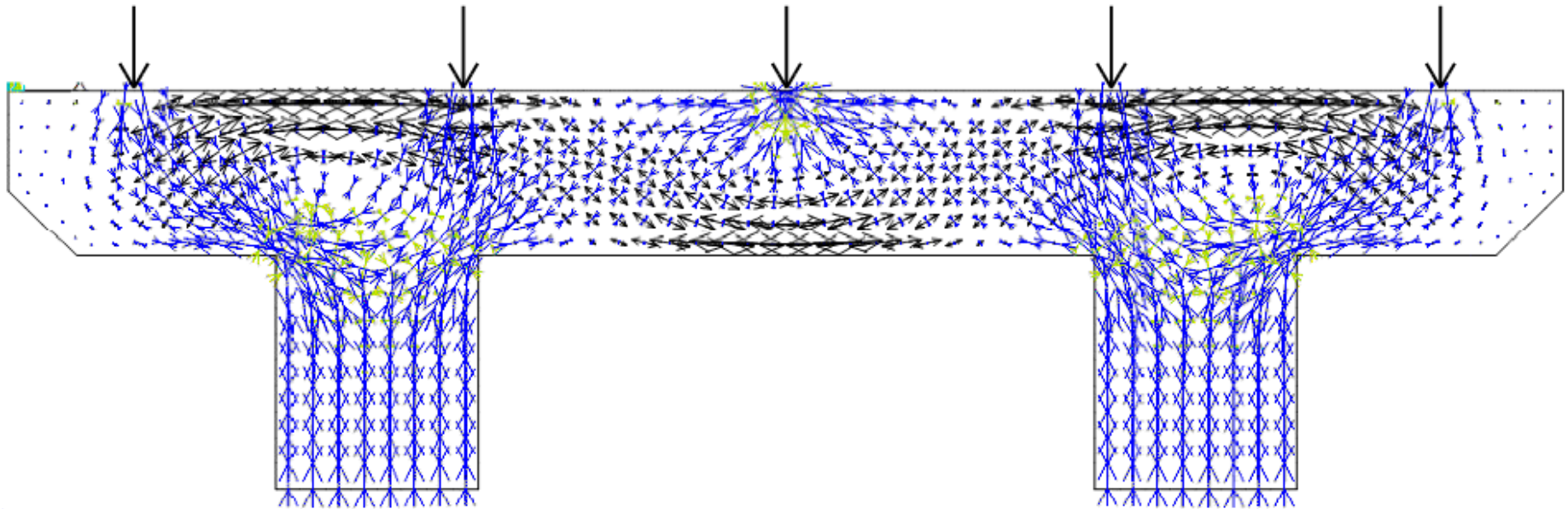
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



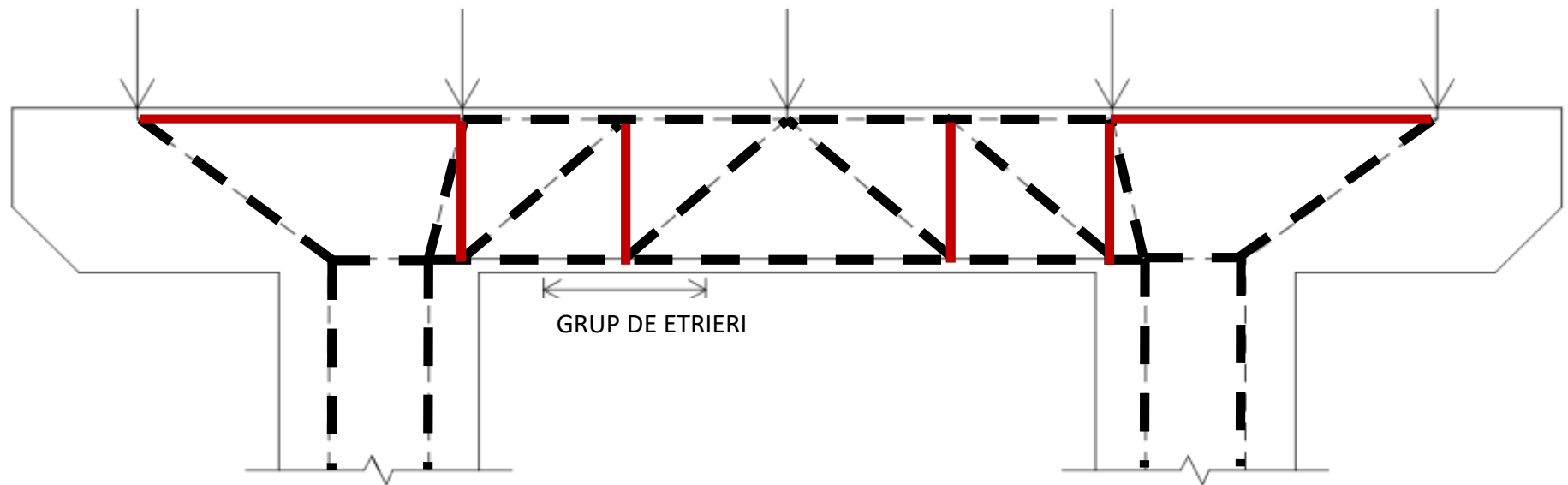
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)



