



CONTROLLI DI QUALITÀ

Materiali e prodotti ad uso strutturale /// IL CALCESTRUZZO

CONTROLLI DI QUALITA' DEL CALCESTRUZZO

CORRISPONDENZA DOCUMENTI DI CONSEGNA CON PRESCRIZIONI DI PROGETTO/CAPITOLATO

Rck
Classe di consistenza
Dmax
Classe di esposizione ambientale

ACQUISIZIONE E VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE DI QUALIFICAZIONE

Dichiarazione di conformità delle materie
prime
Dichiarazione di conformità del processo di
fabbrica [FPC]

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Prelievo di provini alla consegna in cantiere

SCOPO

Verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto

VALENZA DI SICUREZZA STRUTTURALE

stabilire se il calcestruzzo fornito è conforme alla resistenza caratteristica utilizzata nei calcoli strutturali, per il rispetto dei livelli di sicurezza prefissati e della durabilità dell'opera;

VALENZA CONTRATTUALE

stabilire se il calcestruzzo fornito corrisponde a quello concordato con la stipula del contratto di acquisto/fornitura

I controlli di accettazione sono **OBBLIGATORI** e devono essere eseguiti alla presenza del **DIRETTORE LAVORI** che ne è **RESPONSABILE**

Il collaudatore è tenuto a controllarne la validità qualitativa e quantitativa. Ove ciò non fosse il collaudatore è obbligato a far eseguire prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo.

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

PRESCRIZIONI

Prelievo del calcestruzzo
a “bocca di betoniera”

<< >>

Verbale di prelievo

Confezionamento provini

<< >>

Etichettatura provini

Consegna provini a laboratorio accreditato

<< >>

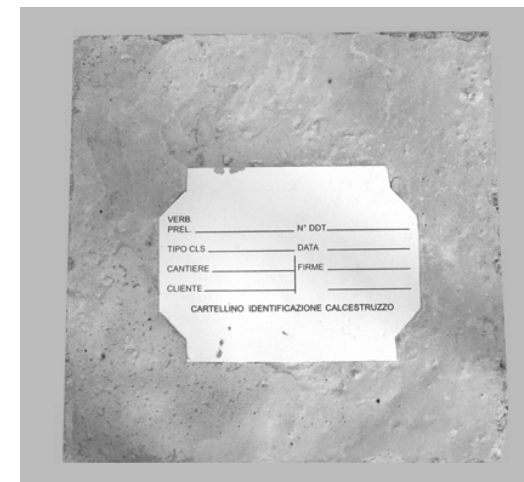
Domanda di prova

Prove di resistenza a compressione

<< >>

Certificato di prova

Durante le operazioni di prelievo il **DIRETTORE LAVORI** redige il **VERBALE DI PRELIEVO** contenente il riferimento univoco ai provini confezionati.
Il certificato di prova deve riportare riferimento a tale verbale.



CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

PRELIEVO CAMPIONI

UNI EN 206-1e UNI EN 12390-1/2

FASI

- ✓ miscelare il calcestruzzo in autobetoniera in cantiere almeno 4-5 minuti
- ✓ dopo aver preventivamente scaricato circa $0,3 \text{ m}^3$, all'uscita della canalina, prelevare in più fasi, una quantità pari al doppio di quella necessaria per le prove
- ✓ omogeneizzare in una carriola il materiale prima della confezione dei provini
- ✓ pulire e trattare le casseforme prima del riempimento con idoneo disarmante
- ✓ compattare il calcestruzzo per strati, per evitare segregazione o comparsa di acqua superficiale, e livellare la superficie del provino
- ✓ identificare il provino apponendo sulla superficie un'etichetta indelebile che riporti: n. verbale di prelievo; tipo calcestruzzo; data del getto; cliente; ubicazione getto; n. documento di trasporto; firma del D.L. e dell'incaricato al prelievo;
- ✓ lasciare il calcestruzzo nella cassaforma per almeno 16 h, ma non oltre 3 giorni, proteggendolo da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di circa 20°C
- ✓ conservare e maturare i provini, una volta rimossi dalla cassaforma, in recipienti colmi d'acqua alla temperatura di circa 20°C , oppure in ambiente a circa 20°C ed umidità controllata maggiore del 95%



CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

PROVE DI RESISTENZA

UNI EN 12390-3

Operazioni preliminari

- ✓ trascrivere i dati del provino
- ✓ verificare la planarità delle facce (La tolleranza è di 0.05 mm. Se le facce non sono complanari si sottopone il provino a rettifica meccanica)
- ✓ misurare le dimensioni del provino e trascrive i valori espressi in mm
- ✓ pesare il provino (con precisione dell'1%)

