

Construcțiile sunt compuse din:

- **Structura verticală:**

- cadre
- diafragme – pereți structurali
- structuri cuplate cadre + diafragme

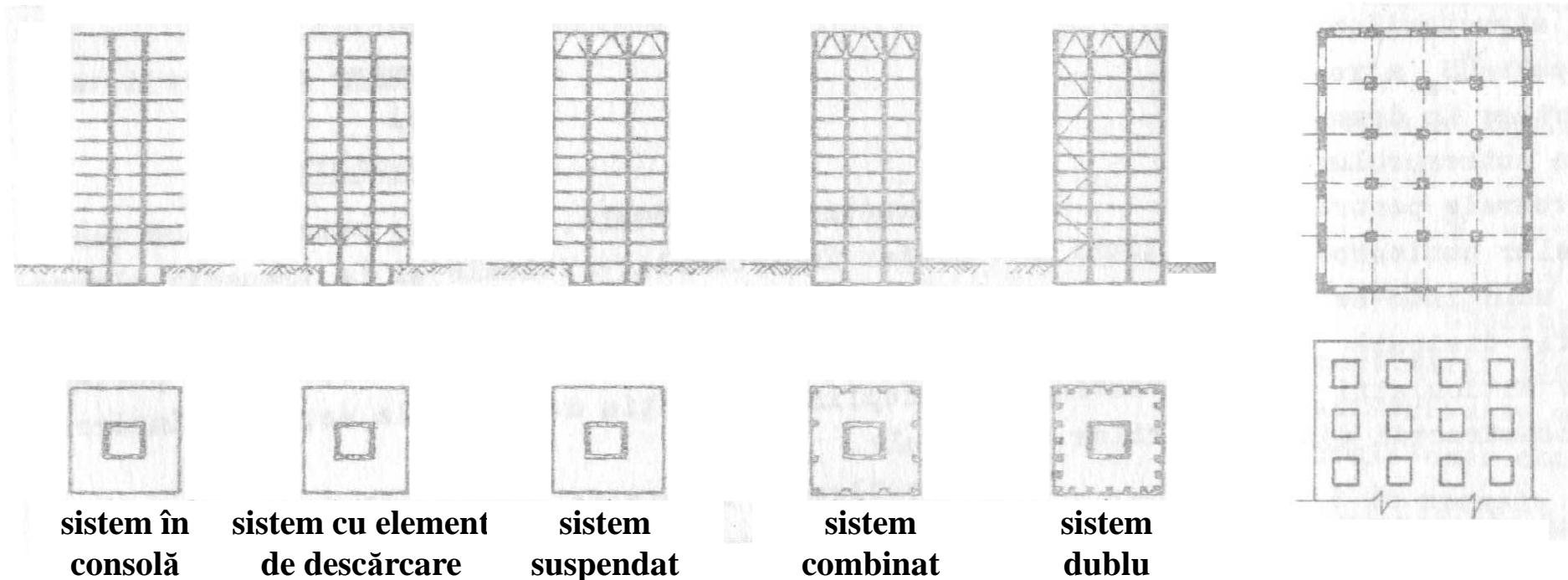
- **Structura orizontală:**

- planșee: - solicitate la încărcări verticale
  - cu rol de șaibă rigidă la încărcări orizontale

**TIPURI DE STRUCTURI VERTICALE** (funcție de rigiditate)

- structuri flexibile (cadre)
- structuri rigide (diafragme – pereți structurali)
- structuri semi-rigide (structuri cuplate cadre + diafragme)
- structuri rigide cu parter flexibil

# STRUCTURI SEMI-RIGIDE (CADRE + DIAFRAGME):



SISTEME CU  
NUCLEU CENTRAL

SISTEM CU  
PEREȚI EXTERIORI

## PRINCIPII DE PROIECTARE ANTI-SEISMICĂ

### - CRITERIUL ENERGETIC :

$$E_S \leq E_R$$

unde:  $E_S$  – energia indusă de mișcarea seismică  
 $E_R$  – energia înmagazinată de construcție fără a atinge stadiul de cedare

Calculul energetic:

- proiectarea în stadiul elastic la  $F_e$  (mare) a structurilor la care nu se admite apariția deformațiilor plastice (rezervoare de lichide, centrale nucleare, etc.)  $\Rightarrow E_e$
- proiectarea în stadiul plastic la  $F_p$  (redușă) a majorității structurilor din beton armat. Energia seismică este disipată prin producerea deformațiilor plastice  $\Rightarrow E_p$

$$E_e = E_p$$

# PRINCIPII DE PROIECTARE ANTI-SEISMICĂ

- CRITERIUL ENERGETIC :

