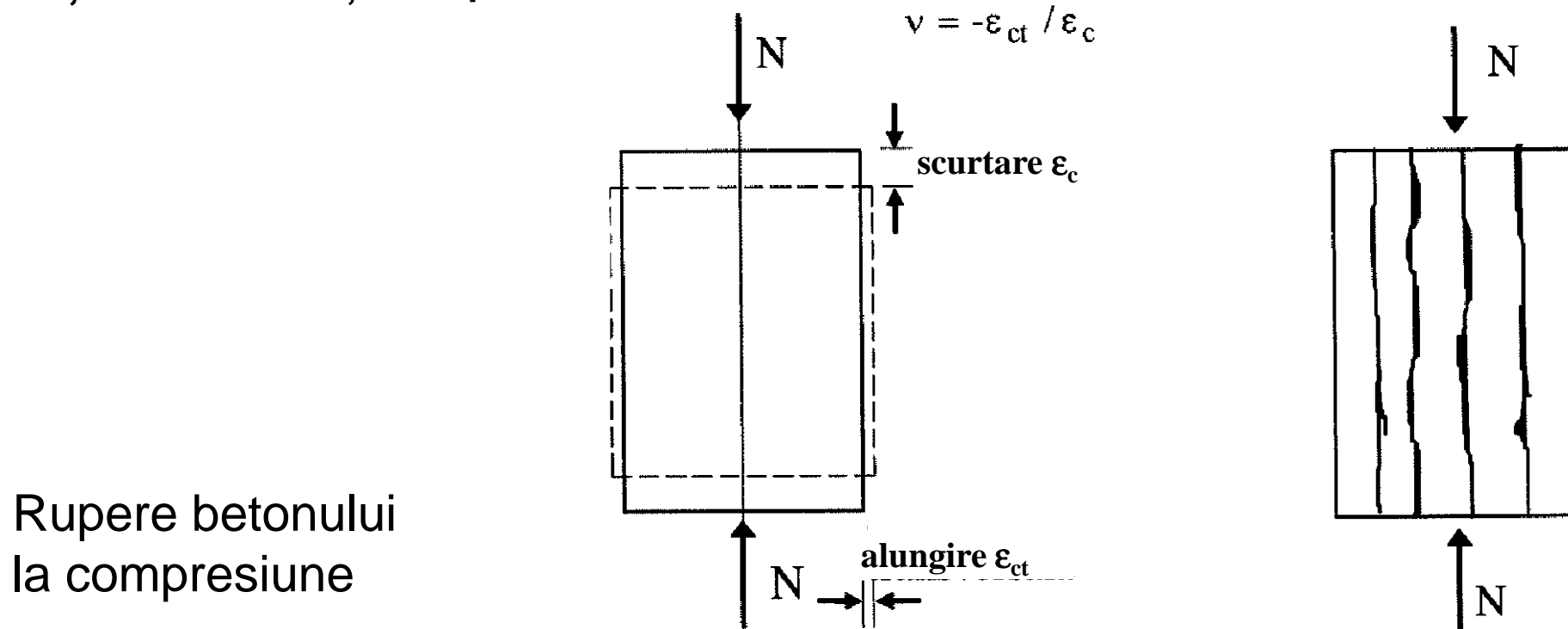


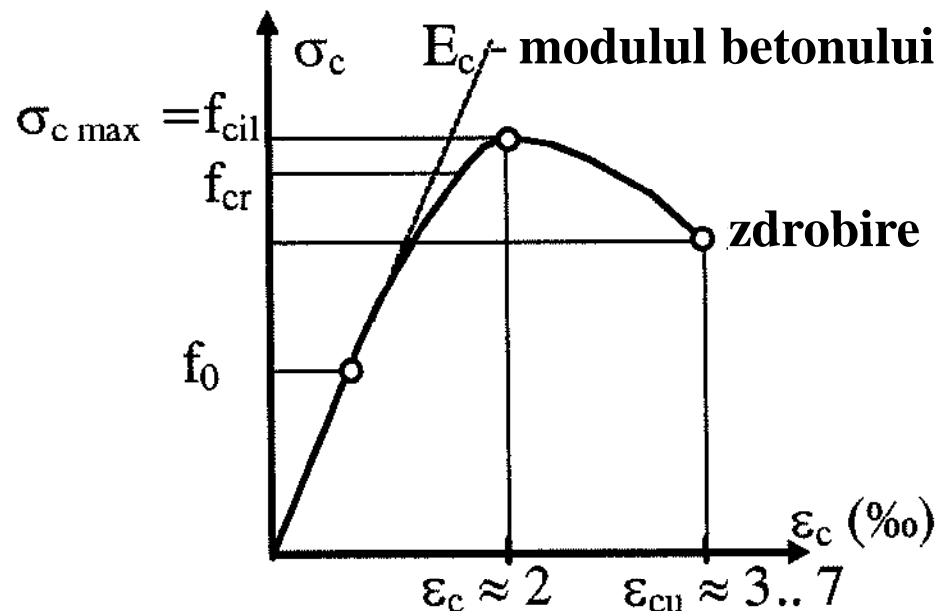
## RUPEREA BETONULUI COMPRESIUNE AXIALĂ

- Rupere ductilă (treptată) prin micro-fisurare și fisurare perpendicular pe direcția încărcărilor
- În final, ruperea se datorează alungirii și decoeziunii laterale, și deformației specifice întinderii



## RUPEREA BETONULUI COMPRESIUNE AXIALĂ

- Comportare elastică până la limita  $f_0$  – rezistența de micro-fisurare  
 $f_0 = (0,30 \dots 0,75) f_{cil}$
- Comportare elasto-plastică: micro-fisurare
- Fisurare și Rupere la  $f_{cil}$  – rezistența cilindrică (la compr.)

