

3

Modulo di **T**ecnologia dei **M**ateriali

Docente: Dr. Giorgio Pia

Corso di Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata

Il Calcestruzzo

Il Calcestruzzo

Proprietà allo stato fresco

Il Calcestruzzo

Classi di consistenza e lavorabilità

Ciò che influenza maggiormente la lavorabilità è il contenuto d'acqua e le caratteristiche geometriche degli aggregati

Non dimentichiamo però che questi parametri influenzano anche altre caratteristiche

Il Calcestruzzo

Classi di consistenza e lavorabilità

La lavorabilità può essere modificata con l'aggiunta di additivi

Con un dosaggio opportuno si può passare da una consistenza S1 ad una S4

Il Calcestruzzo

Classi di consistenza e lavorabilità

Esempi di benefici ottenuti utilizzando additivi fluidificanti

| | cemento (kg/m³) | Rapporto a/c | Slump (mm) | Rmec (7 gg.) | Rmec (28 gg.) |
|---|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Cls senza fluidificanti | 300 | 0.62 | 50 | 25 | 37 |
| Aggiunta di Fluidificante per aumentare la lavorabilità | 300 | 0.62 | 100 | 26 | 38 |
| Aggiunta di Fluidificante per aumentare la Resist. Mecc. | 300 | 0.56 | 50 | 34 | 46 |
| Aggiunta di Fluidificante per risparmiare cemento | 270 | 0.62 | 50 | 25.5 | 37.5 |

Il Calcestruzzo

Classi di consistenza e lavorabilità

Per strutture non armate o per particolari applicazioni si potrà utilizzare una consistenza S1 o S2

Per strutture armate sarà necessario richiedere almeno un S3 o S4

Per strutture con una densità di armatura molto elevata sarà necessario richiedere un S5

Il Calcestruzzo

Classi di consistenza e lavorabilità: scelte consapevoli

**Più il calcestruzzo è lavorabile più sarà
costoso a parità di altri parametri**

*Come sempre, è necessario che il progettista
conosca costi e benefici delle sue scelte*

Il Calcestruzzo

Segregazione

Il calcestruzzo può presentare una tendenza a separare le diverse frazioni granulometriche degli aggregati tra loro.

La probabilità che avvenga ciò è legata alla quantità d'acqua presente e quindi alla fluidità dell'impasto.

Si raccomanda una lavorazione prolungata ed omogenea. Nei calcestruzzi dove si utilizzano superfluidificanti è necessario avere un alto costipando grazie alle frazioni fini di aggregati.

La segregazione comporta un comportamento eterogeneo del calcestruzzo in opera

Il Calcestruzzo

Bleeding

Quando si ha separazione dell'acqua di impasto allora si parla di Bleeding o essudazione.

In genere si presenta dopo la vibrazione a seguito dell'assestamento del getto.

Sulla superficie appare un velo d'acqua. L'acqua può anche rimanere intrapolata tra gli aggregati generando punti di debolezza.

Il Calcestruzzo

Resistenza a Compressione

Il Calcestruzzo

Proprietà meccaniche del cls

Il principale punto di debolezza del cls è la zona di transizione.
In essa sono presente fin dall'inizio delle microfessure.

Queste sono dovute al differente comportamento della pasta cementizia rispetto all 'aggregato...

... Variazioni termiche e di umidità

Il Calcestruzzo

Proprietà meccaniche del cls

La zona di transizione influisce anche sul diagramma sforzo-deformazione. Il cls infatti presenta un andamento degli sforzi rispetto alle deformazioni non lineare.

*Ben diverso dalla pasta cementizia dove il diagramma è praticamente lineare.
Inoltre il cls ha una resistenza inferiore alla pasta di cemento.*

Il Calcestruzzo

Proprietà meccaniche del cls

Altro aspetto fondamentale è il rapporto acqua/cemento che come visto in precedenza ha una notevole influenza sulla porosità capillare e quindi sulla riduzione della sezione utile.

