

IL CONTENZIOSO LEGALE NEL SETTORE DEL CALCESTRUZZO



Manuale d'uso per Consulenti Tecnici di Ufficio e Periti di Parte

L. Coppola - A. Buoso

IL CONTENZIOSO LEGALE NEL SETTORE DEL CALCESTRUZZO

Manuale d'uso per Consulenti Tecnici di Ufficio e Periti di Parte

Luigi Coppola - Alessandra Buoso

IL CONTENZIOSO LEGALE NEL SETTORE DEL CALCESTRUZZO

Manuale d’uso per Consulenti Tecnici di Ufficio e Periti di Parte

PREFAZIONE/INTRODUZIONE

Al pari di altre branche del settore delle costruzioni, quello delle strutture in calcestruzzo armato e precompresso è interessato dal contenzioso tra le diverse figure coinvolte nel processo costruttivo di un’opera: la committenza, il progettista, la direzione lavori, l’impresa costruttrice e il fornitore del conglomerato cementizio. Spesso le controversie legali, dopo una prima fase di “schermaglie” iniziali, generalmente basata su fitti carteggi tra le parti che tendono a rimpallarsi le responsabilità dei difetti lamentati per le opere, approda nelle aule dei tribunali. Il giudice incaricato del procedimento non essendo, ovviamente, esperto della materia oggetto del contenzioso si affida per dirimere la controversia ad un suo tecnico di fiducia (il Consulente Tecnico d’Ufficio: CTU) cui demanda il compito di rispondere ad uno o più quesiti, generalmente concordati dalle parti coinvolte nella controversia (attraverso i propri legali e consulenti tecnici di parte: CTP), finalizzati a stabilire sia la sussistenza dei vizi lamentati che ad individuare le responsabilità dei soggetti coinvolti. Per rispondere al quesito del giudice il CTU nella quasi totalità dei casi (fatto salvo se le sole situazioni, per la verità molto poche, in cui le responsabilità di una delle parti sono così manifeste da non richiedere che un semplice sopralluogo sulle opere in contestazione) effettua delle indagini, avvalendosi generalmente di un laboratorio autorizzato secondo Legge 1086, ricorrendo all’esecuzione di prove non distruttive o semi-distruttive condotte direttamente sulle strutture oggetto di contestazione. Tra le prove richieste dal CTU (e dai CTP) la determinazione della resistenza meccanica del calcestruzzo in opera è sicuramente quella più ricorrente. Il presente libro vuole, quindi, fornire una metodologia pratica per la corretta determinazione di questa caratteristica del conglomerato basata sulle prove di schiacciamento di “carote” di calcestruzzo prelevate direttamente dalle strutture in opera evidenziando come il valore “grezzo” della tensione di rottura fornito dal laboratorio incaricato di effettuare le prove debba essere necessariamente corretto per tener conto di una serie di fattori che influenzano il risultato sperimentale, quali il diametro e la snellezza della carota, le modalità di spianatura e rettifica, la posizione del carotaggio, l’eventuale presenza dell’armatura, l’età e le condizioni di umidità della carota al momento dell’esecuzione della prova di schiacciamento nonché le condizioni di temperatura e di umidità esistenti in cantiere dall’esecuzione del getto al momento in cui si effettua il carotaggio. La metodologia proposta per la valutazione della “resistenza strutturale” viene messa a confronto con i metodi disponibili nella letteratura tecnica internazionale. La resistenza in opera (strutturale) ottenuta dopo aver tenuto conto dei fattori che influenzano il risultato della prova di schiacciamento viene utilizzata per stabilire se l’opera è collaudabile o meno o per la verifica strutturale delle sezioni laddove esiste un problema dal punto di vista statico. Il libro analizza allo scopo i diversi criteri di collaudabilità delle opere in accordo sia alle norme europee che a quelle italiane (D.M. 14/09/2005 e D.M. 14/01/2008).

Un secondo obiettivo che si prefigge il presente manuale d’uso è quello di accertare, una volta stabilita la impossibilità di collaudare un determinato elemento strutturale, eventuali responsabilità da parte del fornitore del calcestruzzo. In effetti questa esigenza, nella

maggior parte dei cantieri oggetto del contenzioso, nasce dalla mancanza dell’effettuazione delle prove per il controllo di accettazione del calcestruzzo in cantiere prima di procedere al getto del conglomerato e tese ad accertare la conformità del calcestruzzo fornito dal produttore alle specifiche di capitolato definite dal progettista. L’assenza dei risultati delle prove di compressione sui cubetti prelevati a bocca di betoniera – ma anche i risultati di resistenza a compressione ottenuti su provini prelevati “a bocca di betoniera”, ma non contrassegnati dalla firma del Direttore Lavori, oppure ottenuti da cubetti che ancorché prelevati dalla D.L. non seguono le procedure di conservazione previste dalla normativa vigente oppure i risultati ottenuti su provini di dubbia provenienza – pone il problema di accertare la eventuale responsabilità del fornitore a partire dal risultato di resistenza meccanica a compressione ottenuto dallo schiacciamento delle carote. Questa operazione non sempre risulta agevole in quanto deve prendere in esame un numero di fattori maggiore di quello richiesto per la determinazione della resistenza strutturale. Il calcolo della “resistenza potenziale” (della resistenza, cioè, che il calcestruzzo avrebbe posseduto qualora la stessa fosse stata determinata su provini cubici confezionati a “bocca di betoniera”, compattati a rifiuto e maturati per 28 giorni alla temperatura di 20°C e U.R. almeno pari al 95%), infatti, deve tener conto sia di tutti i fattori che influenzano il valore della resistenza strutturale – precedentemente citati – che delle eventuali raggiunte di acqua in betoniera richieste dall’impresa, delle modalità di posa in opera e dell’efficacia della compattazione operata dall’impresa esecutrice. Il presente manuale fornisce una metodologia pratica per la determinazione della resistenza potenziale al fine di accertare eventuali responsabilità del fornitore. La metodologia proposta viene, quindi, confrontata con i metodi disponibili allo scopo nella letteratura internazionale.