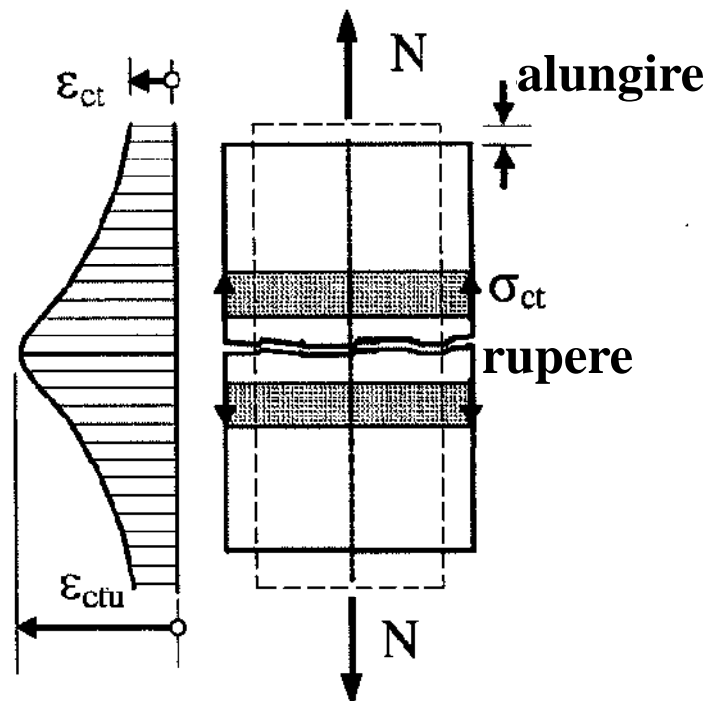


Curba  $\sigma - \epsilon$  a betonului  
la compresie

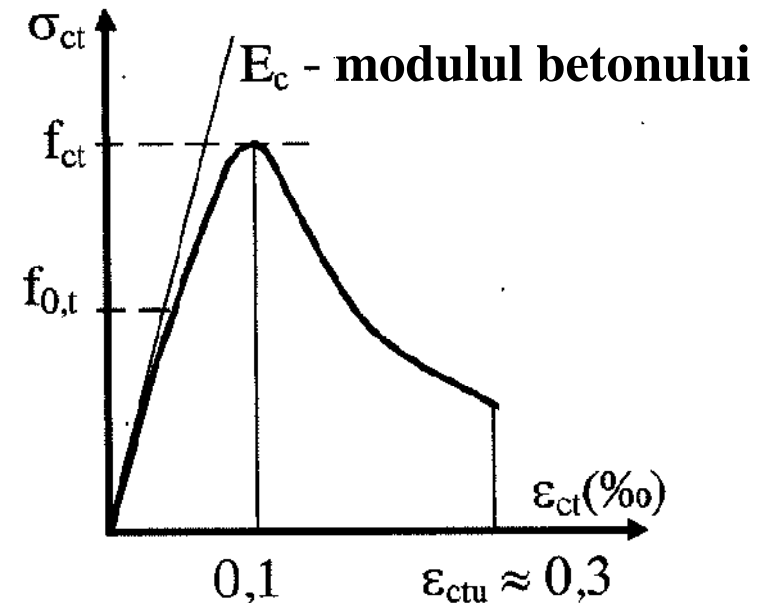
## RUPEREA BETONULUI

### ÎNTINDERE AXIALĂ

- Rupere fragilă, bruscă la :  $f_{ct}$  – rezistența la întindere
- Fisură bruscă la :  $\varepsilon_{ctu}$  – def. spec. max. la întindere



Ruperea betonului  
la întindere



Curba  $\sigma - \varepsilon$  a betonului  
la întindere

# RUPEREA BETONULUI ÎNTINDERE AXIALĂ

Testare și rupere:



## RUPEREA BETONULUI

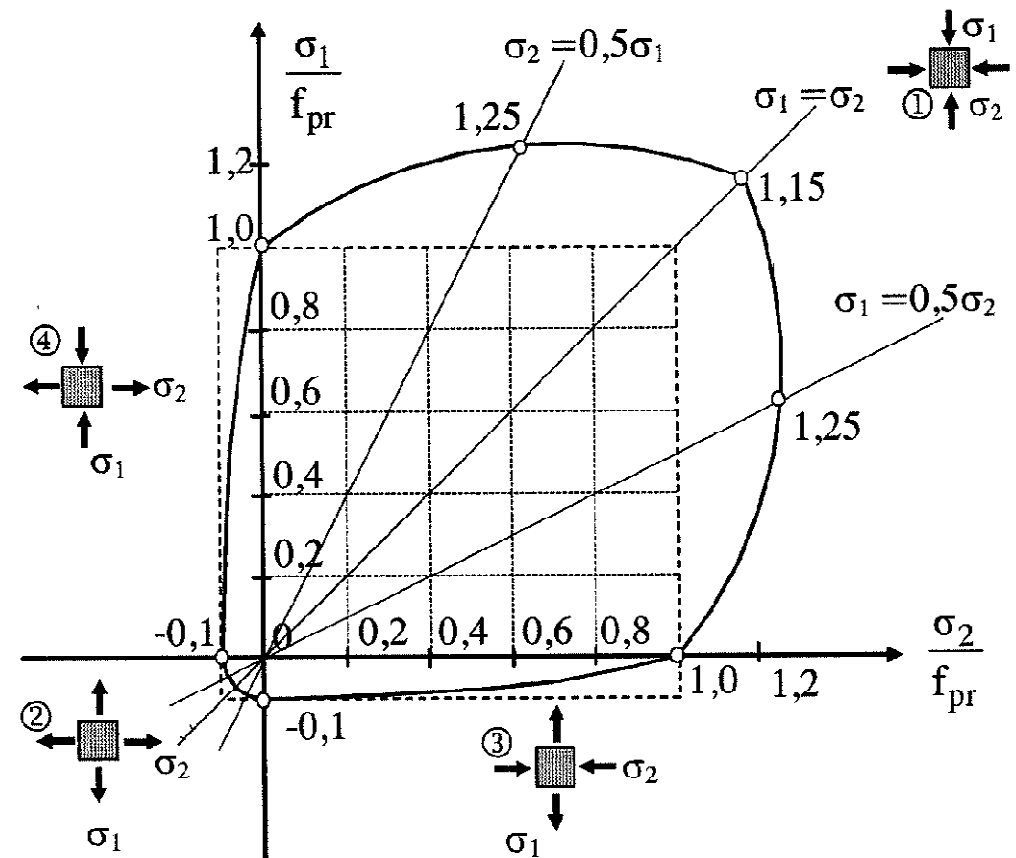
### STAREA PLANĂ (2D) DE TENSIUNE

- Starea normală de solicitare a elementelor din beton armat
- Comportarea betonului mai bună decât la solicitare axială

$f_{pr}$  – rezistența prismatică  
(la compresiune)

$\sigma_1$  și  $\sigma_2$  – tensiuni principale

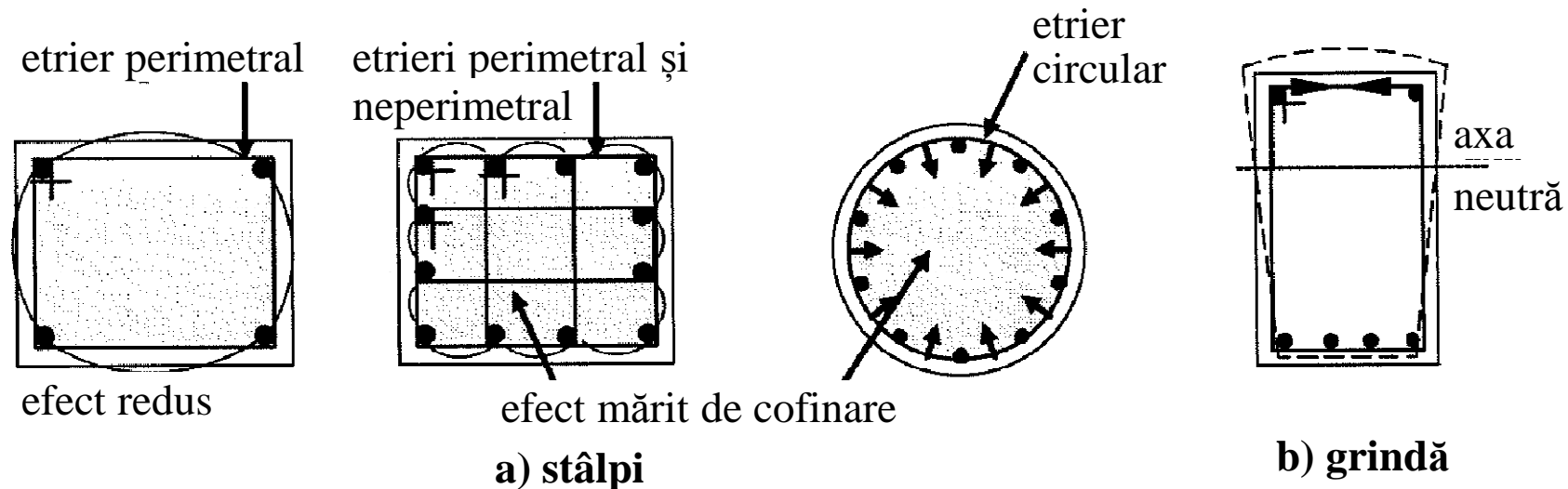
Curba  $\sigma - \varepsilon$  a betonului  
la solicitări bi-axiale



