

1 m<sup>3</sup> DI CLS:

- 0.8 m<sup>3</sup> INERTE GROSSO
- 0.4 m<sup>3</sup> INERTE FINO
- 3 - 3.6 KN CEMENTO
- 120 - 180 l ACQUA

## CEMENTO



CEMENTO + ACQUA → MATURAZIONE

- 1) PRESA
- 2) INDURIMENTO

CEMENTO  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Al Ca (20\%)} \\ \text{Si Ca (80\%)} \end{array} \right.$

1) PRESA =  $\text{Al Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al Ca idrati}$   
 Reazione molto rapida  
 ↓  
 + Gesso (7 ÷ 8%)  
 Regolatore di presa

2) INDURIMENTO =  $\text{Si Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Si Ca idrati}$

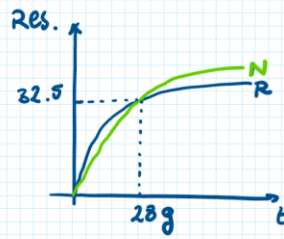
150 TIPI DI CEMENTO

↳ CLASSIFICAZIONE PER COMPOSIZIONE = 25 TIPI

| Tipi di cemento | Denominazione                        | Sigla                                | Clinker K                        | Loppa d'altoforno granulata S | Micro-silice D   | Pozzolana               |                         | Cenere Volante          |                         | Scisto Calcinato T | Calcare Calcare L | Costituenti secondari    |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
|                 |                                      |                                      |                                  |                               |                  | Naturale P              | Industriale Q           | Silicica V              | Calicica W              |                    |                   |                          |
| I               | Cem. Portland                        | I                                    | 95-100                           | -                             | -                | -                       | -                       | -                       | -                       | -                  | -                 | 0-5                      |
| II              | Cem. Portland alla loppa             | II/A-S<br>II/B-S                     | 80-94<br>65-79                   | 6-20<br>21-35                 | -                | -                       | -                       | -                       | -                       | -                  | -                 | 0-5<br>0-5               |
|                 | Cem. Portland alla microsilice       | II/A-D                               | 90-94                            | -                             | 6-10             | -                       | -                       | -                       | -                       | -                  | -                 | 0-5                      |
|                 | Cemento Portland alla pozzolana      | II/A-P<br>II/B-P<br>II/A-Q<br>II/B-Q | 80-94<br>65-79<br>80-94<br>65-79 | -<br>-<br>-<br>-              | -<br>-<br>-<br>- | 6-20<br>21-35<br>-<br>- | -<br>-<br>6-20<br>21-35 | -<br>-<br>-<br>-        | -<br>-<br>-<br>-        | -<br>-<br>-<br>-   | -<br>-<br>-<br>-  | 0-5<br>0-5<br>0-5<br>0-5 |
|                 | Cemento Portland alle ceneri volanti | II/A-V<br>II/B-V<br>II/A-W<br>II/B-W | 80-94<br>65-79<br>80-94<br>65-79 | -<br>-<br>-<br>-              | -<br>-<br>-<br>- | -<br>-<br>-<br>-        | -<br>-<br>-<br>-        | 6-20<br>21-35<br>-<br>- | -<br>-<br>6-20<br>21-35 | -<br>-<br>-<br>-   | -<br>-<br>-<br>-  | 0-5<br>0-5<br>0-5<br>0-5 |
|                 | Cem. Port. allo scisto calcinato     | II/A-T<br>II/B-T                     | 80-94<br>65-79                   | -<br>-                        | -<br>-           | -<br>-                  | -<br>-                  | -<br>-                  | -<br>-                  | 6-20<br>21-35      | -<br>-            | 0-5<br>0-5               |
|                 | Cem. Portland al calcare             | II/A-L<br>II/B-L                     | 80-94<br>65-79                   | -<br>-                        | -<br>-           | -<br>-                  | -<br>-                  | -<br>-                  | -<br>-                  | -<br>-             | 6-20<br>21-35     | 0-5<br>0-5               |
|                 | Cem. Portland composito              | II/A-M<br>II/B-M                     | 80-94<br>65-79                   | 6-20<br>21-35                 |                  |                         |                         |                         |                         |                    |                   |                          |
|                 | Cemento d'altoforno                  | IIIA<br>IIIB<br>IIIC                 | 35-64<br>20-34<br>5-19           | 36-65<br>66-80<br>81-95       | -<br>-<br>-      | -<br>-<br>-             | -<br>-<br>-             | -<br>-<br>-             | -<br>-<br>-             | -<br>-<br>-        | -<br>-<br>-       | 0-5<br>0-5<br>0-5        |
|                 | Cemento pozzolanico                  | IV/A<br>IV/B                         | 65-89<br>45-64                   | -                             | 11-35<br>36-55   |                         |                         |                         |                         | -<br>-             | -<br>-            | 0-5<br>0-5               |
|                 | Cemento composito                    | V/A<br>V/B                           | 40-64<br>20-39                   | 18-30<br>31-50                | -                | 18-30<br>31-50          |                         |                         |                         |                    | -<br>-            | 0-5<br>0-5               |