Sebbene la resistenza in opera rappresenti la caratteristica maggiormente indagata nelle controversie legali che riguardano il conglomerato cementizio, tuttavia, esistono molte situazioni in cui i danni lamentati sono da ascrivere a problematiche non connesse con le prestazioni meccaniche del calcestruzzo. Il presente libro vuole sensibilizzare i tecnici direttamente coinvolti nel contenzioso che prima di procedere al carotaggio delle strutture per la valutazione della resistenza a compressione occorre stabilire un “nesso causale” tra difetto lamentato e scadente resistenza meccanica a compressione. Questo nesso causale, ad esempio, manca allorché le strutture evidenziano quadri fessurativi connessi con un elevato sviluppo di calore (elementi massivi), con la mancanza di maturazione umida nella fase plastica (durante le prime ore successive al getto), con l’assenza di giunti per controllare gli stati di coazione indotti dal ritiro. In questa evenienza è evidente come l’accertamento delle responsabilità dei difetti lamentati debba essere effettuato attraverso indagini sperimentali tese alla determinazioni di caratteristiche diverse dalla resistenza meccanica a compressione. Il manuale attraverso l’esame di alcuni “case histories” vuole fornire i criteri per la conduzione della controversia nelle situazioni in cui la resistenza a compressione rappresenta un parametro non rilevante. Questa situazione è alquanto ricorrente nelle pavimentazioni industriali in calcestruzzo che evidenziano fenomeni di distacco dello strato di usura “a spolvero di quarzo e cemento” dove la mancanza del nesso causale tra fenomeni lamentati e resistenza a compressione è lampante. In queste situazioni, più che ricorrere alla determinazione della resistenza in opera, è opportuno analizzare attentamente le modalità di distacco dello strato di usura e tener presente delle condizioni climatiche esistenti al momento dell’esecuzione dell’opera al fine di stabilire se le cause dei difetti lamentati sono da ricercarsi nella erronea tempistica di realizzazione dello strato di usura oppure da attribuirsi ad anomalie nella qualità del calcestruzzo ed, in particolare, degli ingredienti utilizzati. Il presente libro, attraverso alcuni casi pratici, indica la corretta procedura per la conduzione della controversia legale fornendo alcune indicazioni su quali prove condurre e quali caratteristiche accertare al fine di stabilire le responsabilità dei soggetti coinvolti.

A conclusione di questa premessa gli autori desiderano comunque evidenziare che la materia trattata si presta ad innumerevoli interpretazioni alla luce del fatto che, salvo alcune eccezioni, nella maggior parte delle controversie legali un danno/difetto è generalmente ascrivibile a più cause concomitanti che ricadono sotto la responsabilità non di un solo soggetto. Inoltre, molti parametri che concorrono, ad esempio, alla determinazione della resistenza a compressione in opera non hanno carattere di oggettività e, pertanto, si prestano a considerazioni soggettive che possono risultare significativamente diverse a seconda di quale parte (progettista, impresa o produttore di calcestruzzo) si deve perorare la causa. Pertanto, il presente manuale d’uso non ha certo la pretesa di voler rappresentare “la verità assoluta” quanto l’umile volontà di fornire un contributo, derivante anche da una lunga “militanza/frequentazione” dei tribunali, a dipanare una materia, quale quella del contenzioso legale, che si presenta, per usare un eufemismo, difficile e complessa.

Milano/Bergamo/Lugano
Novembre 2009

Luigi Coppola
Alessandra Buoso

NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
MILANO, 12 dicembre 2009

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA IN OPERA

LUIGI COPPOLA
BUOSO ALESSANDRA



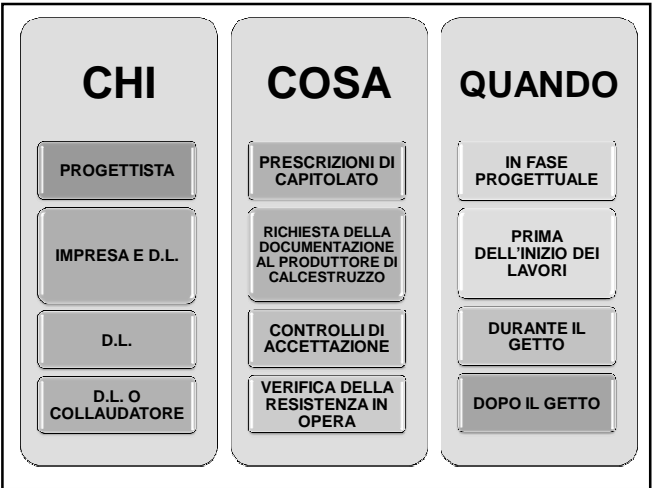
VOCI DI CAPITOLATO

Un obiettivo primario nel lavoro del progettista deve essere la formulazione delle voci di capitolato in accordo alle normative vigenti al fine di definire una serie di prescrizioni che siano tra loro congruenti, che non lascino alcun margine d'incertezza e che risultino dettagliate ed esaustive per ogni singola fase del processo costruttivo



VOCI DI ELENCO PREZZI

Fornitura e posa in opera di calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla EN 206-1, per strutture in classe di esposizione (UNI EN 206-1 e UNI 11104), R_{ck} N/mm², Lavorabilità al getto, D_{max} mm, CI



DOCUMENTAZIONE

La documentazione da fornire all’impresa e al Direttore Lavori è una condizione necessaria affinché il produttore di calcestruzzo rispetti i requisiti normativi, ma non sufficiente a garantire la qualità del prodotto consegnato in cantiere.