## RUPEREA BETONULUI

### STAREA SPAȚIALĂ (3D) DE TENSIUNE

- În elemente masive din beton
- Armarea cu etrieri, uzuală pentru elementele din beton armat, împiedică alungirea laterală a betonului comprimat  
⇒ confinare și stare spațială de tensiune
- Comportarea betonului mai bună decât la solicitare axială



### Confinarea cu etrieri a betonului comprimat

## TESTE EXPERIMENTALE PT. REZISTENȚE BETON

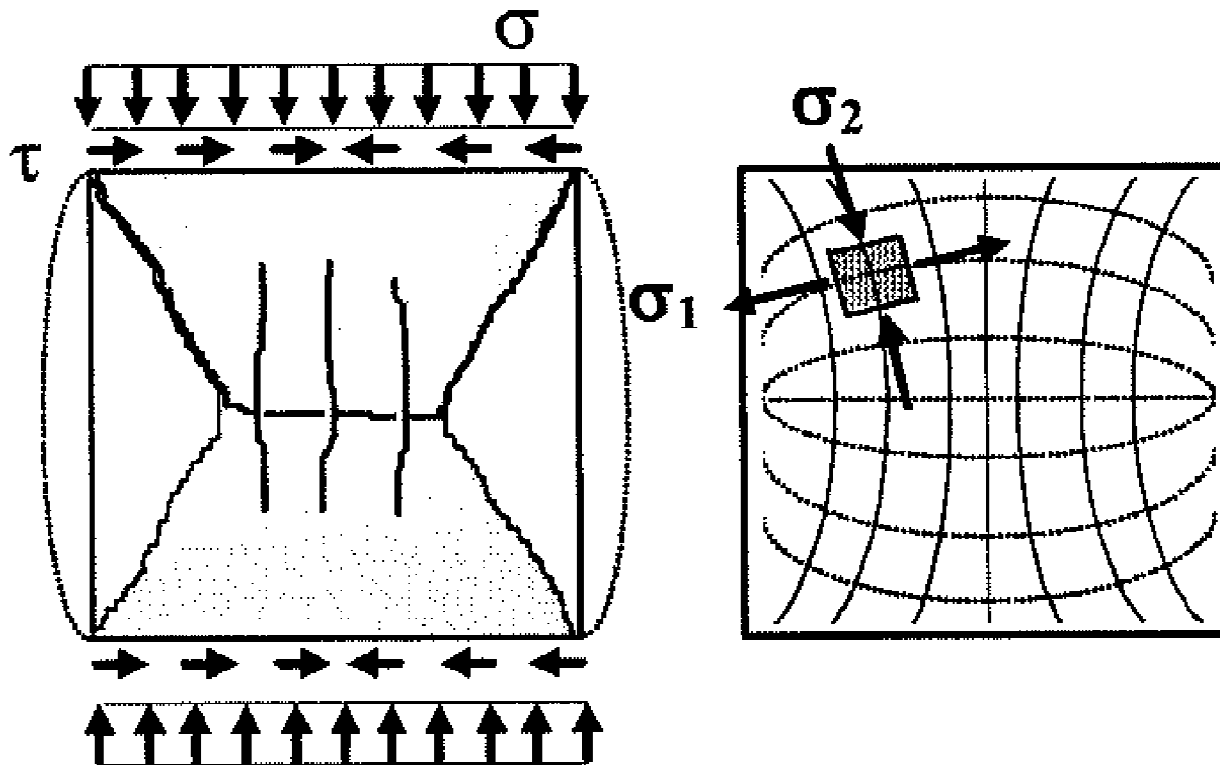
- Încercări experimentale standard până la rupere:
  - diferite forme și dimensiuni ale epruvetelor din beton
  - diferite moduri de încercare și încărcare

### Teste experimentale uzuale pentru beton

Rezistența	Solicitarea	Epruveta	Denumirea	Notația
Rezistența la compresiune	Compresiune axială	cilindru	<b>REZISTENȚA CILINDRICĂ (CLASA BETONULUI)</b>	$f_{cil}$
		cub	Rezistența cubică	$f_{cub}$
		prismă	Rezistența prismatică	$f_{pr}$
Rezistența la întindere	Întindere axială	prismă cilindru	Rezistența la întindere	$f_{ct}$
	Întindere din despicare	cilindru cub	Rezistența la întindere din despicare	$f_{ct\ sp}$
	Întindere din încovoiere	prismă încovoiată	Rezistența la întindere din încovoiere	$f_{ct\ fl}$

## TESTE EXPERIMENTALE PT. REZISTENȚE BETON

- Rezistența cubică (la compresiune):
  - încercare pe cuburi
  - încercare cu frecare între epruveta din beton și platanele metalice ale preseii hidraulice de încărcare