↳ CLASSIFICAZIONE PER RESISTENZA = 6 TIPI DI CEMENTO

|        |        |
|--------|--------|
| 32.5 N | 32.5 R |
| 42.5 N | 42.5 R |
| 52.5 N | 52.5 R |



32.5 N  
↓  
RESIST. a compress. (MPa)

32.5 R  
↓  
PRESA NORMALE

32.5 R  
↓  
PRESA RAPIDA

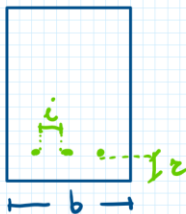
### INERTI

INERTI FINI :  $d < 5 \text{ mm}$

INERTI GROSSI :  $d > 5 \text{ mm}$

NATURALI INTERI = ghiaia  
NATURALI FRANTUMATI = pietrisco

ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO



$$d_{\max} \leq 0.25 b$$

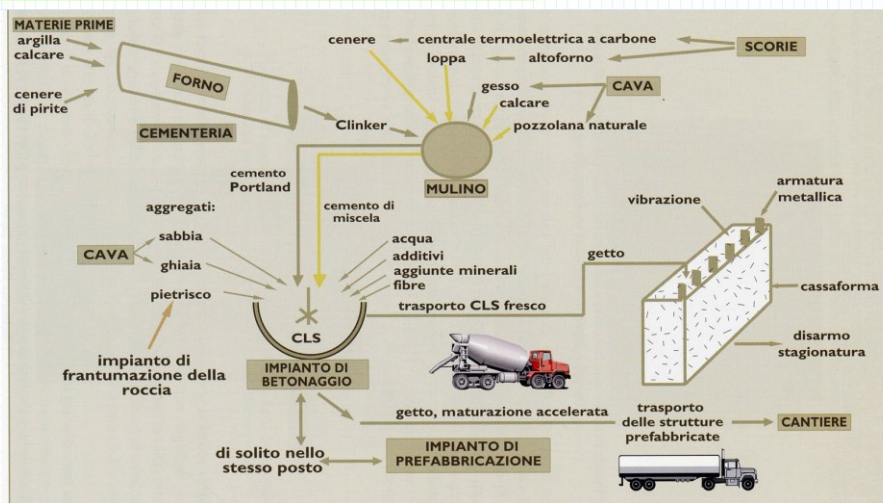
$$d_{\max} \leq i - 5 \text{ mm}$$

$$d_{\max} \leq \frac{1.9}{1.5} z$$

### ACQUA

- quantitativo di acqua  $\frac{e}{c} = \frac{\text{acqua}}{\text{cemento}}$  opportunamente stabilito
- pulita (piena di sostanze "nocive" per il cls)

### PROCESSO DI PRODUZIONE DEL CLS

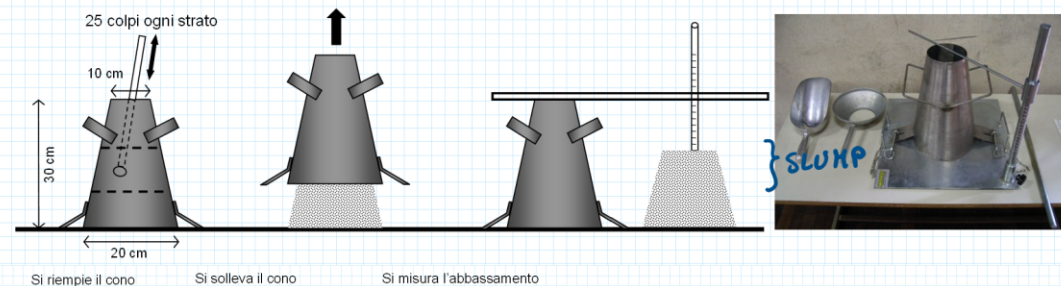


## PROPRIETÀ DEL CLS

1) LAVORABILITÀ → CLS FRESCO

2) RESISTENZA → CLS MATURO

1) LAVORABILITÀ → PROVA DI SLUMP



|                        |        |          |            |            |             |         |
|------------------------|--------|----------|------------|------------|-------------|---------|
|                        | 300 mm | 10-40 mm | 50-90 mm   | 100-150 mm | 160-210 mm  | ≥220 mm |
| Cono di Abrams         |        |          |            |            |             |         |
| Classe di consistenza  | S1     | S2       | S3         | S4         | S5          |         |
| Denominazione corrente | umida  | plastica | semifluida | fluida     | superfluida |         |