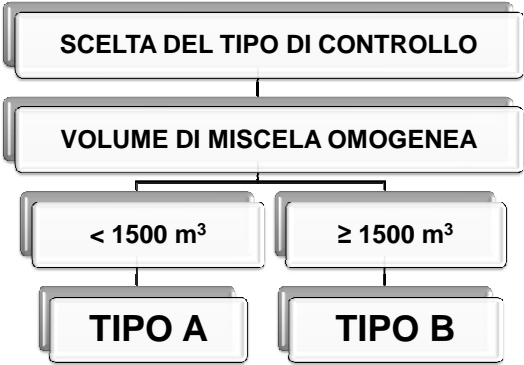
CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

L’impresa e la direzione lavori dopo aver accertato che il produttore del calcestruzzo effettua i controlli di conformità del conglomerato cementizio debbono esercitare un ulteriore controllo di “accettazione” durante la realizzazione dei getti mediante prelievi di calcestruzzo da effettuarsi “a bocca di betoniera” in accordo con una delle due procedure previste dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008)*

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Il Direttore dei Lavori ha l’obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d’opera per VERIFICARE LA CONFORMITÀ tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera a quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE



CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Controllo TIPO A	Controllo TIPO B
$R_{cp,i} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cmp} \geq R_{ck} + 3,5$	$R_{cmp} \geq R_{ck} + 1,4 \cdot s_n$

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE TIPO A

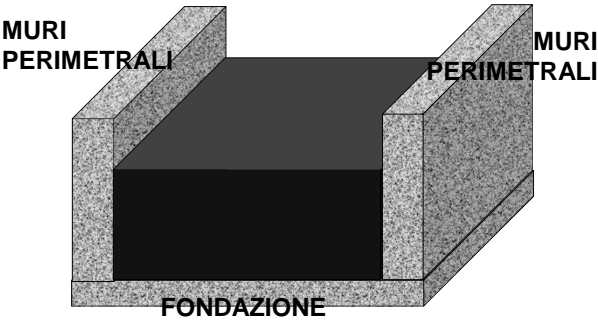
VOLUME	PRELIEVO	CUBETTI	QUANDO
QUANTITATIVO DI MISCELA OMOGENEA $\leq 300 \text{ m}^3$	I° PRELIEVO	2 CUBETTI	ALMENO UNO OGNI 100 m^3
	II° PRELIEVO	2 CUBETTI	
	III° PRELIEVO	2 CUBETTI	ALMENO UNO OGNI GIORNO DI GETTO

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DI TIPO A

Si può derogare al prelievo giornaliero se la costruzione prevede un volume complessivo di calcestruzzo inferiore a 100 m^3 .

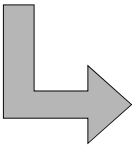
ESEMPIO

Si debba realizzare la struttura:



ESEMPIO

FONDAZIONE $\rightarrow R_{ck} \text{ } 30 \text{ N/mm}^2$
MURI PERIMETRALI $\rightarrow R_{ck} \text{ } 35 \text{ N/mm}^2$



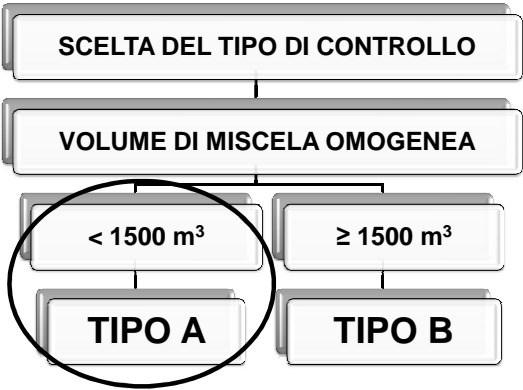
2 MISCELE OMOGENEE
2 CONTROLLI DISTINTI

ESEMPIO

FONDAZIONE → R_{ck} 30 N/mm²

Giorni di getto	Quantità (m ³)
01 SETTEMBRE 2009	220
02 SETTEMBRE 2009	110
03 SETTEMBRE 2009	110
10 SETTEMBRE 2009	20
11 SETTEMBRE 2009	110
12 SETTEMBRE 2009	10
13 SETTEMBRE 2009	10
15 SETTEMBRE 2009	210
TOTALE	800 m ³

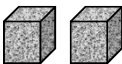
SCELTA DEL TIPO DI CONTROLLO



CONTROLLO TIPO A

QUANDO PRELEVARE?

UN PRELIEVO



- a) ALMENO UNO OGNI 100 m³ DI GETTO;
- b) UNO OGNI GIORNO DI GETTO;

PER UN VOLUME MASSIMO
COMPLESSIVO DI 300m³

DEROGA

Si può derogare al prelievo giornaliero se la costruzione prevede un volume complessivo di calcestruzzo inferiore a 100 m³.

VOLUME COMPLESSIVO = 800 m³

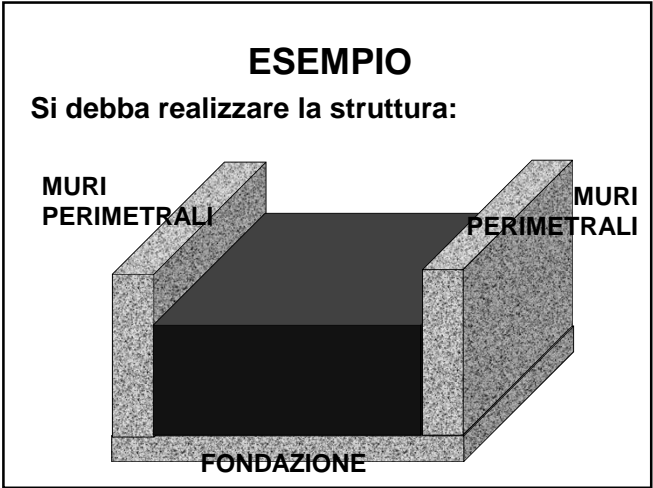
OBBLIGO DEL PRELIEVO
GIORNALIERO

PRELIEVI

Giorni di getto	Quantità (m ³)	PRELIEVI MINIMI
01 SETTEMBRE 2009	220	3
02 SETTEMBRE 2009	110	2
03 SETTEMBRE 2009	110	2
10 SETTEMBRE 2009	20	1
11 SETTEMBRE 2009	110	2
12 SETTEMBRE 2009	10	1
13 SETTEMBRE 2009	10	1
15 SETTEMBRE 2009	210	3
TOTALE	800 m ³	15