$$E_e = E_p$$

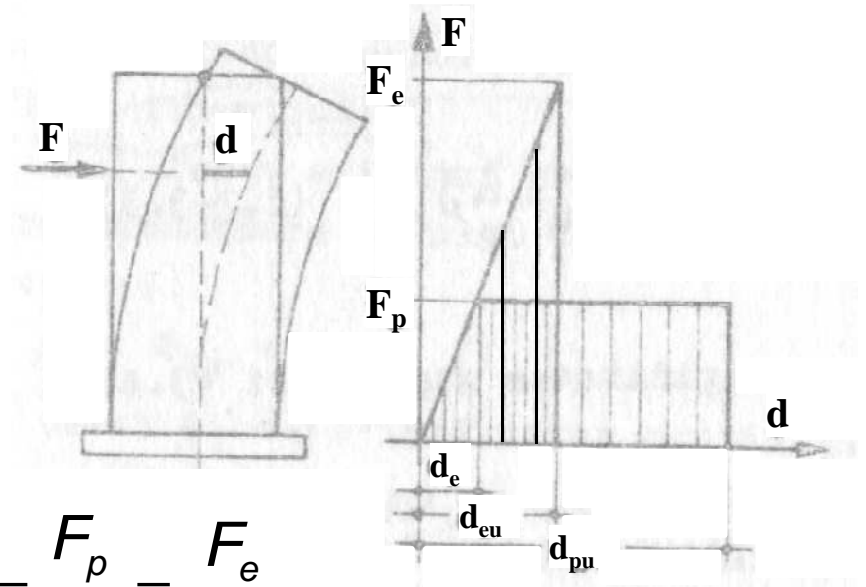
$$\frac{1}{2} \cdot F_e \cdot d_{eu} = \frac{1}{2} \cdot F_p \cdot d_e + F_p \cdot (d_{pu} - d_e)$$

$$\frac{1}{2} \cdot F_e \cdot d_{eu} = \frac{1}{2} \cdot F_p \cdot d_e \cdot \left[ 2 \cdot \frac{d_{pu}}{d_e} - 1 \right]$$

unde:           - rigiditatea

- factorul de comportare

- factorul de ductilitate



$$K = \frac{F_p}{d_e} = \frac{F_e}{d_{eu}}$$

$$q = \frac{F_e}{F_p} = \frac{d_{eu}}{d_e}$$

$$\Delta = \frac{d_{pu}}{d_e} \Rightarrow$$

$\Delta$	6.6	8.5	13
$q$	3.5	4	5

$$q = \sqrt{2 \cdot \Delta - 1}$$

## PRINCIPII DE PROIECTARE ANTI-SEISMICĂ

Acțiunea seismică (P100-1/2013):  $F_b = \gamma_1 \cdot S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$

Ex:  $F_b = \gamma_1 \cdot a_g \cdot \frac{\beta(T_1)}{q} \cdot m \cdot \lambda$  - proiectare în domeniul plastic

unde:  $F_b$  – forță seismică de bază;  $S_d(T_1)$  – spectru seismic de calcul;  
 $\gamma_1$  – factor de importanță;  $m$  – masa totală a clădirii;  
 $\lambda$  – factor de corecție;  $a_g$  – accelerația seismică a terenului  
 $\beta(T_1)$  – spectru de răspuns seismic; **q** – factor de comportare.

### - CRITERIUL DEPLASĂRILOR:

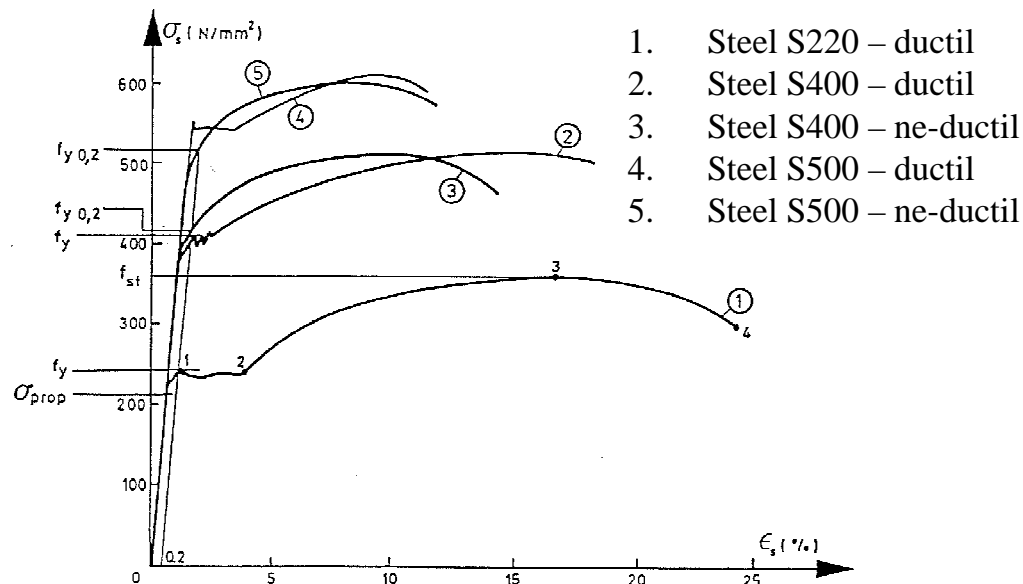
$$d_S \leq d_R$$

unde:  $d_S$  – deplasări induse de seism  
 $d_R$  – deplasări admisibile ale construcției

## MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

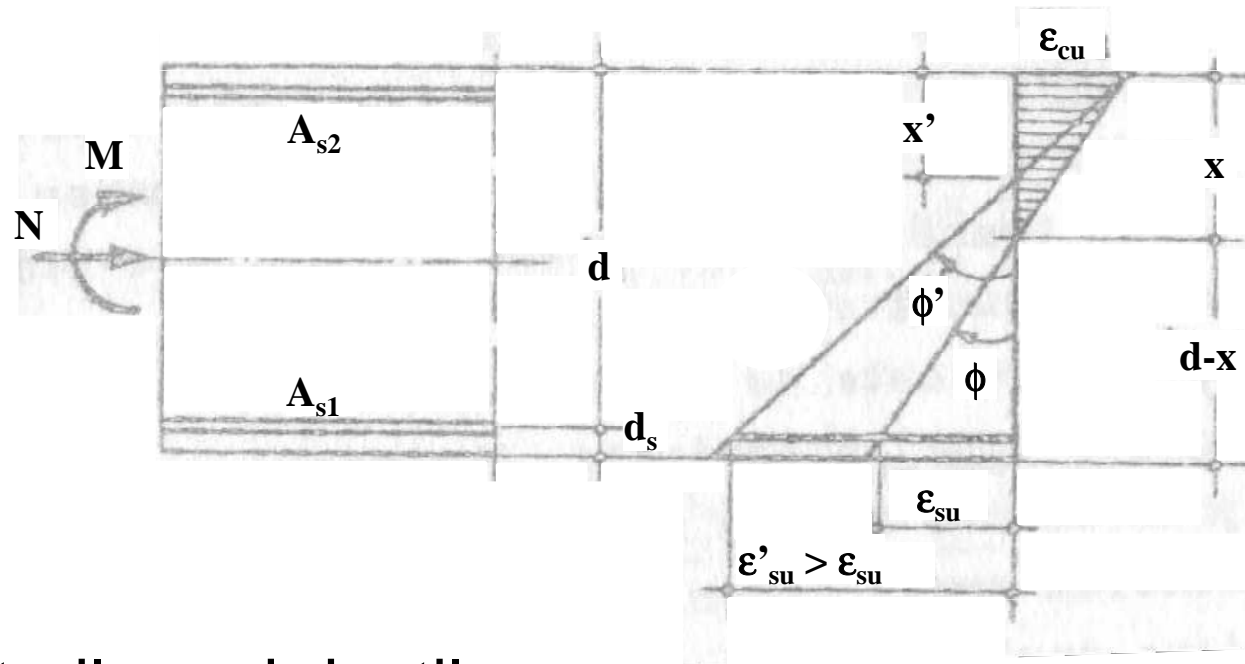
Forța seismică convențională totală  $F(q) \rightarrow$  presupune deformarea plastică pt. disiparea energiei induse de seism  
 $\rightarrow$  presupune asigurarea ductilității structurale  $\rightarrow$  la  $(M + N)$ , prin curgerea armăturilor în articulațiile plastice

### - FOLOSIREA OȚELURILOR DUCTILE PT. ARMĂTURI



# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - FOLOSIREA OȚELURILOR DUCTILE PT. ARMĂTURI



Pt. armăturile mai ductile:

$$\varepsilon'_{su} > \varepsilon_{su} \Rightarrow x' < x$$

$\Rightarrow \phi' > \phi$  capacitatea de rotire crește în articulația plastică  $\Leftrightarrow$  ductilitatea crește

## MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

- CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON
  - evitarea cedării zonei de beton comprimate înainte de curgerea armăturii întinse
  - clasă minimă de beton
  - la grinzi → dublă armare
  - la stâlpi → limitarea nivelului de solicitare la forță axială  
⇒ cedarea la compresiune cu încovoiere predominantă
  - beton confinat → prin armături longitudinale  
→ prin armături transversale (etrieri)



# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON

- la grinzi → prin dublă armare

ecuația de echilibru:

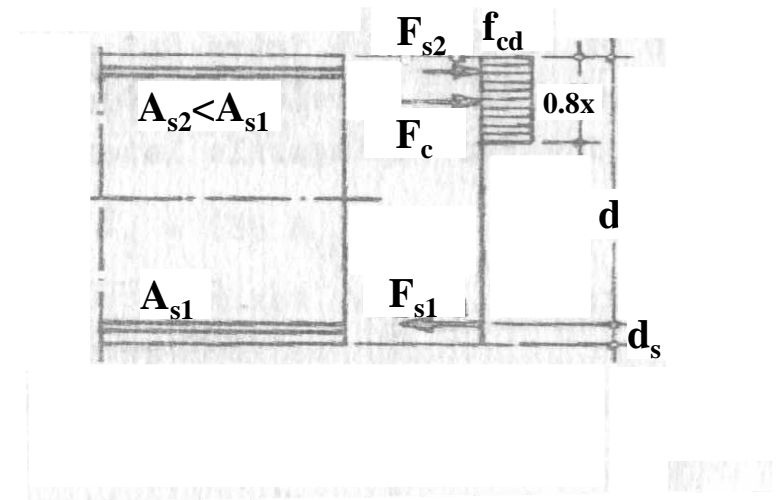
$$\sum X = 0$$

$$F_c - (F_{s1} - F_{s2}) = 0$$

$$0.8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} - A_{s2}) \cdot f_{yd} = 0$$

$$x = \frac{(A_{s1} - A_{s2}) \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

- folosind  $A_{s2}$  ⇒  $x$  ↓ ⇒  $\phi$  ↑ ⇔ ductilitatea crește



# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON

- la stâlpi → limitarea nivelului de solicitare la forță axială  
⇒ rupere la compresiune cu încovoiere predominantă