## FACTORI DE INFLUENȚĂ PT. REZISTENȚE BETON

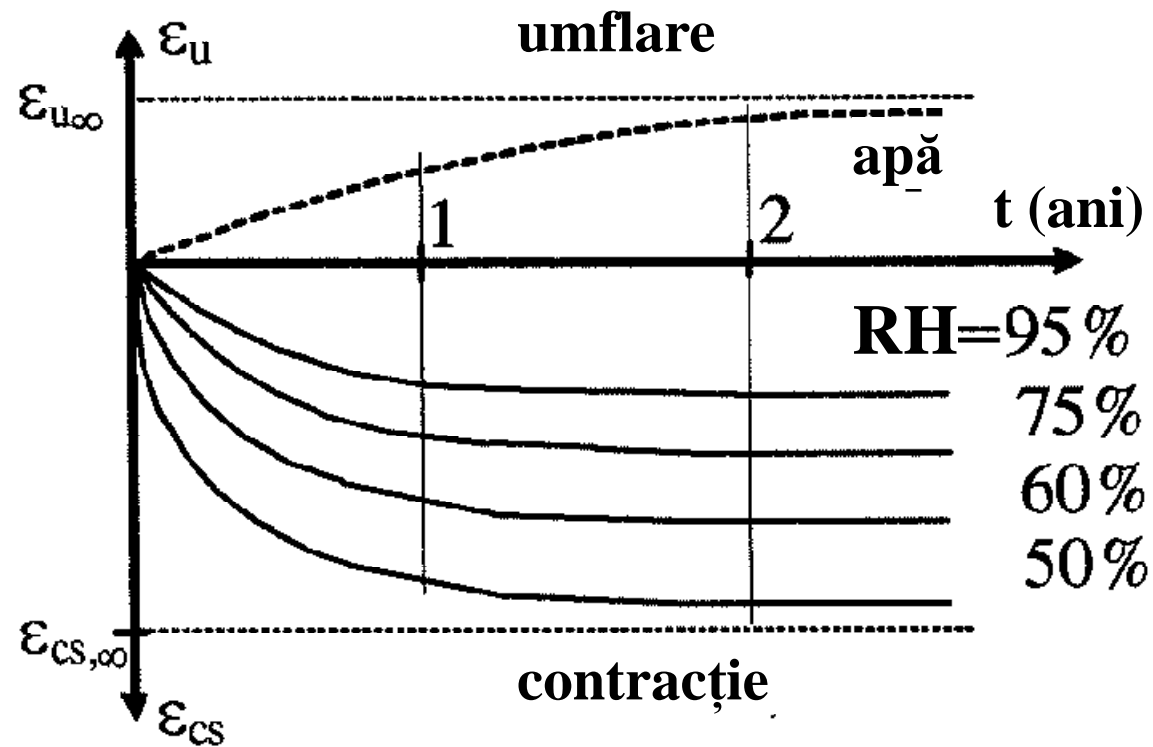
- Compoziția betonului:
  - Ciment: calitate; cantitate; etc.
  - Apa de amestecare: raportul  $A / C$
  - Agregate: compoziție; formă; mărime; rezistență
  - Aditivi
- Punerea în operă a betonului – tehnologii de mărire a compactității: vibrare, etc.
- Forma și mărimea epruvetelor din beton armat
- Vârsta betonului
- Condițiile de mediu înconjurător:
  - Temperatură
  - Umiditate

## NATURA DEFORMAȚIILOR BETONULUI

- Deformații mici: deformația ultimă = 0,1...6 mm/m
- Din cauze intrinseci:           contractația și umflarea
- Din cauze exterioare:       încărcări; deplasări impuse;  
  variații de temperatură
- Tipuri de deformații din încărcări: - elastice
  - vâscoase (curgere lentă)
  - plastice (fisurare)
- Deformațiile elementelor structurale din beton sunt împiedicate prin:
  - reazeme (fundații)
  - legătura cu alte elemente structurale
  - armăturile din oțel, care prezintă caracteristici de deformare diferite

## CONTRACȚIA ȘI UMFLAREA

- Datorită variației conținutului de apă din beton:
  - în mediu uscat  $\Rightarrow$  contracție
  - în apă  $\Rightarrow$  umflare



## CONTRACȚIA ȘI UMFLAREA

- Factori de influență:
  - starea de umiditate și temperatură
  - aditivi care reduc conținutul de apă
  - evaporarea apei pe suprafață
  - forma elementelor structurale
  - modul de punere în operă a betonului pentru a reduce conținutul de apă
- Măsuri pt. reducerea contracției (mărirea compactității):
  - reducerea conținutului de apă
  - menținerea umidității după turnarea betonului
  - limitarea volumului de beton turnat într-o repriză
  - compactarea betonului la turnare
  - prevederea rosturilor de deformare liberă

## DEFORMAȚII DIN VARIAȚII DE TEMPERATURĂ

- Efect similar cu cel din deformații impuse
- Deformația elementelor liniare este:

$$\pm\Delta l = l \cdot \varepsilon_{\Delta t} = l \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

unde:

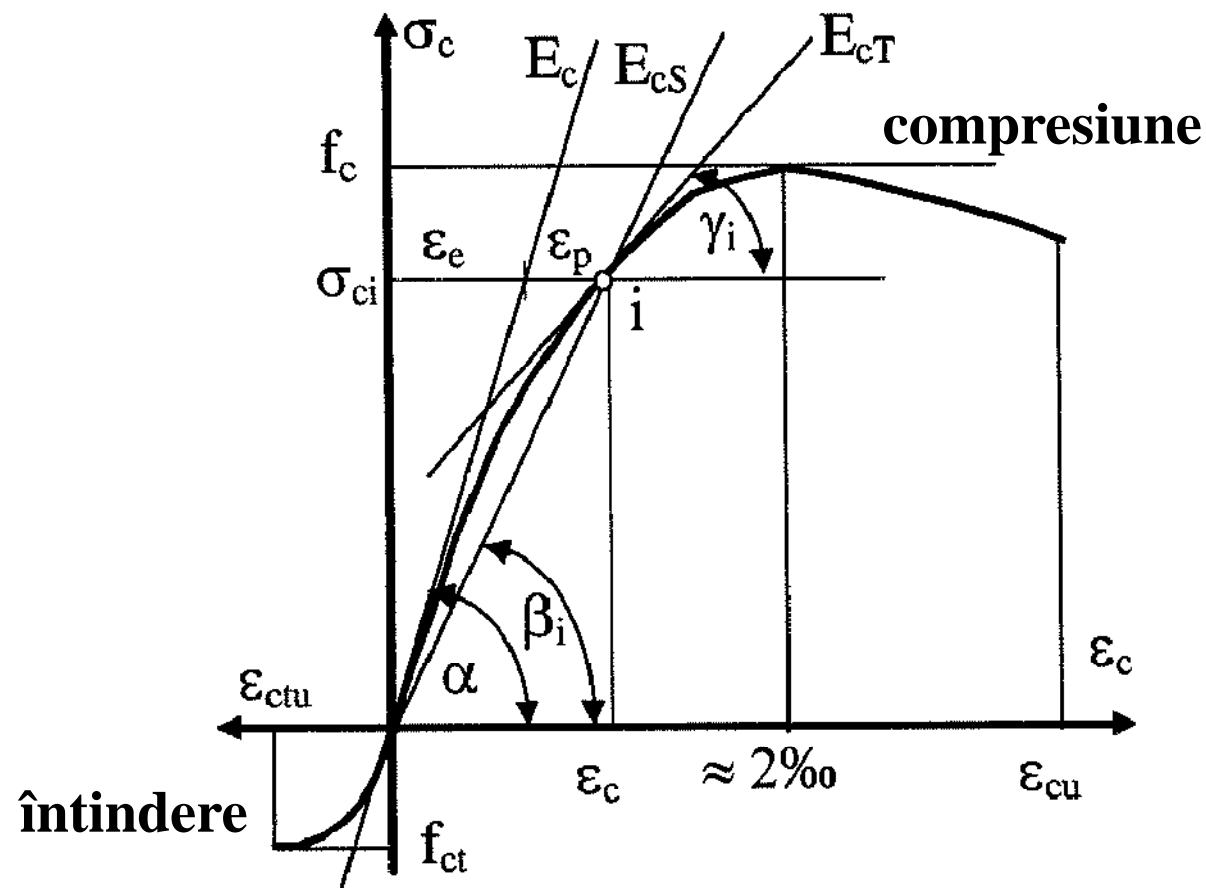
$l$  – lungimea elementului

$\Delta t$  – variația de temperatură [°C]

$\alpha = 10^{-5}/^{\circ}\text{C} = 0,01 \text{ mm}/\text{m}^{\circ}\text{C}$  – coeficient de dilatație termică a betonului

## DEFORMAȚII DIN ÎNCĂRCĂRI STATICE DE SCURTĂ DURATĂ

Comportarea betonului este dată de curba caracteristică ( $\sigma - \varepsilon$ ) obținută experimental prin teste axiale pe cilindri.



## DEFORMAȚII DIN ÎNCĂRCĂRI STATICE DE SCURTĂ DURATĂ

Modulii de deformație ai betonului:

- Modulul de elasticitate longitudinal  $E_c$  – dat de def. elastică

$$E_c = \operatorname{tg} \alpha = \sigma_c / \varepsilon_e$$

- Modulul de elasticitate transversal  $G_c$

$$G_c = E_c / 2(1+\nu) \quad \text{și} \quad \nu = - \varepsilon_{ct} / \varepsilon_c$$

$$\text{pentru } \nu = 0,2 \Rightarrow G_c = 0,4 E_c$$

- Modulul de elasticitate-plasticitate sau modulul secant  $E_{cS}$  – dat de deformația totală  $\varepsilon_c = \varepsilon_e + \varepsilon_p$

$$E_{cS} = \operatorname{tg} \beta = \sigma_c / \varepsilon_c = \sigma_c / (\varepsilon_e + \varepsilon_p) = E_c / (1 + \varepsilon_p / \varepsilon_e)$$