Il Calcestruzzo

Stagionatura o maturazione

La stagionatura è quella fase che racchiude le procedure di controllo dell'umidità e della temperatura del calcestruzzo dopo il getto. Ha lo scopo di garantire una migliore idratazione del cemento e quindi un ottimo sviluppo delle proprietà meccaniche.

Il Calcestruzzo

Stagionatura o maturazione

Durante la stagionatura:

*Le temperature non devono troppo alte
o troppo basse*

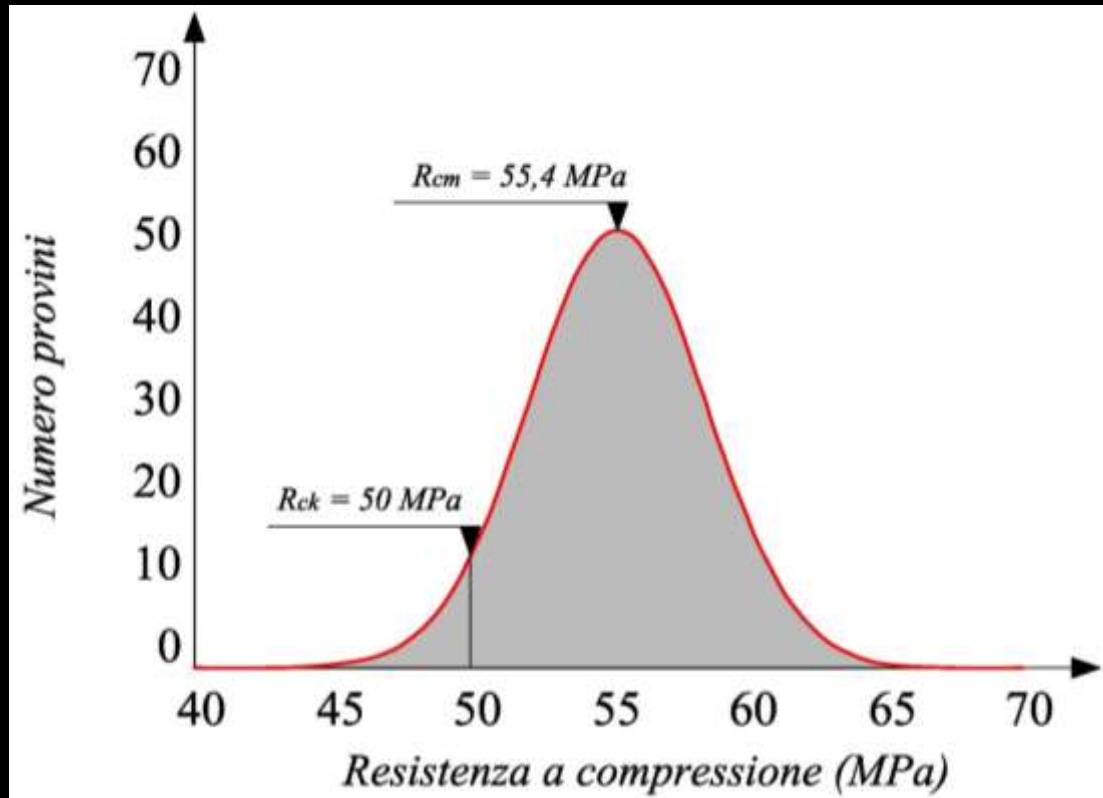
*Il getto deve essere mantenuto ad alti
valori di umidità*

*La stagionatura si deve protrarre sino a quando non si raggiungono i
valori di resistenza desiderati.*

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

La resistenza caratteristica rappresenta il valore al di sotto del quale cade il 5% (quinto percentile) dell'area della curva di Gauss relativa alla distribuzione statistica dei valori della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo.