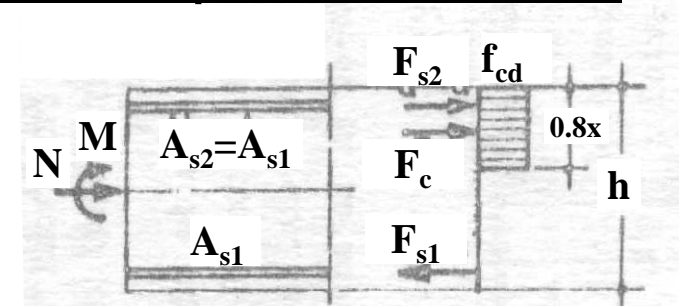
ecuația de echilibru:

$$\Sigma X = N$$

$$F_c - (F_{s1} - F_{s2}) = N$$

$$0.8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} - A_{s2}) \cdot f_{yd} = N$$

$$x = \frac{N}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad - \text{pt. armare simetrică } A_{s1} = A_{s2}$$

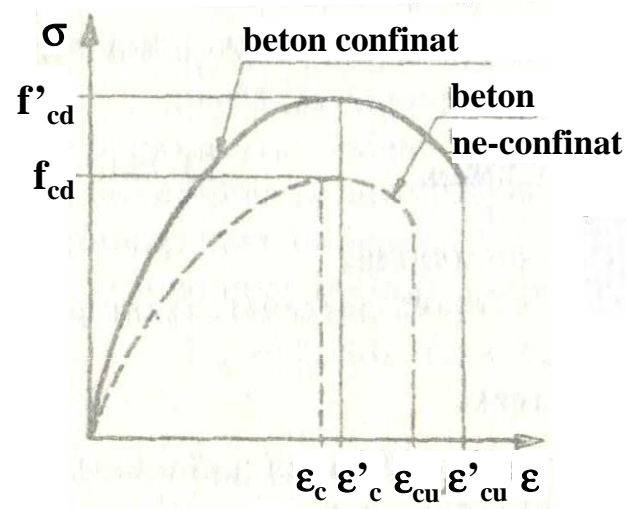


- prin proiectare  $x \downarrow \Rightarrow \phi \uparrow \Leftrightarrow$  ductilitatea crește

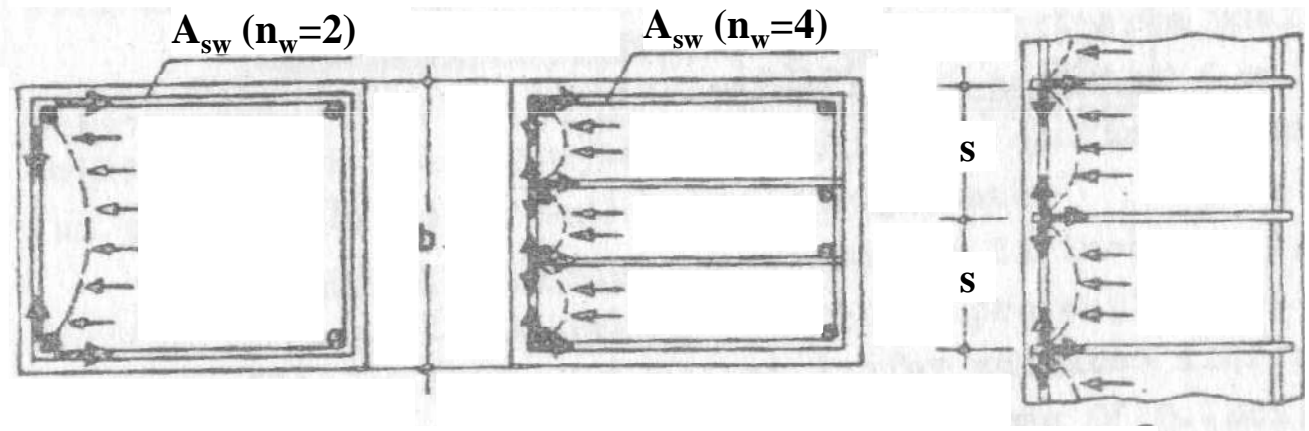
# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON

- confinarea betonului → prin armăturile longitudinale
- prin armăturile transversale (etrieri)



Comportarea  
betonului confinat



Confinarea betonului prin barele de armătură

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON



Cedarea stâlpului la tăiere datorită lipsei etrierilor și calității reduse a betonului



Acoperire cu beton excesivă care reduce capacitatea portantă la încovoiere, și calitate redusă a betonului

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON



Armare insuficientă la tăiere  
și calitate redusă a betonului



Lipsa confinării la capăt de stâlp

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON



Lipsa etrierilor în nodul grindă-stâlp



Flambajul armăturii longitudinale

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - CONSOLIDAREA ZONEI COMPRIMATE DE BETON