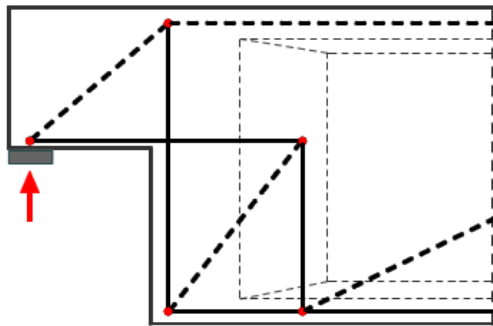
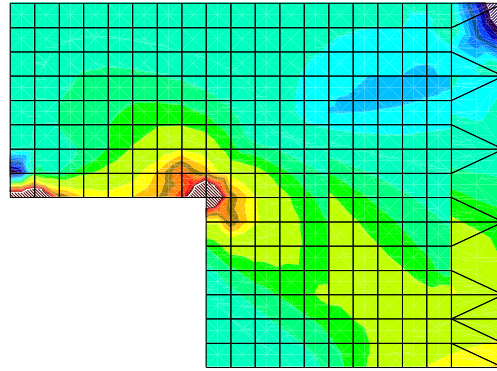
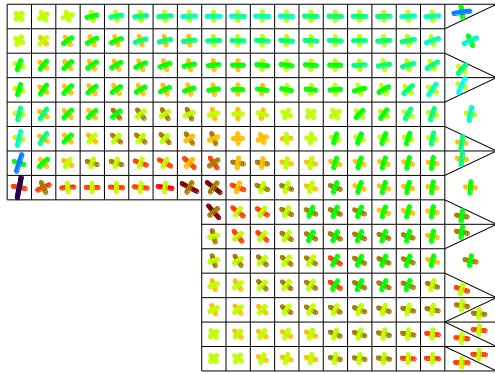
6. STM examples / Exemple de modele de bare

PILĂ DE POD (Bridge Pier Cap Design)