classi di consistenze migliori

↳ più costore

↳ richiedono meno manodopera

STRUTTURE ARMATE

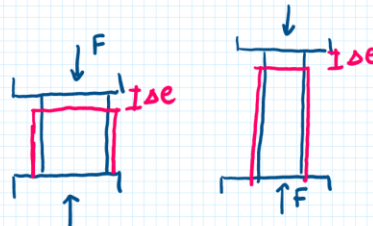
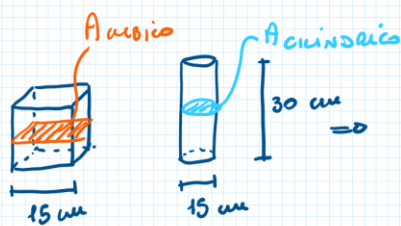
2) RESISTENZA



- Migliore resist. a compressione che a trazione

-  $\sigma$ - $\epsilon$  non lineare

Resistenza a compressione ⇒ PROVA DI COMPRESSIONE



$$F \rightarrow \sigma = \frac{F}{A_{cubo}} = R$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{cilindrico}} = f$$

$$\epsilon = \frac{\Delta e}{l_0}$$

Cresce  $F$  applicata

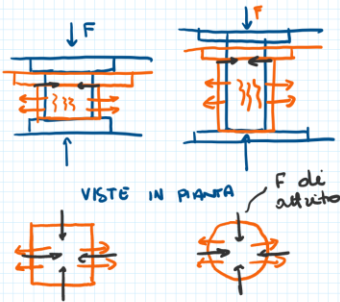
$F_{rottura}$

$$R_c = \frac{F_{rottura}}{A_{cubico}}$$

$$f_c = \frac{F_{rottura}}{A_{cilindrico}}$$

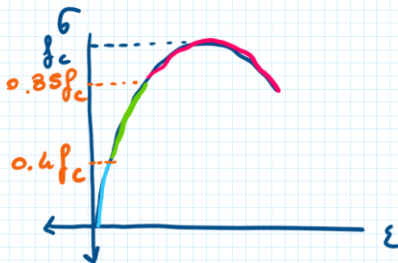
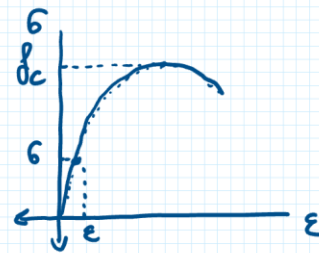
Resist. a compressione  
(cubica o cilindrica)

OSSERVA!  $R_c > f_c$



- Il provino per effetto di  $F$  si abbassa e subisce una dilatazione trasversale
  - L'attrito all'interfaccia piastra-provino "contiene" questa dilatazione
  - Nel provino cubico questo effetto è più significativo perché più vicino alla zona di rottura
- ↳  $f_c = 0.83 R_c$

Dalla prova di compressione posso registrare le coppie  $(\sigma, \epsilon)$  e diagrammarle

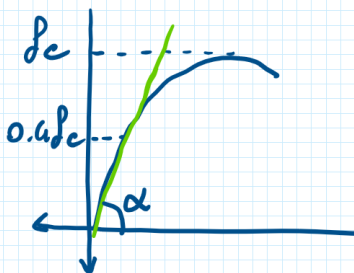


$\sigma \leq 0.40 f_c \Rightarrow \text{CLS} \approx \text{LINEARE}$

$0.40 f_c \leq \sigma \leq 0.85 f_c \Rightarrow \text{CLS NON LINEARE}$   
Microfessure stabili

$\sigma > 0.85 f_c \Rightarrow \text{CLS NON LINEARE}$   
Microfessure instabili

$E_c \rightarrow$  Modulo elastico secante al 40%  $f_c$



$$E_c = \text{tg } \alpha(0.4 f_c)$$



Tab. 4.1.I – Classi di resistenza

| Classe di resistenza |   |
|----------------------|---|
| C8/10                | Strutture non armate  |
| C12/15               |   |
| C16/20               |   |
| C20/25               | Strutture armate ordinarie (più diffusi)  |
| C25/30               |   |
| C30/37               |   |
| C35/45               | Cls precompresso  |
| C40/50               |   |
| C45/55               |   |
| C50/60               | Cls ad alta resistenza (richiedono speciali controlli di qualità)   |
| C55/67               |   |
| C60/75               |   |
| C70/85               | Cls ad altissima resistenza (richiedono l'autorizzazione del servizio tecnico centrale su parere del consiglio superiore dei lavori pubblici) |
| C80/95               |   |
| C90/105              |   |

c 25/30

c = concrete (calcestruzzo)

$$25 = f_{ck}$$

$$30 = R_{ck}$$

(Osserva:  $f_{cm} = 0.83 R_{ck} =$

$$= 0.83 \times 30 = \frac{24.9}{25} \text{ MPa})$$