Carico

- ✓ posizionare i provini cubici in modo che il carico sia applicato trasversalmente alla direzione di getto
- ✓ applicare il carico al provino senza colpi e aumentarlo in modo continuo (velocità costante compresa tra 0,2 e 1,0 MPa/s) fino a quando non può più essere sopportato un ulteriore carico
- ✓ annotare il valore di rottura (espresso in N/mm² cioè in MPa)



CONTROLLO DI ACCETTAZIONE PROVE DI RESISTENZA

UNI EN 12390-3

Espressione
dei risultati

La resistenza alla compressione è data dall'equazione

$$f_c = F/A_c$$

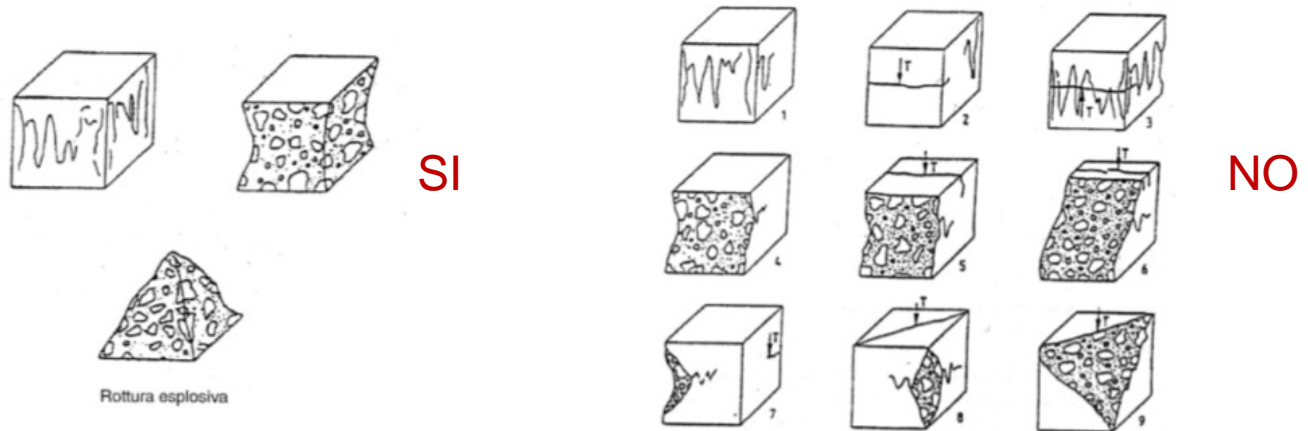
dove:

f_c è la resistenza alla compressione in MPa (N/mm²);

F è il carico massimo a rottura, in newton;

A_c è l'area del provino su cui agisce la forza di compressione

Valutazione
del tipo di
rottura



CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CERTIFICATO DI PROVA

Il Direttore dei Lavori acquisisce dal laboratorio autorizzato i certificati con i risultati delle prove che devono riportare

- ✓ identificazione del laboratorio che rilascia il certificato
- ✓ identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine
- ✓ identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere
- ✓ nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova
- ✓ la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare, gli estremi del Verbale di prelievo
- ✓ la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove
- ✓ l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa
- ✓ le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati
- ✓ le modalità di rottura dei campioni
- ✓ la massa volumica del campione
- ✓ i valori di resistenza misurati

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

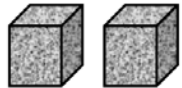
CONTROLLO DI TIPO A



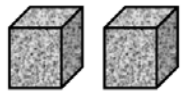
1 PRELIEVO << >> 2 PROVINI

Cubi 150 mm formati in cubiere in PVC, acciaio, polistirolo conformi alla EN 12390-1

1 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE << >> 3 PRELIEVI << >> 6 PROVINI *
ogni 300 m³ massimo di getto



1 PRELIEVO ogni 100 m³ di getto di calcestruzzo omogeneo **



1 PRELIEVO per ogni giorno di getto ***

* il numero minimo di campioni confezionati necessario per il collaudo statico è di 6

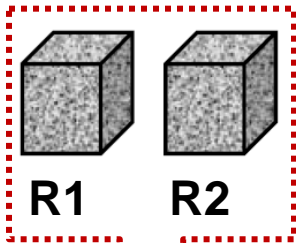
** miscela omogenea = calcestruzzo di una medesima classe di resistenza

*** Se la costruzione prevede un volume complessivo di calcestruzzo inferiore ai 100 m³ si può derogare al prelievo giornaliero