RAGGRUPPAMENTO PER CONTROLLO A

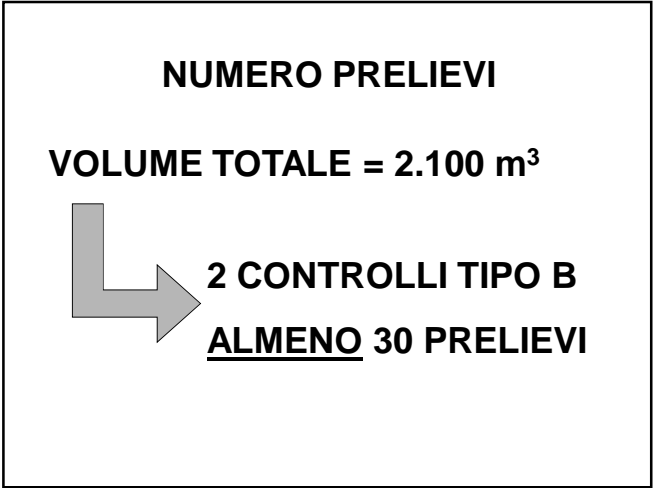
Giorni di getto	Quantità (m³)	PRELIEVI		CONTROLLO A
01 SETTEMBRE 2009	220	3	3	1
02 SETTEMBRE 2009	110	2	2	1
03 SETTEMBRE 2009	110	2	1	
10 SETTEMBRE 2009	20	1	1	1
11 SETTEMBRE 2009	110	2	1	
12 SETTEMBRE 2009	10	1	1	1
13 SETTEMBRE 2009	10	1	1	
15 SETTEMBRE 2009	210	3	3	1
TOTALE	800 m³	15		5



ESEMPIO

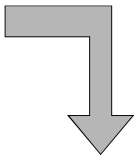
ELEVAZIONI $\rightarrow R_{ck} 35 \text{ N/mm}^2$

Giorni di getto	Quantità (m³)
10 OTTOBRE 2009	300
11 OTTOBRE 2009	300
12 OTTOBRE 2009	300
13 OTTOBRE 2009	300
14 OTTOBRE 2009	300
15 OTTOBRE 2009	300
16 OTTOBRE 2009	300
TOTALE	2100 m³



NUMERO PRELIEVI

2 CONTROLLI TIPO B
30 PRELIEVI
in 7 GIORNI DI GETTO



Per 5 GIORNI → 4 PRELIEVI;
Per 2 GIORNI → 5 PRELIEVI;

ESEMPIO PRELIEVI

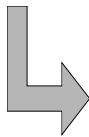
Giorni di getto	Quantità (m³)	PRELIEVI MINIMI	PRELIEVI
10 OTTOBRE 2009	300	3	5
11 OTTOBRE 2009	300	3	4
12 OTTOBRE 2009	300	3	4
13 OTTOBRE 2009	300	3	4
14 OTTOBRE 2009	300	3	4
15 OTTOBRE 2009	300	3	4
16 OTTOBRE 2009	300	3	5
TOTALE	2100 m³	21	30

RAGGRUPPAMENTO PER CONTROLLI

Giorni di getto	Quantità (m³)	PRELIEVI		CONTROLLI B
10 OTTOBRE 2009	300	5	5	1
11 OTTOBRE 2009	300	4	4	
12 OTTOBRE 2009	300	4	4	
13 OTTOBRE 2009	300	4	2	1
			2	
14 OTTOBRE 2009	300	4	4	
15 OTTOBRE 2009	300	4	4	
16 OTTOBRE 2009	300	5	5	
TOTALE	2100 m³	30		2

ALTERNATIVA PRELIEVI

VOLUME TOTALE = 2.100 m³



I primi 5 GIORNI si effettuano 3
PRELIEVI/giorno;
Nei restanti 2 GIORNI si
effettuano sempre 3
PRELIEVI/giorno;

Come controllare tutto il volume di
cls????

Giorni di getto	Quantità (m³)	Np	Rp	CONTROLLI B
10 OTTOBRE 2009	300	3	1	
			2	
			3	
11 OTTOBRE 2009	300	3	4	
			5	
			6	
12 OTTOBRE 2009	300	3	7	
			8	
			9	
13 OTTOBRE 2009	300	3	10	
			11	
			12	
14 OTTOBRE 2009	300	3	13	
			14	
			15	
15 OTTOBRE 2009	300	3	16	
			17	
			18	
16 OTTOBRE 2009	300	3	19	
			20	
			21	
TOTALE	2100 m³			7

CONTROLLO TIPO B

Quindi posso eseguire anche più
controlli di tipo B pur facendo meno
prelievi; tale operazione posso farla
solo se ho omogeneità di produzione.
Questo tipo di eseguire i controlli è
estremamente impegnativo
(stringente)

RESISTENZA DI PRELIEVO

CONTROLLO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

1. **PRELIEVO** in cantiere al momento del getto di un volume di calcestruzzo sufficiente a confezionare due provini;



RESISTENZA DI PRELIEVO

CONTROLLO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

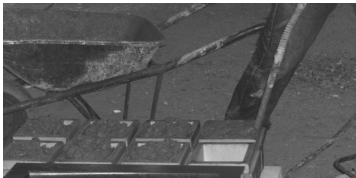
2. **CONFEZIONAMENTO** di due provini utilizzando stampi di dimensioni e tolleranze specificate dalla UNI EN 12390-1.