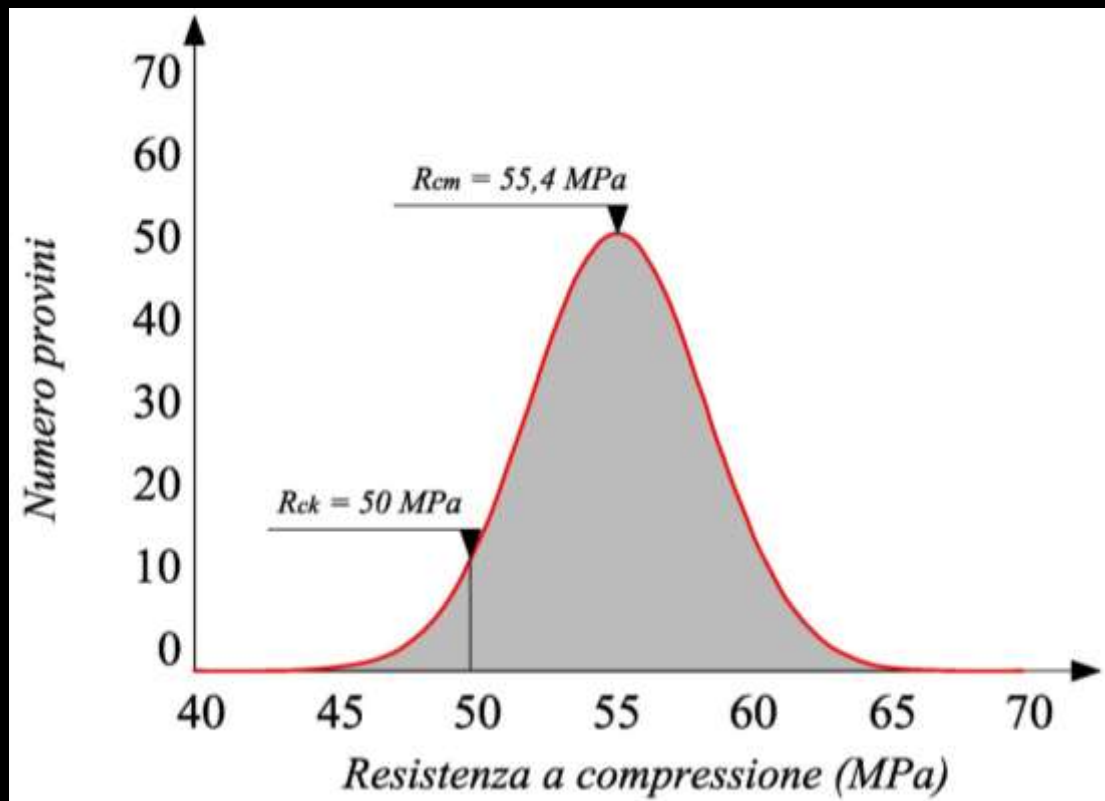


Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

$$R_{cm} = R_{ck} + K s$$

$K = 1.64$ per R_{ck} considerata come valore al di sotto della quale cade il 5% dell'area sottesa alla distribuzione della curva;
(s = deviazione standard)



Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

Secondo il D.M. LL.PP. 9/1/96 (Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche) un calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione a 28gg. (R_{ck} o f_{ck}).

In cantiere sono previsti due tipi di controllo di qualità per accertare che il conglomerato abbia una resistenza caratteristica non inferiore a quella richiesta dal progettista.

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

Il controllo di accettazione di tipo A è effettuato con almeno tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea e prevede che:

$$R_{media} > R_{ck} + 3.5 \text{ MPa} \quad \text{e} \quad R_{min} > R_{ck} - 3.5 \text{ MPa}$$

Nelle costruzioni con più di 1500 m³ di miscela omogenea, è ammesso anche un controllo di accettazione di tipo statistico (su almeno 15 provini) detto controllo di tipo B



TIPO A



TIPO B

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

Le *classi di resistenza* previste dalla normativa fanno riferimento alla cosiddetta resistenza caratteristica del calcestruzzo.