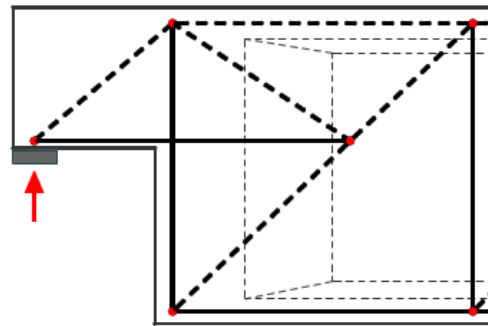


6. STM examples / Exemple de modele de bare

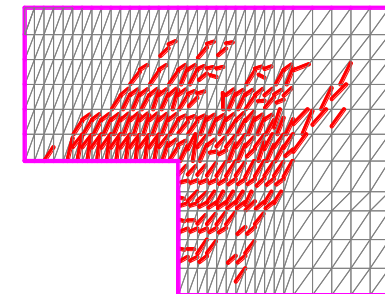
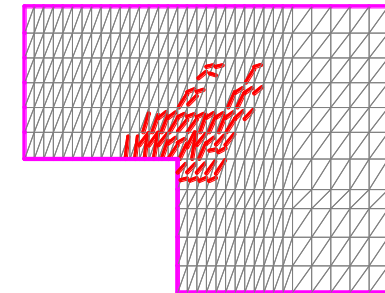
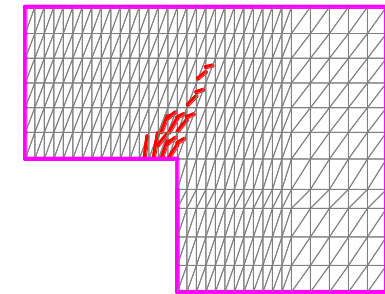
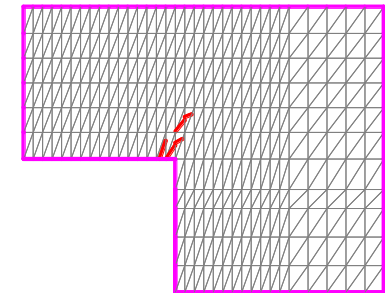
CAPĂT TĂIAT (Dapped-ends)



(a) Schlaich model [19]

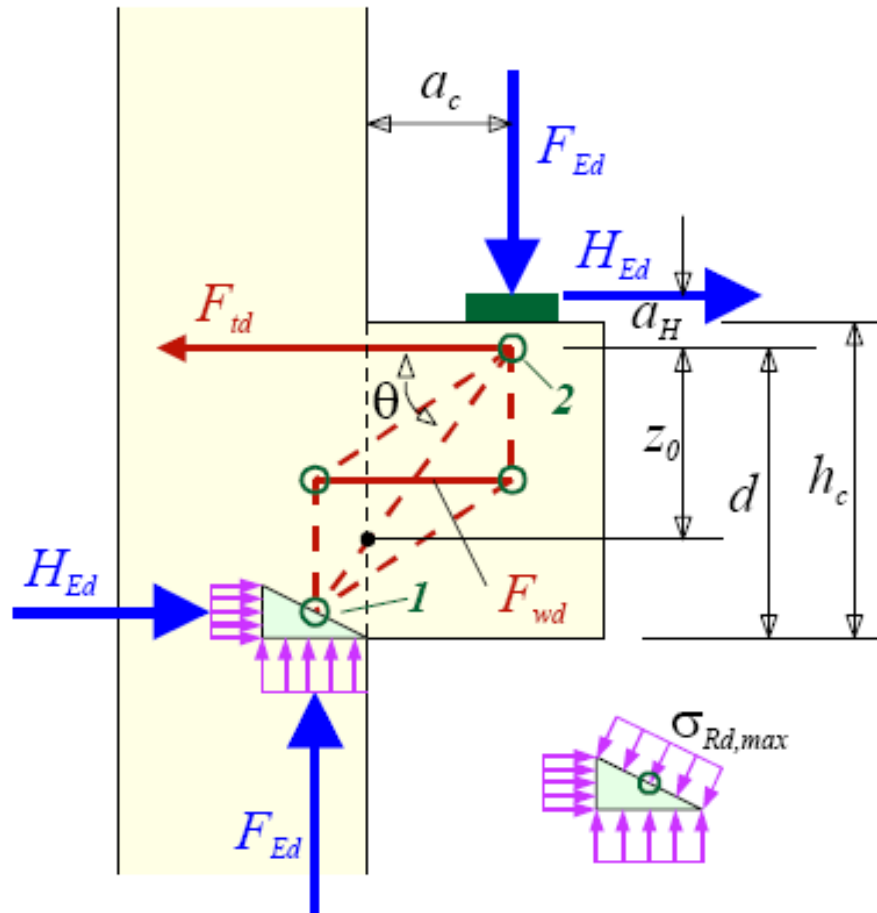


(b) Martin model [20]

