

---

# Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata

Corso di Laurea in Ingegneria Civile  
Facoltà di Ingegneria

Prof. Bernhard Elsener  
[belsener@unica.it](mailto:belsener@unica.it)

Master in Scienza dei Materiali al politecnico di Zurigo (ETHZ)  
Dottore di Ricerca (Corrosione)

Prof. per Scienza dei Materiali a Cagliari dal 1998

---

## Ingegneria Civile - progettare e realizzare strutture...



Pantheon, Roma

(118 - 125)



Ponte strallato "Emanuela Loi" (2009)

... richiede (anche) conoscenze dei materiali

---

## Ingegneria Civile - progettare e realizzare strutture...

### Resistenza e stabilità

Concezione strutturale, adeguato dimensionamento, opportuna scelta dei materiali

### Durabilità

Degrado dei materiali, corrosione dovuta all'interazione con ambiente



Sunnibergbrücke, Ch. Menn

### Estetica

Forma, colore e aspetto della struttura vengono determinati (anche) dai materiali

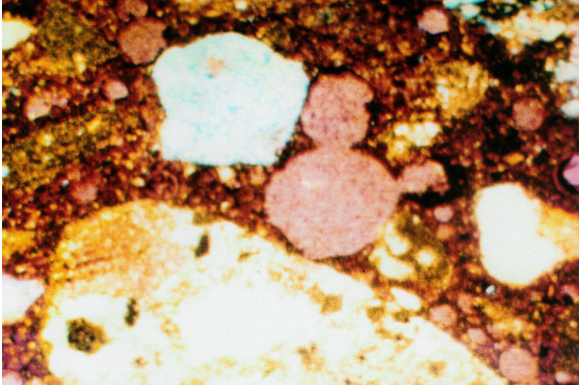
### Funzionalità

accorta progettazione dei dettagli costruttivi, proprietà dei materiali

Per la progettazione e la verifica della funzionalità e durabilità delle strutture in CA sono richieste conoscenze approfondite sui materiali (calcestruzzo, acciaio).

---

## Caratteristiche meccaniche



Calcestruzzo (inerti, acqua e cemento)  
facilmente da produrre, economico

- alta resistenza a compressione
- classi di resistenza del cls



Acciaio per armature  
Acciai da precompressione

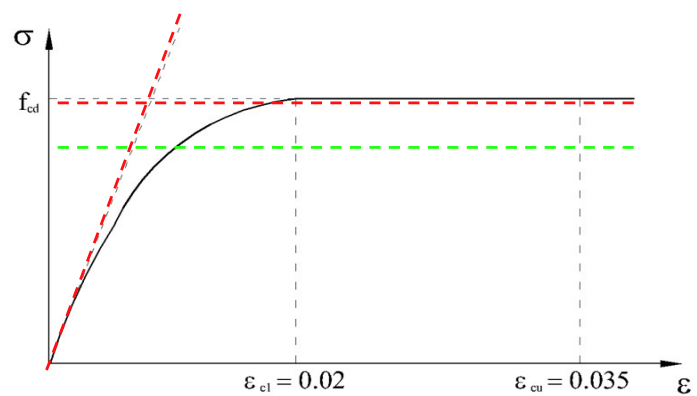
- alta resistenza a trazione
- norme

Le caratteristiche reali del cls e degli acciai vengono approssimati nei calcoli.

## Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,83 R_{ck}}{\gamma_c}$$

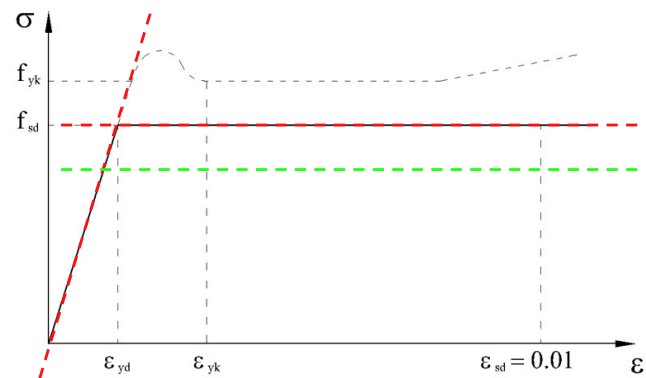
$$f_{c1} = 0,85 f_{cd} = 0,85 \frac{0,83 R_{ck}}{\gamma_c}$$



- $R_{ck}$  resistenza a compressione cubica (28 giorni)
- $f_{ck}$  resistenza a compressione cilindrica
- $f_{cd}$  resistenza a compressione del cubo
- $\gamma_c$  coefficienti parziali di sicurezza (norme)