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

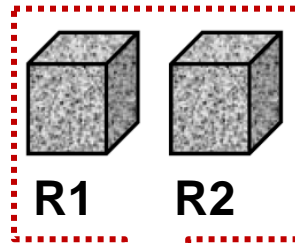
CONTROLLO DI TIPO A

1° PRELIEVO



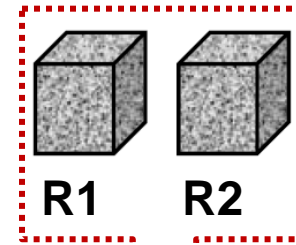
R_{p1}

2° PRELIEVO



R_{p2}

3° PRELIEVO



R_{p3}

R_{mp}

$$R_{mediaP} \geq R_{ck} + 3.5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$R_{minimaP} \geq R_{ck} - 3.5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

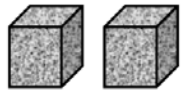
CONTROLLO DI TIPO B



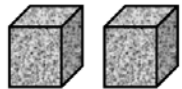
1 PRELIEVO << >> 2 PROVINI

Cubi 150 mm formati in cubiere in PVC, acciaio, polistirolo conformi alla EN 12390-1

1 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE << >> 15 PRELIEVI << >> 30 PROVINI
ogni 1500 m³ massimo di getto



1 PRELIEVO ogni 100 m³ di getto di calcestruzzo omogeneo



1 PRELIEVO per ogni giorno di getto

$$R_{\text{mediaP}} \geq R_{\text{ck}} + 1.4 * s_n \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$R_{\text{minimaP}} \geq R_{\text{ck}} - 3.5 \quad [\text{N/mm}^2]$$

Coefficiente di Variazione S/RM ≤ 0,15

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio

giorni di getto	struttura gettata	m ³	classe di resistenza	classe di consistenza	combinazione di classi di esposizione	classe di contenuto in cloruri	diametro massimo aggregato	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	n° di prelievi
1°	magrone di soффondazione	85,0	C12/15	S5	X0	Cl 0,4	32				
2°	platea di fondazione	229,0	C25/30	S5	XC2	Cl 0,4	32	3			3
3°	muri di fondazione	65,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	2			2
4°	muri di fondazione	47,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	1			1
5°	pilastrini di fondazione	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
6°	scale + solaio PT	29,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			3	3
7°	pilastrini PT	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
8°	scale + solaio 1° P	24,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
9°	pilastrini 1° P	9,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
10°	solaio sottotetto	16,0	C32/40	S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
11°	pilastrini sottotetto	5,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		0		
12°	tetto	10,0	C32/40	S3	XC4	Cl 0,4	20			0	

	m ³		miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	totale
totale volume di calcestruzzo	541,0					
totale miscela c12/15	85,0					
totale miscela c25/30	341,0					
totale miscela c28/35	35,0					
totale miscela c32/40	80,0					
prelievi			6	3	3	12
provini			12	6	6	24
controlli di tipo A			2	1	1	4

Esempio di applicazione dei controlli di accettazione durante la costruzione di una palazzina la cui fornitura proviene dallo stesso impianto di produzione.

fonte: buzzi-unical

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio

giorni di getto	struttura gettata	m ³	classe di resistenza	classe di consistenza	combinazione di classi di esposizione	classe di contenuto in cloruri	diametro massimo aggregato	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	n° di prelievi
1°	magrone di sottofondazione	85,0	C12/15	S5	X0	Cl 0,4	32				
2°	platea di fondazione	229,0	C25/30	S5	XC2	Cl 0,4	32	3			3
3°	muri di fondazione	65,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	2			2
4°	muri di fondazione	47,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	1			1
5°	pilastrini di fondazione	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
6°	scale + solaio PT	29,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			3	3
7°	pilastrini PT	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
8°	scale + solaio 1° P	24,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
9°	pilastrini 1° P	9,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
10°	solaio sottotetto	16,0	C32/40	S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
11°	pilastrini sottotetto	5,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		0		
12°	tetto	10,0	C32/40	S3	XC4	Cl 0,4	20			0	

		m ³				
			miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	totale
totale volume di calcestruzzo		541,0				
totale miscela c12/15		85,0				
totale miscela c25/30		341,0				
totale miscela c28/35		35,0				
totale miscela c32/40		80,0				
			prelievi	3	3	12
			provini	6	6	24
			controlli di tipo A	1	1	4

Non viene eseguito il controllo sul magrone di sottofondazione in quanto considerato un getto di riempimento non facente parte della struttura vera e propria

Esempio di applicazione dei controlli di accettazione durante la costruzione di una palazzina la cui fornitura proviene dallo stesso impianto di produzione.