Flambajul armăturii  
longitudinale



Stâlp zvelt, ancorare insuficientă  
a armăturilor și absența etrierilor

## MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

- DIRIJAREA FORMĂRII ARTICULAȚIILOR PLASTICE
  - pt. a avea cedări locale și nu cedări globale
  - pt. reducerea deplasărilor orizontale totale
  - momentele încovoietoare de calcul pt. stâlpi = momentele încovoietoare din analiza statică majorate

$$\sum M_{Rc} \geq \gamma_{Rd} \cdot \sum M_{Rb}$$

unde:  $\gamma_{Rd} \geq 1,0$

b = grindă

c = stâlp

R = rezistență

Articulații plastice în stâlpi





# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - DIRIJAREA FORMĂRII ARTICULAȚIILOR PLASTICE



Articulații plastice în stâlpi

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - DIRIJAREA FORMĂRII ARTICULAȚIILOR PLASTICE



Cedarea stâlpilor la partea superioară:  
parapetul acoperișului formează o  
grindă puternică rezemată pe stâlpi slabi



Articulații plastice la capete de stâlpi

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - DIRIJAREA FORMĂRII ARTICULAȚIILOR PLASTICE



Articulații plastice la capete de stâlpi



Cedarea stâlpilor de la ultimul nivel

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

- DIRIJAREA FORMĂRII ARTICULAȚIILOR PLASTICE



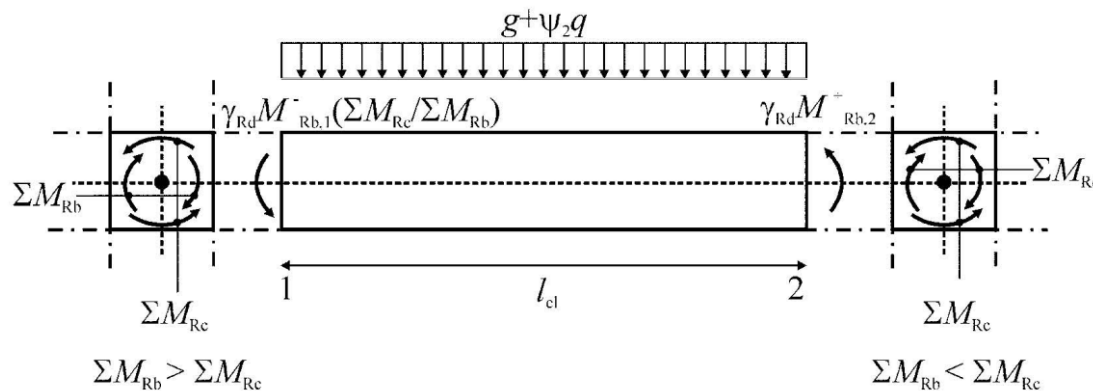
Cedarea stâlpilor de la ultimul nivel

## MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

- LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE
  - evitarea cedării fragile (bruște, fără preaviz) la tăiere înainte de producerea cedării ductile (treptate) la încovoiere în articulațiile plastice
  - forța tăietoare de calcul = forța tăietoare asociată momentelor încovoietoare maxime (ultime) din articulațiile plastice
  - articulațiile plastice se consideră că se formează la capetele elementelor (grinzi sau stâlpi) în secțiunile corespunzătoare momentelor încovoietoare maxime

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE



Forțe tăietoare de proiectare, asociate momentelor încovoietoare, la grinzi

$$V_{Ed} = \frac{(g + \psi_2 \cdot q) \cdot l_{el}}{2} + \frac{|M_{1d}| + |M_{2d}|}{l_{el}}$$

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min \left( 1, \frac{\Sigma M_{Rc}}{\Sigma M_{Rb}} \right)$$

unde:  $\gamma_{Rd} \geq 1,0$

b = grindă

c = stâlp

R = rezistență

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

- LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE

$$V_{Ed} = \frac{|M_{1d}| + |M_{2d}|}{l_{el}}$$

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min\left(1, \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}}\right)$$

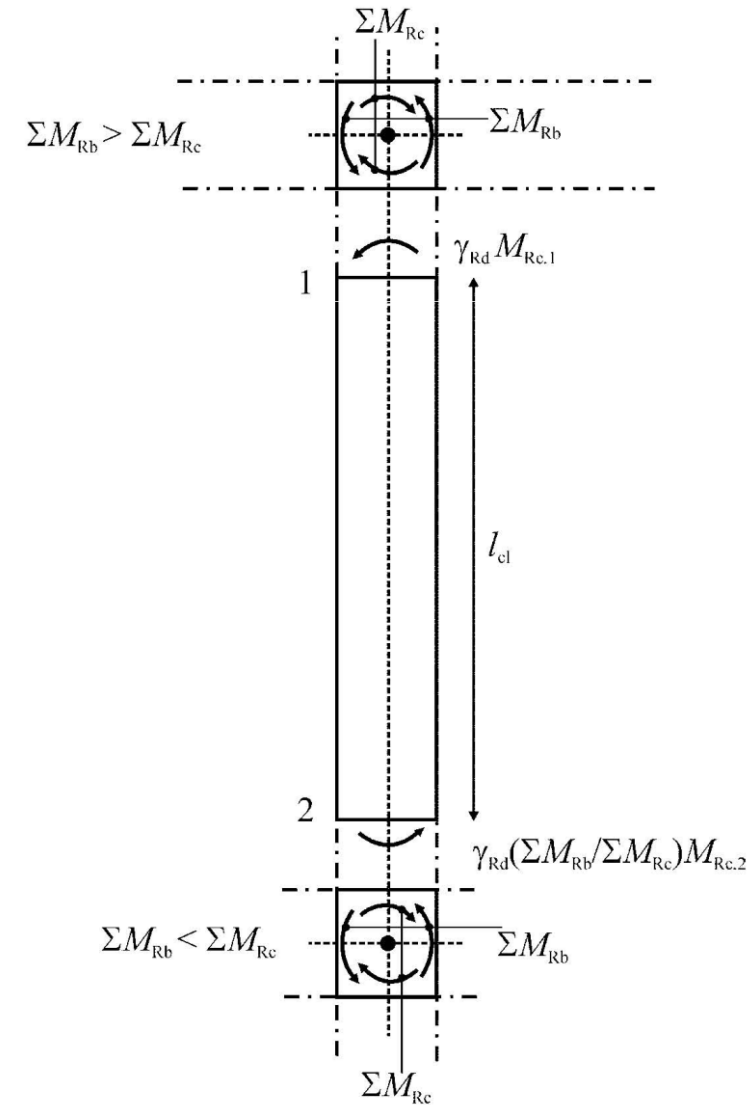
unde:

$$\gamma_{Rd} \geq 1,0$$

b = grindă

c = stâlp

R = rezistență



Forțe tăietoare de proiectare, asociate momentelor încovoietoare, la stâlpi

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE



Cedarea stâlpului la tăiere



Cedarea stâlpului parter la tăiere



# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE



Cedarea stâlpului la tăiere



Cedarea stâlpului la nodul superior din lipsă de etrieri și activarea mecanismului grindă puternică – stâlp slab

# MĂSURI PT. MĂRIREA DUCTILITĂȚII STRUCTURALE

## - LIMITAREA EFORTURILOR DIN FORȚE TĂIETOARE



Fisurarea pereților diafragmă

## LIMITAREA DEPLASĂRILOR RELATIVE DE NIVEL

### - CALCULUL DEPLASĂRILOR

$$d_s = q \cdot d_e$$

unde:  $d_s$  – deplasarea oriz. din acțiunea seismică

$q$  – factor de comportare

$d_e$  – deplasarea orizontală calculată prin analiză liniară la acțiuni seismice

### - DEPLASAREA RELATIVĂ DE NIVEL

$$d_r \leq 0.005 \cdot h \quad - \text{pt. pereți de umplură casanți}$$

$$d_r \leq 0.0075 \cdot h \quad - \text{pt. pereți de umplură ductili}$$

$$d_r \leq 0.010 \cdot h \quad - \text{fără pereți de umplură}$$

unde:  $d_r = d_{s,i} - d_{s,i-1}$  – depl. relativă de nivel la nivelul  $i$

$h$  – înălțimea de nivel

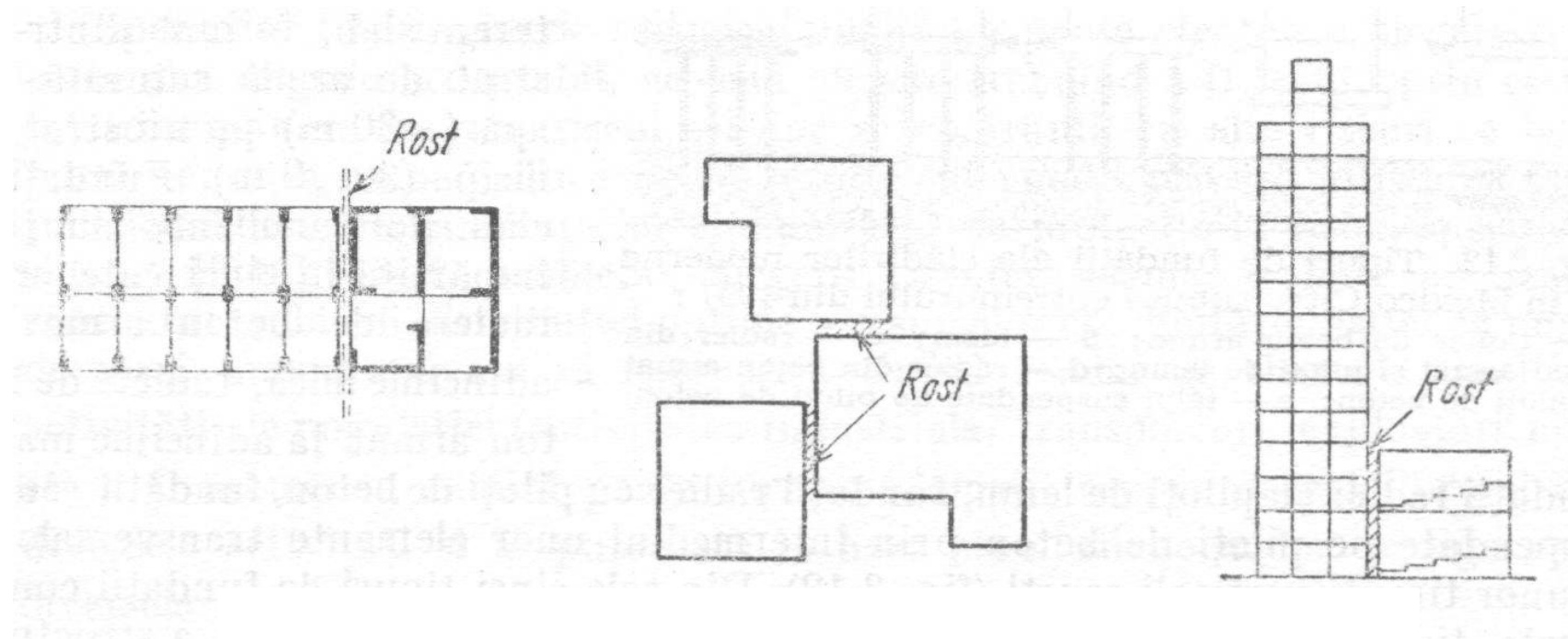
# LIMITAREA DEPLASĂRILOR RELATIVE DE NIVEL