RESISTENZA DI PRELIEVO

CONTROLLO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

3. **COMPATTAZIONE** “a rifiuto” con un vibratore ad ago dell’impasto introdotto nella cassaforma per l’eliminazione dell’aria nell’impasto



RESISTENZA DI PRELIEVO

CONTROLLO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

4. **CONSERVAZIONE** dei provini in ambiente a temperatura e umidità controllata ($T = 20 \pm 2$ °C; U.R. ≥ 95 % oppure in acqua in accordo alla UNI EN 12390-2)



MODALITÀ DI PROVA

PLANARITÀ DELLE FACCE DEI PROVINI E PERPENDICOLARITÀ

COMPATTAZIONE A RIFIUTO DEL CALCESTRUZZO

TRASPORTO DAL CONFEZIONAMENTO DOPO ALMENO 16 h e AL MASSIMO 3 GIORNI

MATURAZIONE A 20 ± 2 °C

MATURAZIONE IN ACQUA O IN AMBIENTE CON U.R. $> 95\%$

MOTIVAZIONE

EVITARE ROTTURE DEL PROVINO PER CONCENTRAZIONI DI SFORZO O PER SFORZI DI TRAZIONE GENERATI DA ECCENTRICITÀ DEL CARICO

ESPULSIONE DELL'ARIA DALL'IMPASTO E RAGGIUNGIMENTO DELLA MASSA VOLUMICA MASSIMA

EVITARE CHE SI FORMINO MICROFESSURAZIONI NEL CALCESTRUZZO FRESCO PER EFFETTO DEGLI URTI DOVUTI AL TRASPORTO SU STRADE ACCIDENTATE

EVITARE CHE TEMPERATURE COSTANTEMENTE FREDE O TEMPERATURE ELEVATE DURANTE I PRIMI GIORNI DAL GETTO PENALIZZINO RESISTENZA A 28 gg

EVITARE LA COMPASSA DI FESSURAZIONI E GARANTIRE UNA CORRETTA IDRATAZIONE DEL CEMENTO

TRASPORTO E CONSERVAZIONE

In accordo alla norma UNI EN 12390-2 i provini subito dopo il confezionamento debbono essere lasciati nella cassaforma per almeno 16h, ma non oltre 3 giorni, proteggendoli da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di:

- (20 ± 5) °C
- (25 ± 5) °C nei climi caldi

Si può derogare a tale norma nel caso in cui in cantiere sia presente o una camera a temperatura controllata o i provini vengano immersi in vasche di acqua a temperatura controllata

MODALITÀ DI PROVA	MOTIVAZIONE
PLANARITÀ DELLE FACCE DEI PROVINI E PERPENDICOLARITÀ	EVITARE ROTTURE DEL PROVINO PER CONCENTRAZIONI DI SPORZO O PER SFORZI DI TRAZIONE GENERATI DA ECCENTRICITÀ DEL CARICO
COMPATTAZIONE A RIFIUTO DEL CALCESTRUZZO	ESPULSIONE DELL'ARIA DALL'IMPASTO E RAGGIUNGIMENTO DELLA MASSA VOLUMICA MASSIMA
TRASPORTO DAL CONFEZIONAMENTO DOPO ALMENO 16 h e AL MASSIMO 3 GIORNI	EVITARE CHE SI FORMINO MICROFESSURAZIONI NEL CALCESTRUZZO FRESCO PER EFFETTO DEGLI URTI DOVUTI AL TRASPORTO SU STRADE ACCIDENTATE
MATURAZIONE A 20 ± 2 °C	EVITARE CHE TEMPERATURE COSTANTEMENTE FREDE O TEMPERATURE ELEVATE DURANTE I PRIMI GIORNI DAL GETTO PENALIZZINO RESISTENZA A 28 gg
MATURAZIONE IN ACQUA O IN AMBIENTE CON U.R.> 95%	EVITARE LA COMPARSA DI FESSURAZIONI E GARANTIRE UNA CORRETTA IDRATAZIONE DEL CEMENTO

RESISTENZA DI PRELIEVO

CONTROLLO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

5. PROVA DI COMPRESSIONE sui provini dopo 28 giorni in accordo alla UNI EN 12390-3 e 4.

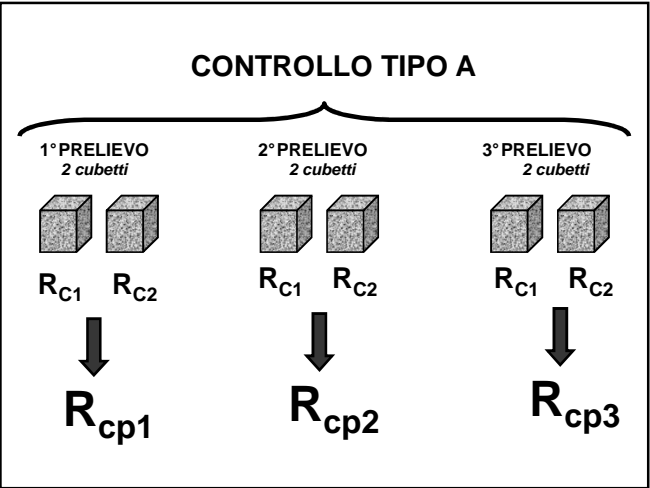


RESISTENZA DI PRELIEVO

R_{cp}

RESISTENZA DI PRELIEVO

Il valore medio della resistenza a compressione ottenuto su due provini derivanti da un dato prelievo



CONTROLLO TIPO A

$$\begin{cases} R_{cmp} \geq R_{ck} + 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ R_{cp1} \geq R_{ck} - 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{cases}$$

R_{ck} = valore caratteristico prescritto dal progettista delle opera (o dal D.L.);
 R_{cmp} = valore medio delle resistenze di prelievo
 R_{cp1} = valore minimo delle resistenze di prelievo.