fonte: buzzi-unical

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio

giorni di getto	struttura gettata	m ³	classe di resistenza	classe di consistenza	combinazione di classi di esposizione	classe di contenuto in cloruri	diametro massimo aggregato	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	n° di prelievi
1°	magrone di soффondazione	85,0	C12/15	S5	X0	Cl 0,4	32				
2°	platea di fondazione	229,0	C25/30	S5	XC2	Cl 0,4	32	3			3
3°	muri di fondazione	65,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	2			2
4°	muri di fondazione	47,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	1			1
5°	pilastrini di fondazione	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
6°	scale + solaio PT	29,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			3	3
7°	pilastrini PT	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
8°	scale + solaio 1° P	24,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
9°	pilastrini 1° P	9,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
10°	solaio sottotetto	16,0	C32/40	S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
11°	pilastrini sottotetto	5,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		0		
12°	tetto	10,0	C32/40	S3	XC4	Cl 0,4	20			0	

	m ³
totale volume di calcestruzzo	541,0
totale miscela c12/15	85,0
totale miscela c25/30	341,0
totale miscela c28/35	35,0
totale miscela c32/40	80,0

	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	totale
prelievi	6	3	3	12
provini	12	6	6	24
controlli di tipo A	2	1	1	4

La miscela della classe C25/30 ha l'obbligo del prelievo giornaliero, in quanto di volume superiore a 100 m³

Esempio di applicazione dei controlli di accettazione durante la costruzione di una palazzina la cui fornitura proviene dallo stesso impianto di produzione.

fonte: buzzi-unical

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio

giorni di getto	struttura gettata	m ³	classe di resistenza	classe di consistenza	combinazione di classi di esposizione	classe di contenuto in cloruri	diametro massimo aggregato	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	n° di prelievi
1°	magrone di soффondazione	85,0	C12/15	S5	X0	Cl 0,4	32				
2°	platea di fondazione	229,0	C25/30	S5	XC2	Cl 0,4	32	3			3
3°	muri di fondazione	65,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	2			2
4°	muri di fondazione	47,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	1			1
5°	pilastrini di fondazione	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
6°	scale + solaio PT	29,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			3	3
7°	pilastrini PT	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
8°	scale + solaio 1° P	24,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
9°	pilastrini 1° P	9,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
10°	solaio sottotetto	16,0	C32/40	S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
11°	pilastrini sottotetto	5,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		0		
12°	tetto	10,0	C32/40	S3	XC4	Cl 0,4	20			0	

	m ³
totale volume di calcestruzzo	541,0
totale miscela c12/15	85,0
totale miscela c25/30	341,0
totale miscela c28/35	35,0
totale miscela c32/40	80,0

	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	totale
prelievi	6	3	3	12
provini	12	6	6	24
controlli di tipo A	2	1	1	4

La miscela della classe C28/35 non ha l'obbligo del prelievo giornaliero, in quanto di volume inferiore a 100 m³

Esempio di applicazione dei controlli di accettazione durante la costruzione di una palazzina la cui fornitura proviene dallo stesso impianto di produzione.

fonte: buzzi-unical

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio

giorni di getto	struttura gettata	m ³	classe di resistenza	classe di consistenza	combinazione di classi di esposizione	classe di contenuto in cloruri	diametro massimo aggregato	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	n° di prelievi
1°	magrone di soффondazione	85,0	C12/15	S5	X0	Cl 0,4	32				
2°	platea di fondazione	229,0	C25/30	S5	XC2	Cl 0,4	32	3			3
3°	muri di fondazione	65,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	2			2
4°	muri di fondazione	47,0	C25/30	S4	XC2	Cl 0,4	32	1			1
5°	pilastrini di fondazione	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
6°	scale + solaio PT	29,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			3	3
7°	pilastrini PT	10,5	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
8°	scale + solaio 1° P	24,5	C32/40	S3 + S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
9°	pilastrini 1° P	9,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		1		1
10°	solaio sottotetto	16,0	C32/40	S5	XC4	Cl 0,4	20			0	
11°	pilastrini sottotetto	5,0	C28/35	S4	XC3	Cl 0,4	32		0		
12°	tetto	10,0	C32/40	S3	XC4	Cl 0,4	20			0	

	m ³
totale volume di calcestruzzo	541,0
totale miscela c12/15	85,0
totale miscela c25/30	341,0
totale miscela c28/35	35,0
totale miscela c32/40	80,0

	miscela C25/30	miscela C28/35	miscela C32/40	totale
prelievi	6	3	3	12
provini	12	6	6	24
controlli di tipo A	2	1	1	4

La miscela della classe C32/40 non ha l'obbligo del prelievo giornaliero, in quanto di volume inferiore a 100 m³