Deplasarea nivelului 1 și planșeului superior a unei structuri din beton armat cu destinație comercială, aflată în construcție. Deplasarea de nivel a parterului a fost împiedicată de pereții de umplură din zidărie

## ROSTUL SEISMIC

- dintre clădiri sau tronsoane de clădire flexibile și rigide
- pt. împărțirea în tronsoane a clădirilor cu forme speciale
- dintre tronsoane de clădire cu înălțimi diferite



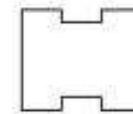
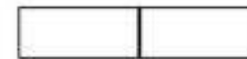
# ROSTUL SEISMIC

## DA

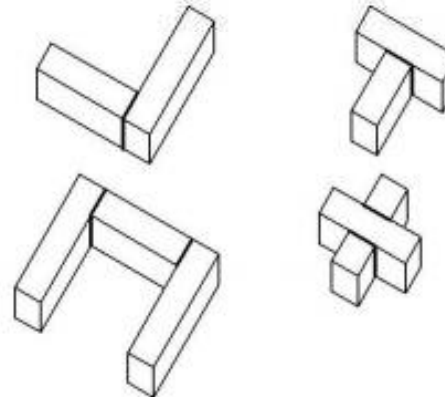
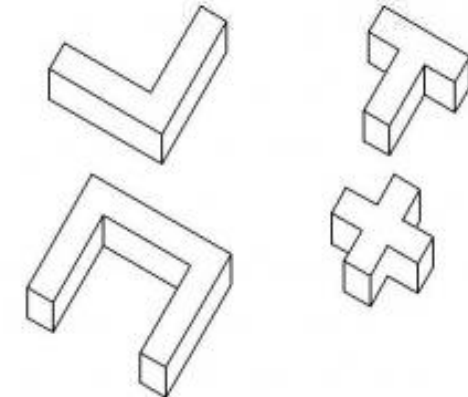
## NU


 $L_{max}/L_{min} \leq 4.00$ 


ROST SEISMIC



ROST SEISMIC


 $L_{max}/L_{min} > 4.00$ 


Forme recomandate și  
nerecomandate de clădiri

## ROSTUL SEISMIC



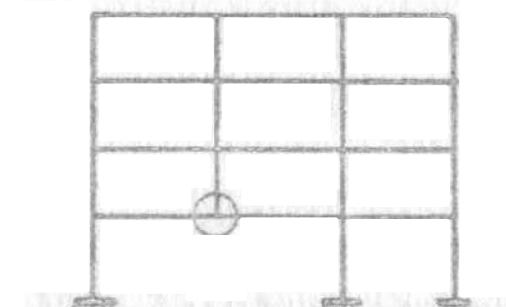
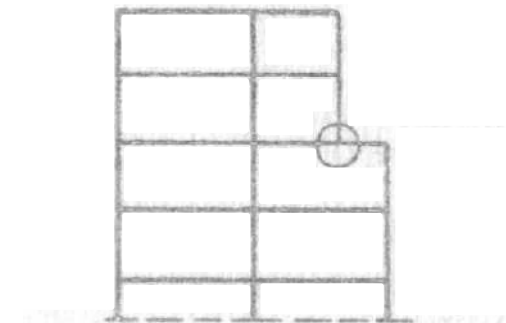
București, 1977: distrugerii datorită impactului din seism



Sisteme structurale diferite la parter – lipsa rostului seismic

## ALCĂTUIREA GENERALĂ

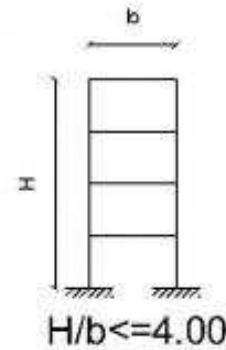
- Reducerea greutăților proprii
- Repartiția uniformă, simetrică și constantă pe verticală a maselor și rigidităților
  - Evitarea nivelelor flexibile
- Reducerea efectelor torsiunii generale
- Transmiterea directă a încărcărilor  
→ stâlp-stâlp