- Modulul tangent  $E_{cT}$  – dat de deformația totală

$$E_{cT} = \operatorname{tg} \gamma = d\sigma_c / d\varepsilon_c$$

## DEFORMAȚII DIN ÎNCĂRCĂRI STATICE DE LUNGĂ DURATĂ – CURGEREA LENTĂ $\epsilon_{cc}$

Deformația totală a betonului, sub o încărcare constantă, la timpul  $t$ :

$$\epsilon_{c,\text{total}} = \epsilon_{c0} + \Delta\epsilon_{c,t}$$

$$\epsilon_{c0} = \epsilon_e + \epsilon_p \quad (\text{elastică} + \text{plastică})$$

$$\Delta\epsilon_{c,t} = \epsilon_{cs,t} + \epsilon_{cc,t}$$

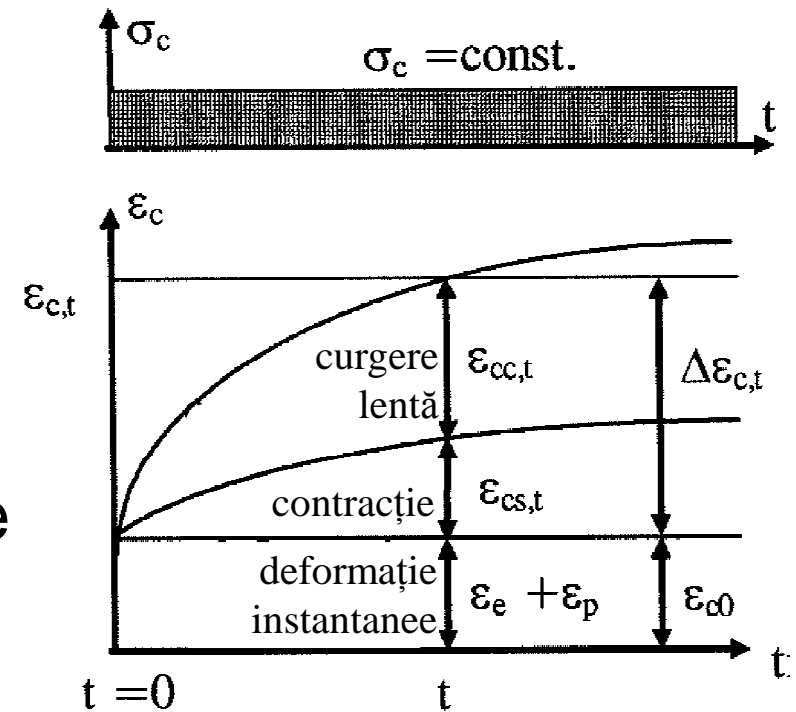
(contractie + curgere lentă)

Dacă  $\sigma_c \leq f_0$  deformația de curgere lentă liniară la  $t = \infty$  va fi:

$$\epsilon_{cc}(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) \cdot (\sigma_c / E_c)$$