Esempio di applicazione dei controlli di accettazione durante la costruzione di una palazzina la cui fornitura proviene dallo stesso impianto di produzione.

fonte: buzzi-unical

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO A // esempio di calcolo

Condizione da verificare: $R_{ck} 30 \text{ N/mm}^2$

Si abbiano le seguenti resistenze medie dei prelievi indicate sui certificati ufficiali di prova (ciascun numero rappresenta la resistenza a rottura dei cubetti espressa in N/mm^2):

Primo prelievo	Cubo 1	45,2	Media	46,0
	Cubo 2	46,7		
Secondo prelievo	Cubo 1	36,0	Media	36,7
	Cubo 2	37,3		
Terzo prelievo	Cubo 1	39,1	Media	39,0
	Cubo 2	38,8		

Questo prelievo è il più basso → **R1**

NOTA: i prelievi dovranno essere esaminati in ordine di data.

Prima verifica

Dovrà risultare: $R1 \geq R_{ck} - 3,5$

Nel nostro caso, $R1 = 36,7$ che è maggiore di $30 - 3,5 = 26,5$

$R1 = 36,7 > 26,5 \rightarrow$ condizione verificata

Seconda verifica

Dovrà risultare: $R_m \geq R_{ck} + 3,5$

Si esegua la media dei tre prelievi:

$R_m = (46,0 + 36,7 + 39,0) / 3 = 40,5$ che è maggiore di $R_{ck} + 3,5 = 33,5 \text{ N/mm}^2$

$R_m = 40,5 > 33,5 \rightarrow$ condizione verificata

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

CONTROLLO DI TIPO B // esempio di calcolo

Condizione da verificare: $R_{ck} 30 \text{ N/mm}^2$

Si abbiano le seguenti resistenze medie dei prelievi indicate sui certificati ufficiali di prova (ciascun numero della colonna (2) rappresenta la resistenza a compressione dei cubetti del prelievo espressa in N/mm^2):

Prelievo n (1)	Rm (2)	Rm - RM (3)	(Rm - RM) ² (4)
1	31,0	-4	16
2	26,0	-9	81
3	30,0	-5	25
4	42,0	+7	49
5	40,0	+5	25
6	38,0	+3	9
7	32,0	-3	9
8	36,0	+1	1
9	40,0	+5	25
10	28,0	-7	49
11	31,0	-4	16
12	33,0	-2	4
13	36,0	+1	1
14	38,0	+3	9
15	40,0	+5	25
	(5) RM = 35,0		(6) 344

- (1) *Prelievi in ordine di data*
- (2) *Resistenza media di ciascun prelievo*
- (3) *Differenza di ciascun prelievo dalla RM ovvero scarto dalla media*
- (4) *Scarto dalla media elevato al quadrato*
- (5) *Resistenza media di tutti i prelievi* $RM = \frac{31+26+30+\dots+40}{15} = 35,0$
- (6) *Sommatoria degli scarti al quadrato* $\sum_{15}^1 (Rm - RM)^2 = 344$

Calcolo dello Scarto Quadratico Medio:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{n}^1 (Rm - RM)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{344}{14}} = \sqrt{24,57} = 4,96$$

Calcolo del Coefficiente di Variazione:

$$\frac{S}{RM} = \frac{4,96}{35} = 0,141$$

Prima verifica

Dovrà risultare: $R_1 \geq R_{ck} - 3,5$

Nel nostro caso, $R_1 = 26,0$ che è *minore* di $30 - 3,5 = 26,5$. Perciò la prima condizione non è verificata e la classe non è raggiunta.

$R_1 = 26,0 < 26,5 \rightarrow$ condizione NON verificata

Seconda verifica

Dovrà risultare: $RM \geq R_{ck} + 1,4 S$

Nel nostro caso, $RM = 35,0$ che è *minore* di $30 + (1,4 \times 4,96) = 36,94$.

$RM = 35,0 < 36,94 \rightarrow$ condizione NON verificata

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

NON CONFORMITÀ

Opera o parte di opera

NON CONFORME AI CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

- 1** Il costruttore deve procedere alla **verifica delle caratteristiche** del calcestruzzo messo in opera attraverso una serie di **indagini distruttive e non distruttive** secondo le prescrizioni del DL
- 2** Se tali indagini confermano i risultati ottenuti si procede con una **verifica** teorica o sperimentale **della sicurezza** della struttura **considerando la resistenza ridotta** del calcestruzzo.
- 3** Se i risultati di tale indagine non sono soddisfacenti si può:
dequalificare l'opera
eseguire lavori di consolidamento
demolire l'opera