La Norma UNI EN 206–1 (Tabella 4.3.1) prevede varie classi di resistenza a compressione su cubo (Rck) o su cilindro (fck).

| Classe | C12/15 | C16/20 | C20/25 | C25/30 | | C50/60 |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| fck | 12 | 16 | 20 | 25 | | 50 |
| Rck | 15 | 20 | 25 | 30 | | 60 |

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

Viene misurata la resistenza a compressione a 28 giorni ottenuta su provini cubici provenienti da due impianti di betonaggio A e B.

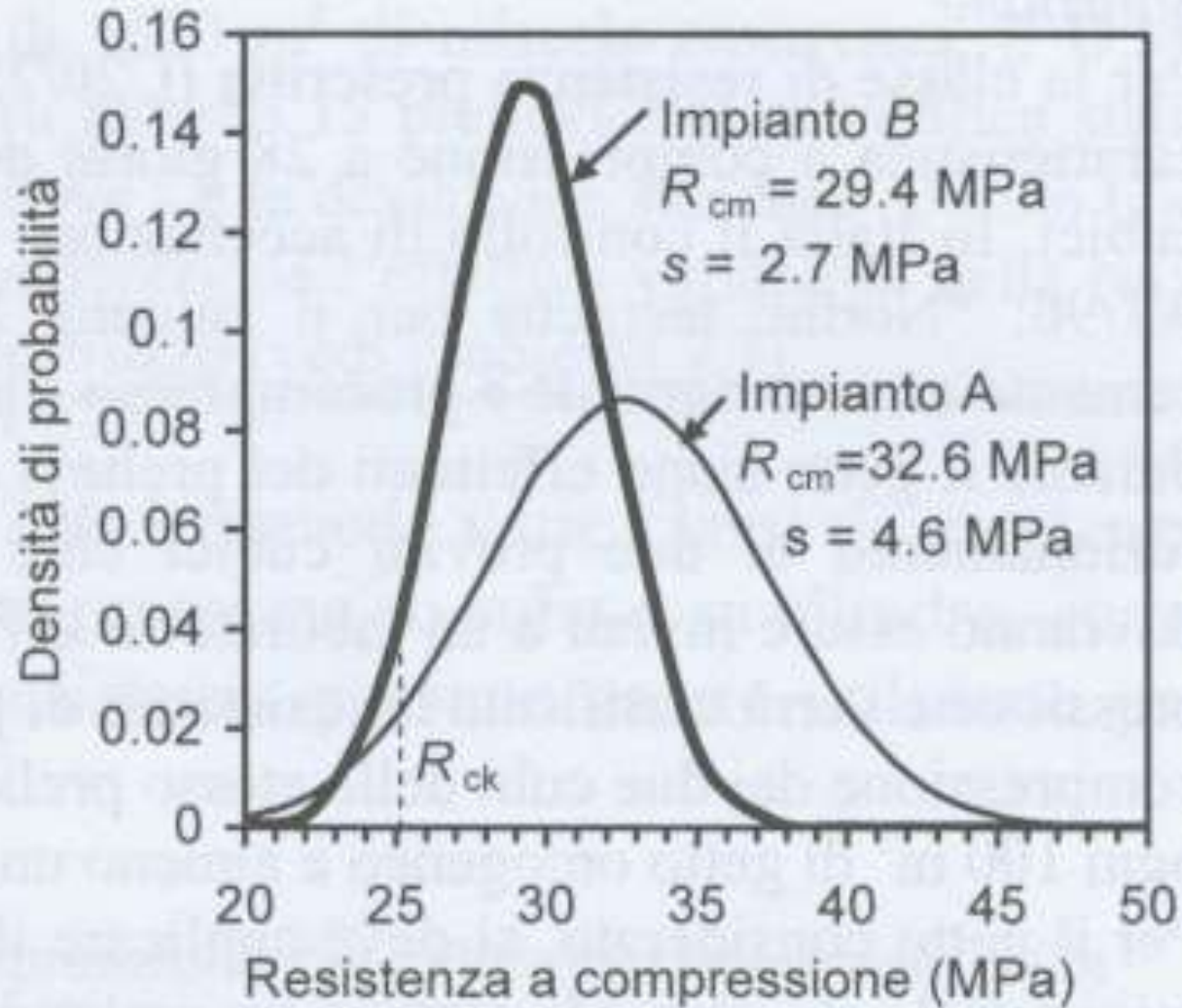
I risultati su 15 campioni hanno dato i seguenti risultati:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 25.7 | 38.6 | 30.2 | 28.5 | 36.9 | 40.7 | 30.1 | 27.7 | 32.4 | 34.4 | 35.7 | 30.3 | 27.8 | 38.6 | 31.6 |
| 29.0 | 30.0 | 28.5 | 25.0 | 33.0 | 29.5 | 28.4 | 30.6 | 27.6 | 29.6 | 30.9 | 25.5 | 35.0 | 31.3 | 26.8 |