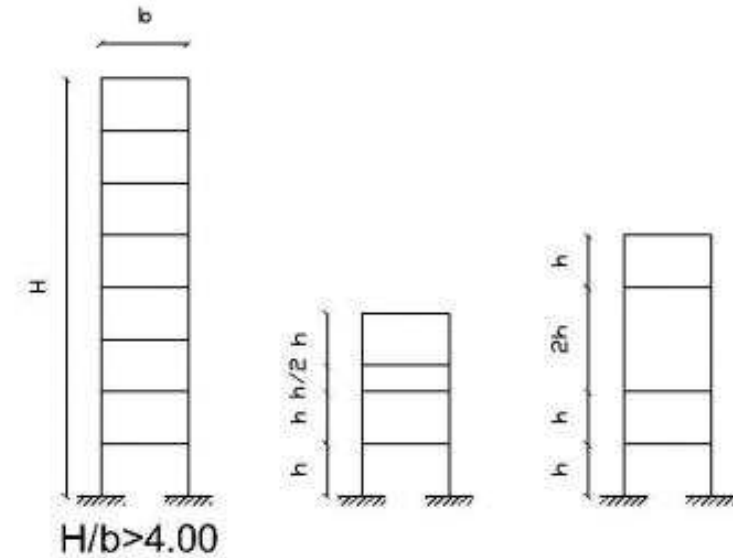


# ALCĂTUIREA GENERALĂ

## DA

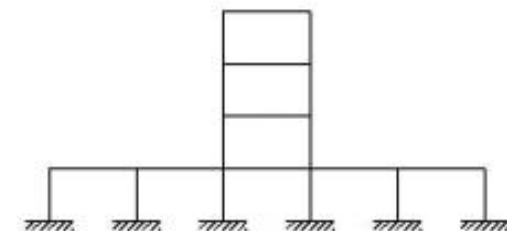
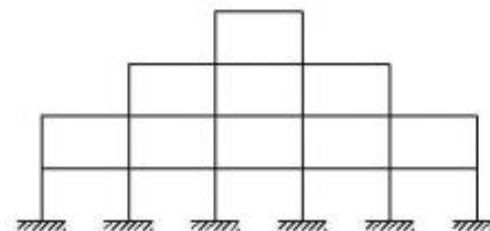


## NU



### RETRAGERI BRUȘTE ÎN FAȚADĂ

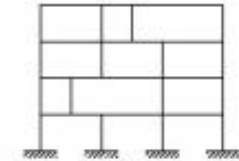
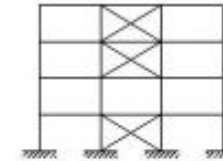
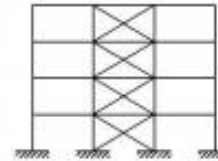
Conformarea pe verticală  
a structurii



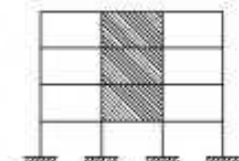
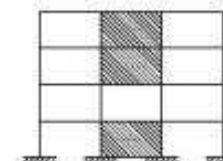
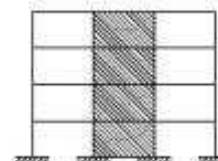
# ALCĂTUIREA GENERALĂ

**DA**

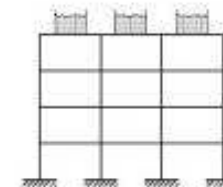
**NU**



CONTRAVÂNTUIRI METALICE

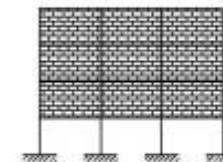
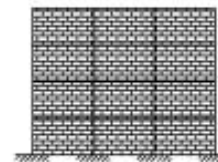


DIAFRAGME



DISTRIBUȚIE  
NEUNIFORMĂ A MASELOR

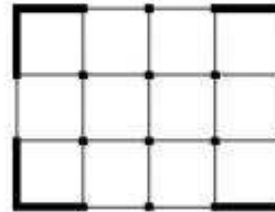
Conformarea uniformă verticală și  
continuitatea maselor și rigidităților



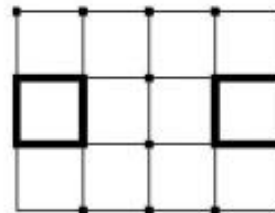
# ALCĂTUIREA GENERALĂ

## DA

DIAFRAGME



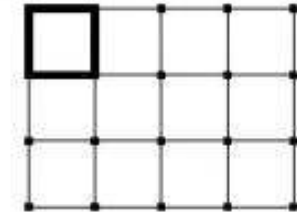
CONTRAVÂNTUIRI METALICE



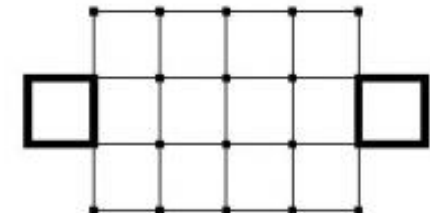
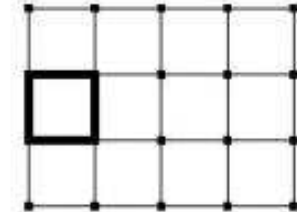
Efectele torsiunii generale

## NU :

EFECTELE TORSIUNII



EFECTELE TORSIUNII



## ALCĂTUIREA GENERALĂ



Colapsul diferitelor nivele cu rigiditate modificată



Colapsul parterului flexibil

## ALCĂTUIREA GENERALĂ



Colapsul parterului flexibil

## ALCĂTUIREA GENERALĂ



Colapsul parterului flexibil

## ALCĂTUIREA GENERALĂ



Silozuri cu deplasări blocate – nedeteriorate.  
Flambajul silozului izolat

## ALCĂTUIREA GENERALĂ



Străpungerea plăcii dală de către stâlp