CONTROLLO TIPO B

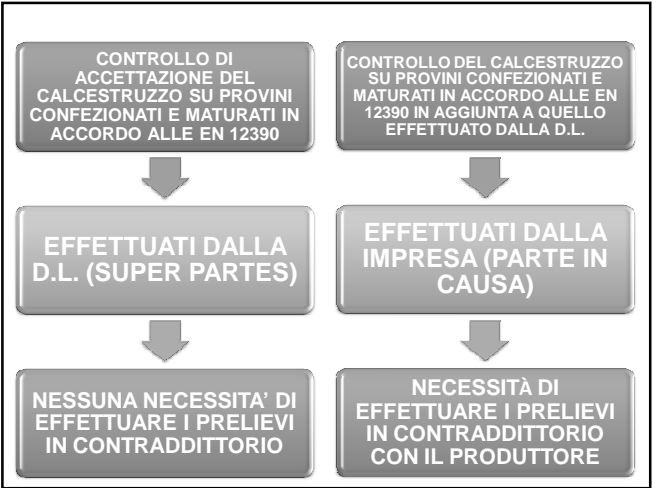
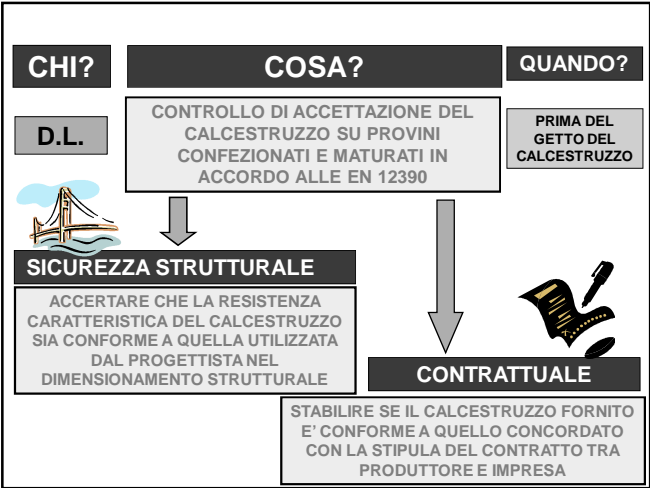
$$\begin{cases} R_{cmp} \geq R_{ck} + 1.4 \cdot s_n \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ R_{cp1} \geq R_{ck} - 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{cases}$$

R_{ck} = valore caratteristico prescritto dal progettista delle opera (o dal D.L.);
 R_{cmp} = valore medio delle resistenze di prelievo
 R_{cp1} = valore minimo delle resistenze di prelievo.
 s_n = scarto quadratico medio ottenuto sui provini

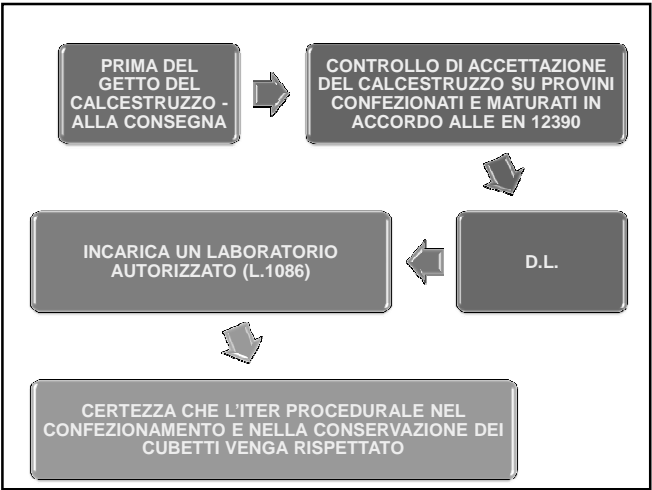
SCARTO QUADRATICO MEDIO

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{cpi} - R_{cpm})^2}{(n - 1)}}$$

R_{cmp} = valore medio delle resistenze di prelievo
 R_{cpi} = valore delle resistenze di prelievo.
 $(n - 1)$ = numero di prelievi meno 1



CUBETTI DIMENTICATI



DUPLICE VALENZA

Resta inteso che i prelievi effettuati dalla Direzione Lavori hanno un duplice valore in quanto:

- la Direzione lavori li utilizzerà per controllare che la resistenza meccanica del calcestruzzo fornito sia conforme al valore prescritto dal progettista per il rispetto dei livelli di sicurezza generale delle strutture;
- l'acquirente (generalmente l'impresa) potrà utilizzarli per valutare se il calcestruzzo fornito è congruente con quello pattuito commercialmente con il produttore.

NON CONFORMITÀ

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

SUPERATO

NON SUPERATO

CALCESTRUZZO
FORNITO
CONFORME

STRUTTURA
POTENZIALMENTE
COLLAUDABILE

CALCESTRUZZO
FORNITO NON
CONFORME

OBBLIGO DEL
CONTROLLO
DELLA
RESISTENZA IN
OPERA

DETERMINAZIONE
DELLA
RESISTENZA
EFFETTIVAMENTE
FORNITA IN
CANTIERE (R_{CK, EFF})

CONTROLLI SUL CALCESTRUZZO
IN OPERA

TALI PROVE NON DEBBONO
INTENDERSI SOSTITUTIVE DEL
CONTROLLO DI ACCETTAZIONE
« A BOCCA DI BETONIERA »

CHI?

COSA?

QUANDO?

D.L.

CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL
CALCESTRUZZO IN OPERA SU CAROTE
ESTRATE DALLE STRUTTURE

DOPO IL GETTO
DEL
CALCESTRUZZO

OBBLIGATORIO

ESITO NEGATIVO DEL CONTROLLO
DI ACCETTAZIONE EFFETTUATO CON
PRELIEVO DI PROVINI CUBICI AL
MOMENTO DELLA CONSEGNA DEL
CALCESTRUZZO IN CANTIERE

DISCREZIONALE

ESITO POSITIVO DEL CONTROLLO
DI ACCETTAZIONE MA SUSSISTONO
DUBBI SULLA QUALITA'
DELL'ESECUZIONE DELLE
STRUTTURE

RESISTENZA IN OPERA

RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA
dipende da:

QUALITÀ DEL
CALCESTRUZZO
FORNITO

PRODUTTORE DI
CALCESTRUZZO

PROCEDURE DI
POSA IN OPERA
(compattazione e maturazione)

IMPRESA DI
COSTRUZIONE

RESISTENZA IN OPERA

D.M. 14/09/2005 - D.M. 14/01/2008

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme:

1. UNI EN 12504-1:2002 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - **CAROTE** - Prelievo, esame e prova di compressione
2. UNI EN 12504-2:2001 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'**INDICE SCLEROMETRICO**
3. UNI EN 12504-3:2005 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della **FORZA DI ESTRAZIONE**
4. UNI EN 12504-4:2005 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli **IMPULSI ULTRASONICI**
5. Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

D.M. 14/09/2005

Il valore medio della resistenza meccanica a compressione "cubica" ($R_{cm-opera}$) del conglomerato cementizio valutata direttamente sulle strutture già realizzate (controllo della qualità del calcestruzzo in opera) che deve risultare non inferiore all'85 % del valore caratteristico ($R_{ck-progetto}$) utilizzato dal progettista nel dimensionamento delle strutture.

$$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{ck-progetto}$$

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 14.01.2008

È accettabile un VALORE MEDIO DELLA RESISTENZA STRUTTURALE, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, NON INFERIORE ALL'85% DEL VALORE MEDIO DEFINITO IN FASE DI PROGETTO.

$$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{cm-progetto}$$

D.M. 14/01/2008

$$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{cm-progetto}$$

- $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$
- $f_{cm} = 0.83 R_{cm}$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$
- $0.83 R_{cm} = 0.83 R_{ck} + 8 \text{ (in N/mm}^2\text{)}$
- $(0.83/0.83) R_{cm} = (0.83/0.83) R_{ck} + (8/0.83) \text{ (in N/mm}^2\text{)}$
- $R_{cm} = R_{ck} + 9.6 \text{ (in N/mm}^2\text{)}$

$$R_{cm-opera} \geq 0.85 (R_{ck-progetto} + 9.6)$$

EN 13791

$$R_{ck-opera} \geq 0.85 R_{ck-progetto}$$

La normativa europea (EN 13791), fornisce indicazioni per determinare il valore caratteristico della resistenza a compressione in opera ricorrendo a due approcci distinti:

- A (statistico);
- B (forfettario).

EN 13791 – Approccio forfettario A

- $R_{ck-opera} = R_{cm-opera} - K$
- $R_{ck-opera} = R_{cmin-opera} + 4 \text{ N/mm}^2$

N° prelievi	Valore K
3 ÷ 6	7
7 ÷ 9	6
10 ÷ 14	5

EN 13791 – Approccio statistico B

- $R_{ck-opera} = R_{cm-opera} - 1.48 \cdot s_n$
- $R_{ck-opera} = R_{cmin-opera} + 4 \text{ N/mm}^2$



CRITERI DI COLLAUDABILITÀ

NORMA	$R_{ck-prog}$ (N/mm ²)	$R_{cm-opera}$ (N/mm ²)	$R_{cm-in-opera}$ (N/mm ²)
<i>D.M. 2005</i>	30	> 25.50	-
<i>D.M. 2008</i>	30	> 33.66	-
<i>EN 13791</i>	30	>30.5-32.5	> 21.5

CRITERI DI COLLAUDABILITÀ

NORMA	$R_{ck-prog}$ (N/mm ²)	$R_{cm-opera}$ (N/mm ²)	$R_{cm-opera}$ vs $R_{cm-cubetto}$
<i>D.M. 2005</i>	30	> 25.50	-24%
<i>D.M. 2008</i>	30	> 33.66	+ 0.6%
<i>EN 13791</i>	30	>30.5-32.5	- (3-9%)

SCARTO QUADRATICO MEDIO DEI VALORI DI RESISTENZA IN OPERA

Generalmente $s_{n-opera}$ risulta compreso tra 2 e 5 N/mm².

Pertanto se $R_{ck-progetto} = 30\text{N/mm}^2$

$R_{cm-opera} = 25.5\text{ N/mm}^2$ (D.M. 2005)

- $R_{ck-opera} = 25.5 - 1.48 \cdot 2 = 22.5\text{N/mm}^2$
- $R_{ck-opera} = 25.5 - 1.48 \cdot 5 = 18.1\text{N/mm}^2$

PENALIZZAZIONE DEL VALORE CARATTERISTICO IN OPERA RISPETTO A QUELLO DI PROGETTO

Pertanto se $R_{ck-progetto} = 30\text{N/mm}^2$

- $R_{ck-opera} / R_{ck-progetto} = 22.5/30\text{N/mm}^2 = 0.75$
(- 25%)
- $R_{ck-opera} / R_{ck-progetto} = 18.1/30\text{N/mm}^2 = 0.60$
(- 40%)

INACCETTABILITÀ

Questo equivale a ritenere accettabile una diminuzione del valore caratteristico del calcestruzzo in opera di circa il 40% rispetto a quello utilizzato dal progettista per la verifica dei livelli di sicurezza delle strutture. Francamente questa riduzione sembra decisamente troppo elevata se si tiene conto che la norma europea, invece, ritiene accettabile un valore caratteristico per il conglomerato in opera non inferiore all'85% di quello prescritto dal progettista. In sostanza, sembra che le Norme Tecniche siano troppo permissive e blande a generale svantaggio della sicurezza delle strutture.