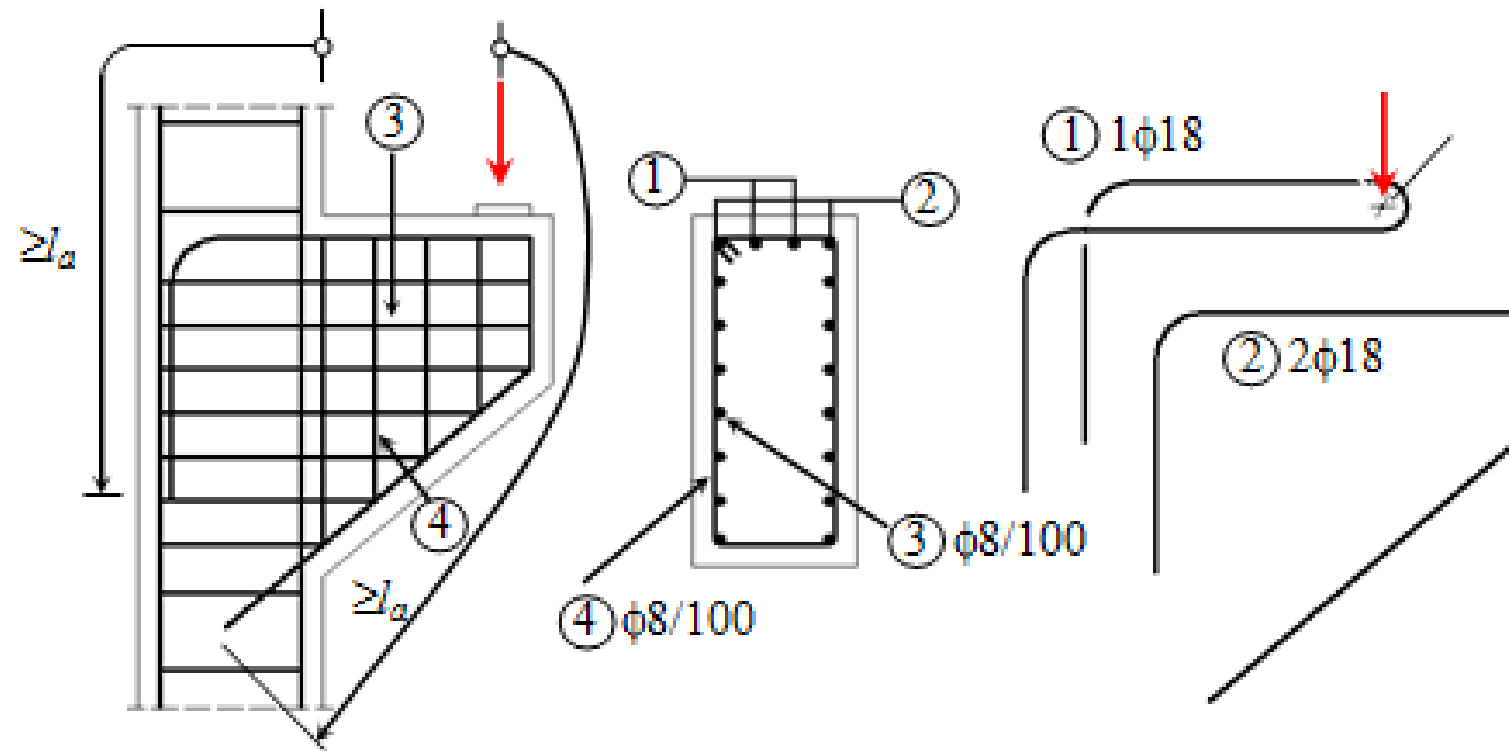


6. STM examples / Exemple de modele de bare

CONSOLĂ (în conformitate to EC2)