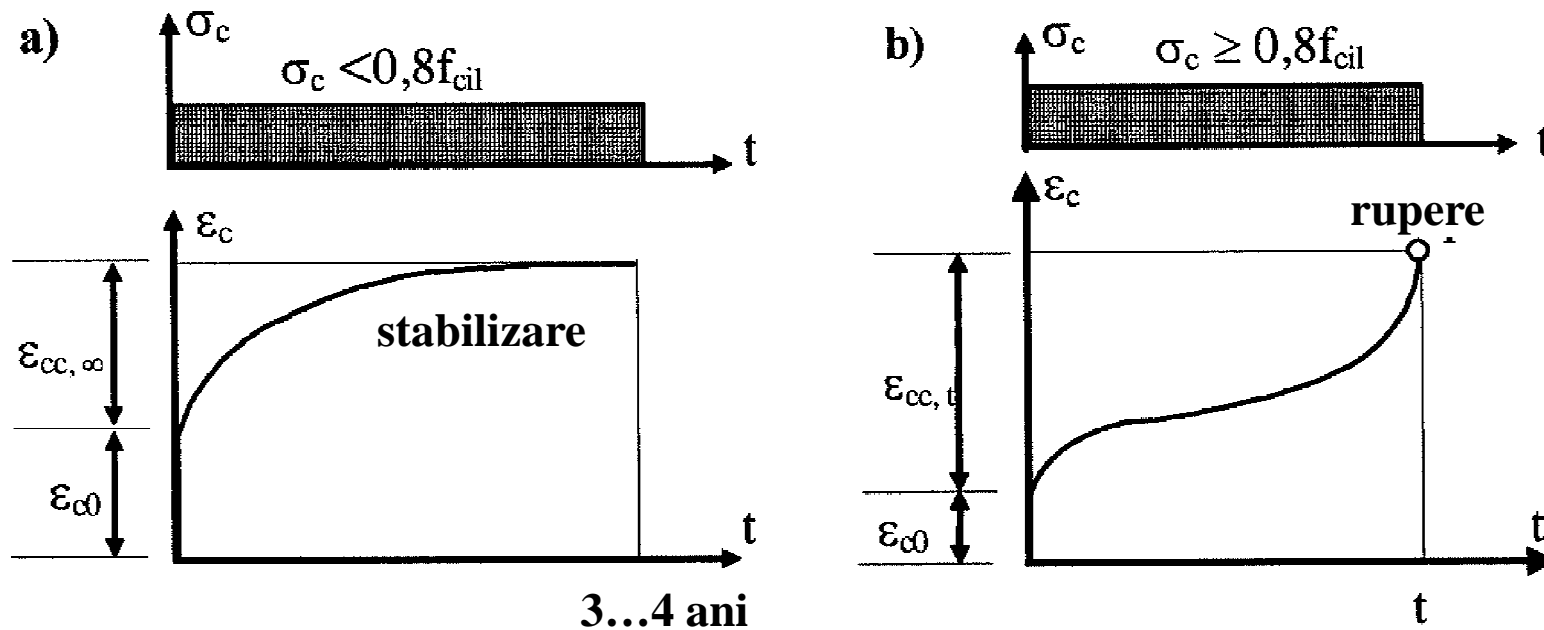
unde:  $\epsilon_c = \sigma_c / E_c$

$\phi(\infty, t_0)$  – coeficient de curgere lentă





## DEFORMAȚII DIN ÎNCĂRCĂRI STATICE DE LUNGĂ DURATĂ – CURGEREA LENTĂ

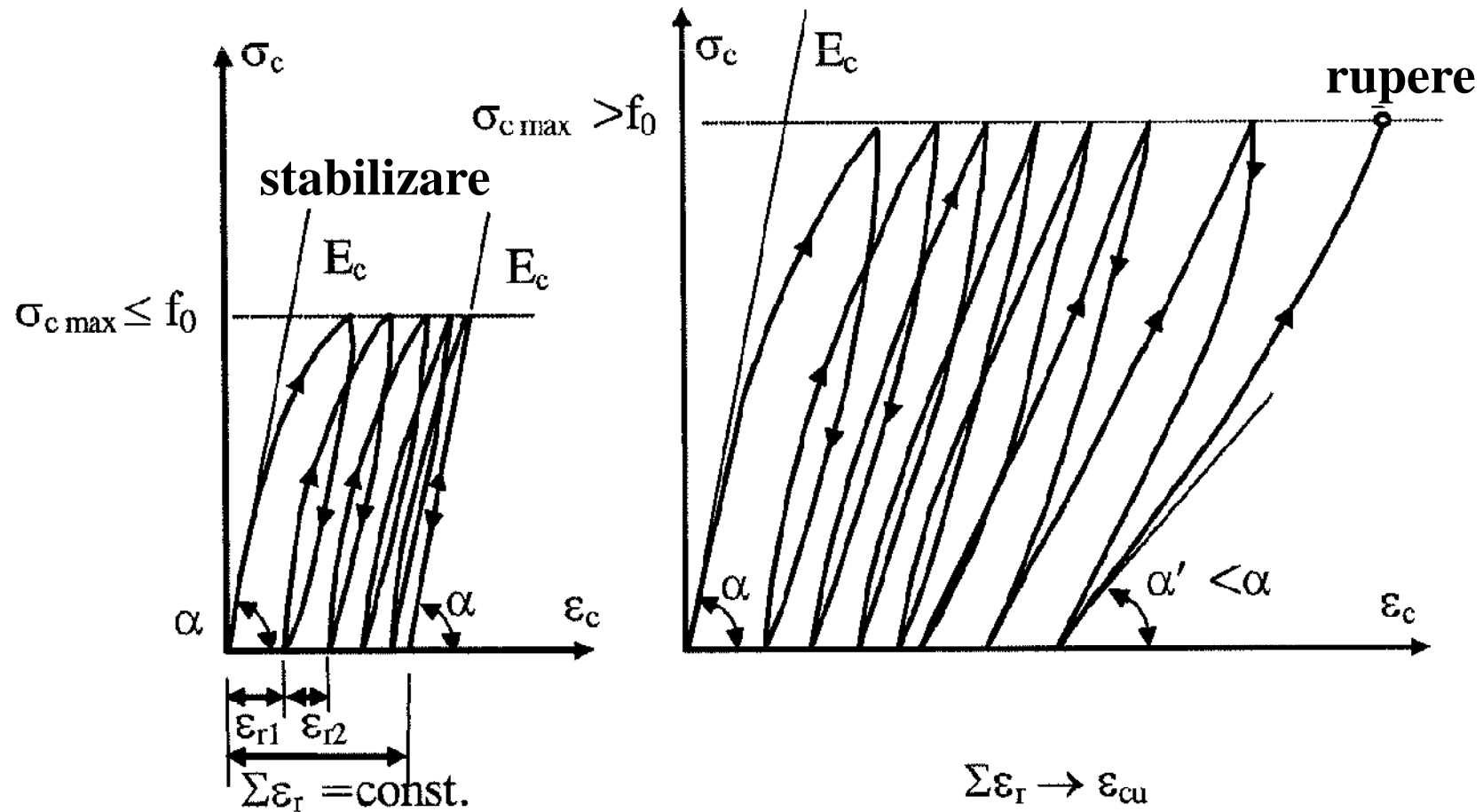


Modulul de elasticitate la încărcări statice de lungă durată:

$$E_{c,eff} = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_e + \varepsilon_{cc}(\infty, t_0)} = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_e [1 + \phi(\infty, t_0)]} \quad \text{sau} \quad E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)}$$

## DEFORMAȚII DIN ÎNCĂRCĂRI CICLICE (OBOSEALA)

- dacă  $\sigma_{c \max} \leq f_0 \Rightarrow$  stabilizarea deformațiilor
- dacă  $\sigma_{c \max} > f_0 \Rightarrow$  cumulara deformațiilor până la rupere



Curba caracteristică  $\sigma - \epsilon$  a betonului la încărcări ciclice