Valutare il controllo di qualità dei due impianti.

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione



Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

I calcestruzzi prodotti dai due impianti sono equivalenti appartenendo entrambi alla classe C 20/25.

Peraltro il calcestruzzo confezionato nell'impianto B mostra una curva di distribuzione più "stretta" rispetto all'impianto A e quindi con una minore dispersione dei dati intorno al valore medio.

Il Calcestruzzo

Resistenza a compressione

Su quali fattori agire per avere un prodotto più costante:

- 1. Maggiori verifiche sui cementi in ingresso**
- 2. Controllare meglio la distribuzione granulometrica**
- 3. Controllare l'umidità dell'aggregato**

Il Calcestruzzo

Calcestruzzi Speciali

Calcestruzzi ad alte prestazioni (H.P.C.)

Gli High Performance Concrete sono degli agglomerati cementizi in cui la scelta ed il dosaggio dei suoi ingredienti (associati ad un basso rapporto a/c, inferiore a 0.35, ma a volte prossimo a 0.2), è particolarmente accurata con conseguente miglioramento delle prestazioni.

Questi calcestruzzi vengono confezionati utilizzando:

- un elevato contenuto di cemento Portland (400-550 Kg/m³),**
- additivi iperfluidificanti capaci di abbassare notevolmente il quantitativo d'acqua necessario,**
- fumo di silice (5-15 %) che, oltre a possedere un marcato carattere pozzolanico, data la piccola dimensione delle sue particelle, va a riempire gli spazi tra i grani di cemento.**

Calcestruzzi Leggeri

La densità di un calcestruzzo ottenuto con i normali aggregati naturali varia in generale tra i 2200 e i 2500 kg/m³.

I calcestruzzi leggeri hanno una densità che può variare tra i 200 ed i 2000 kg/m³ e sono ottenuti aumentando il rapporto vuoto/pieno, secondo tre modalità:

- Utilizzando aggregati leggeri.
- Utilizzando additivi aeranti o schiumogeni.
- Impiegando il solo aggregato grosso.

**Calcestruzzi con aggregati leggeri come:
argilla espansa, pomice, vermiculite, loppa espansa etc.**

Calcestruzzi cellulari preparati utilizzando agenti schiumogeni che sviluppano bolle d'aria nella matrice cementizia.

Calcestruzzi alveolari ottenuti con il solo aggregato grosso e quindi con grosse quantità di vuoti interstiziali.

Rispetto ai normali calcestruzzi i calcestruzzi leggeri hanno

proprietà meccaniche minori

(tanto più basse quanto minore è la densità), ma

migliori capacità di isolamento termico.

Le nuove strade del calcestruzzo

1. Calcestruzzi di nuova generazione (eco-sostenibili)

- Cls fotocatalitico
- Cls «trasparente»
- Cls termico
- -----

2. Calcestruzzo «riciclato»