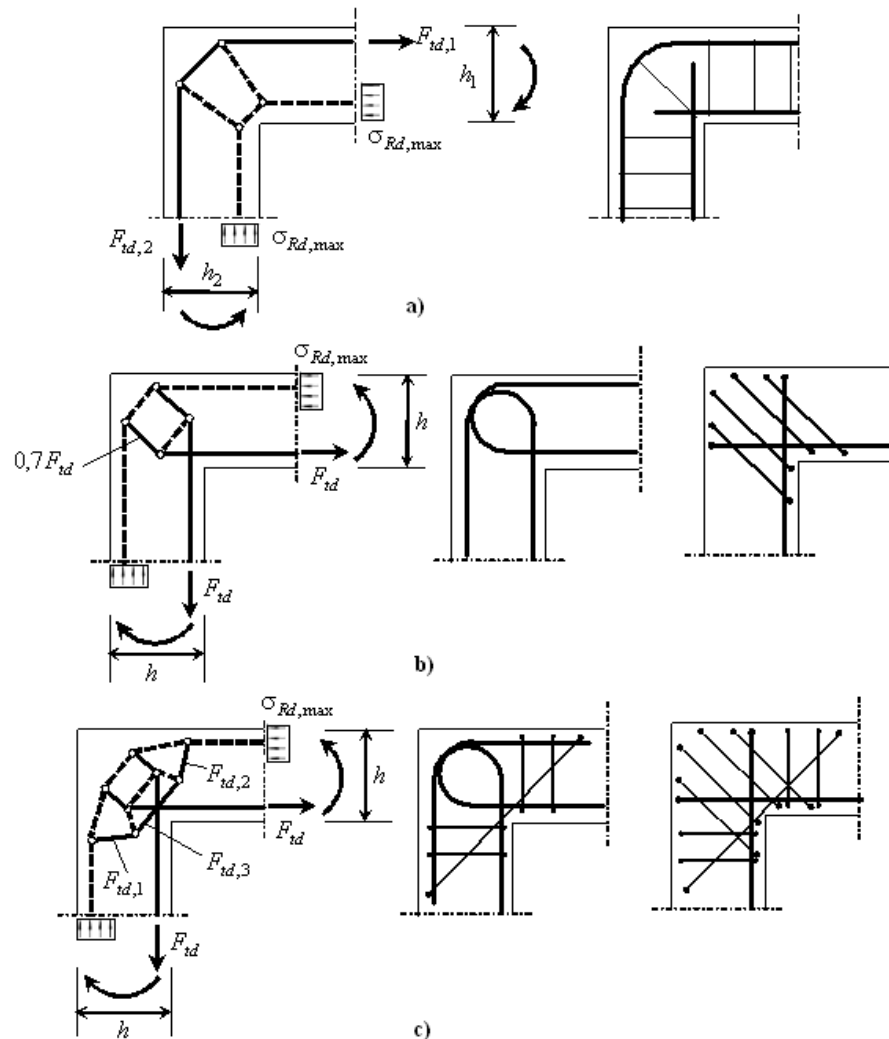


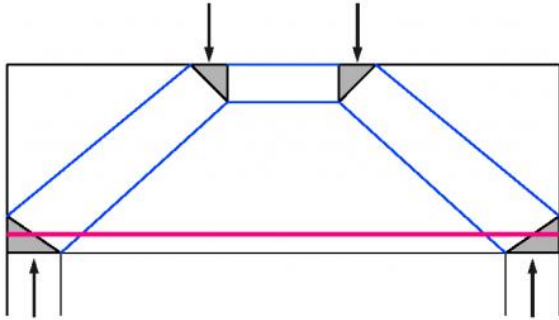
6. STM examples / Exemple de modele de bare

CONSOLĂ (în conformitate to EC2)

6. STM examples / Exemple de modele de bare

ÎMBINARE GRINDĂ-STÂLP (în conformitate to EC2)





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>

Office:

A219

MULȚUMESC FRUMOS PENTRU ATENȚIE!