## Caratteristiche meccaniche dell' acciaio

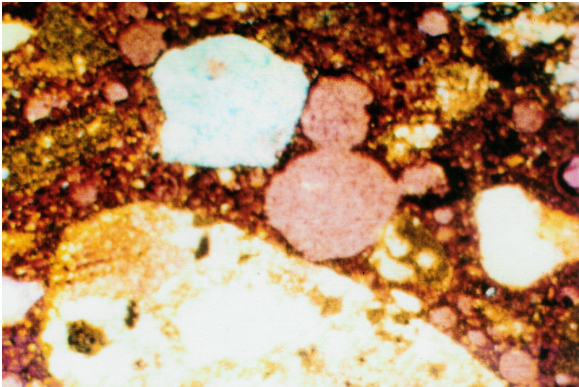
$$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$



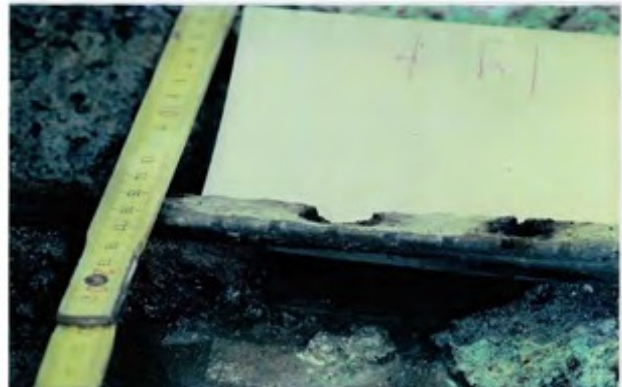
- $f_{yk}$  carico di snervamento (limite deformazione elastica)
- $f_{sd}$  resistenza di calcolo acciaio
- $\gamma_c$  coefficienti parziali di sicurezza (norme)

---

## Durabilità del calcestruzzo armato



Dalla reazione del cemento con acqua risulta un ambiente alcalino ( $\text{pH} > 12.5$ ) nel calcestruzzo. Le armature sono protette da un film passivo (film di ossido).



La penetrazione dei ioni cloruro nel cls porta alla corrosione localizzata. Costi molto alti per il ripristino.

Controllo del copriferro e della qualità del cls – un ingegnere deve sapere di più.

---

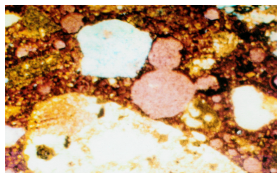
## I livelli di struttura della materia - calcestruzzo



Strutture in CLS  
Architettura e Ing. Civile

Dimensione m

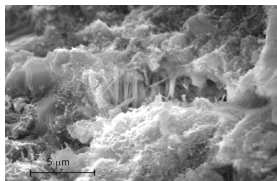
$10^3$



Calcestruzzo  
Inerti, ghiaia, sabbia  
Pasta cementizia

Dimensione mm

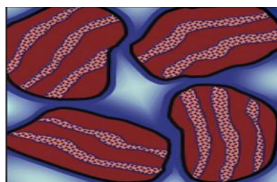
$10^3$



Pasta cementizia  
Pori capillari, fibre CSH  
Cristalli  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Dimensione  $\mu\text{m}$

$10^3$

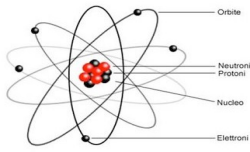


Struttura CSH  
Silicato di calcio, gel  
Acqua tra i strati  
Acqua nei nano-pori

Dimensione nm

---

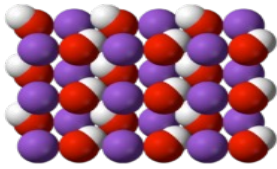
## I livelli di struttura della materia - metalli



Struttura atomica  
Nucleo e elettroni

Dimensione nm

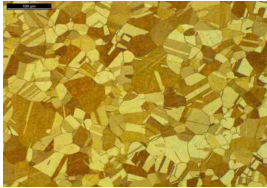
$10^3$



Struttura cristallina  
Reticoli e cristalli

Dimensione  $\mu\text{m}$

$10^3$



Struttura microscopica  
Materiali policristallini  
Bordi di grano

Dimensione mm

$10^3$

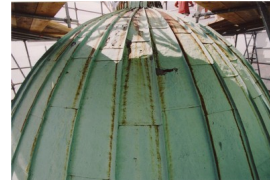
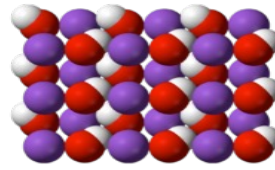
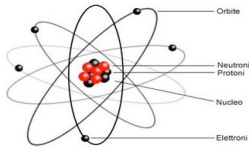


Struttura macroscopica  
Assemblaggio  
Tecnica di costruzione

Dimensione m

---

# Proprietà dei materiali



Tutti i livelli di struttura influiscono sulle proprietà dei materiali