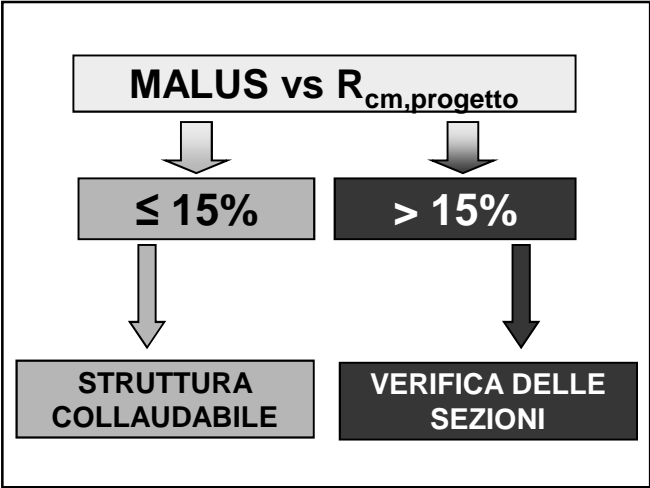
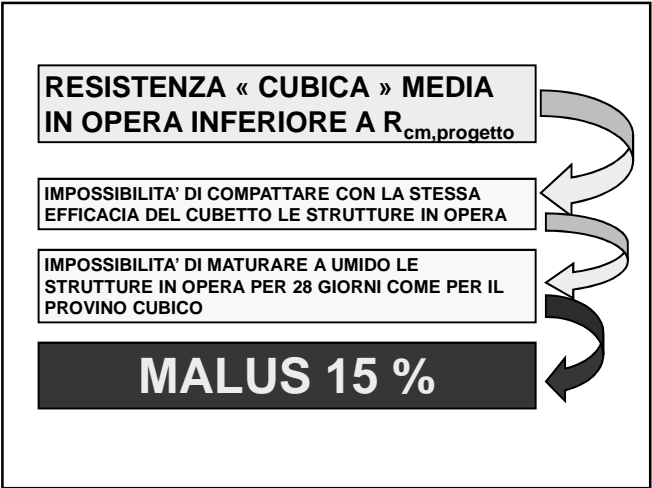
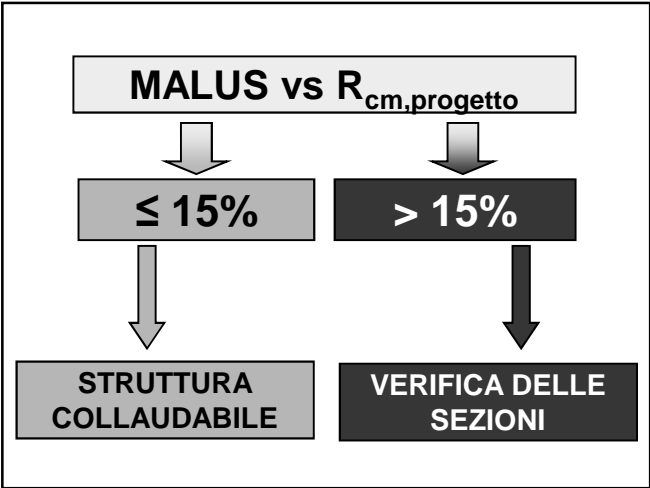
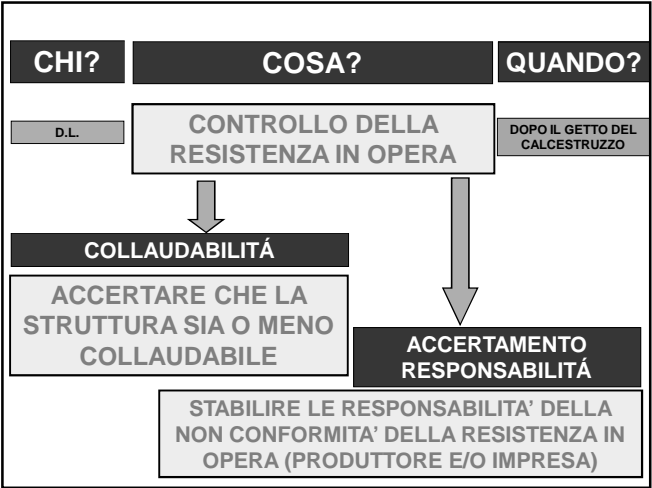
CRITERI DI COLLAUDABILITÀ

È possibile osservare che il criterio più stringente è quello offerto dal D.M. 14/01/2008 anche se il criterio ideale per la verifica della collaudabilità delle struttura dovrebbe essere quello suggerito dalla norma europea EN 13791



NOTA IMPORTANTE


Nell'eventualità si volesse utilizzare la norma europea, resta inteso che prima dell'inizio dell'esecuzione dei lavori lo si debba esplicitare nel capitolato speciale rivolto all'impresa.




CASO	Controllo di accettazione	Controllo resistenza in opera	Azioni da intraprendere	ONERI per interventi di consolidamento, demolizione/ricostruzione
1	POSITIVO $R_{ck-eff} \geq R_{ck-progetto}$	POSITIVO $R_{cm-opera} \geq 85\%R_{cm-progetto}$	NESSUNA la struttura è collaudabile	-
2	POSITIVO $R_{ck-eff} \geq R_{ck-progetto}$	NEGATIVO $R_{cm-opera} < 85\%R_{cm-progetto}$	VERIFICA SEZIONI utilizzando un valore pari a $R_{ck-opera}/0.85$	IMPRESA ESECUTRICE
3	NEGATIVO $R_{ck-eff} < R_{ck-progetto}$	NEGATIVO $R_{cm-opera} < 85\%R_{cm-progetto}$ POSITIVO $R_{cm-opera} \geq 85\%R_{cm-eff}$	VERIFICA SEZIONI utilizzando un valore pari a $R_{ck-opera}/0.85$	PRODUTTORE DI CALCESTRUZZO
4	NEGATIVO $R_{ck-eff} < R_{ck-progetto}$	NEGATIVO $R_{cm-opera} < 85\%R_{cm-eff}$ NEGATIVO $R_{cm-opera} < 85\%R_{cm-eff}$	VERIFICA SEZIONI utilizzando un valore pari a $R_{ck-opera}/0.85$	IMPRESA ESECUTRICE E PRODUTTORE DI CALCESTRUZZO

$R_{ck-progetto}$

CASO 1

$R_{ck-eff} \geq R_{ck-progetto}$ 

Controllo di accettazione

$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{cm-progetto}$ 


Controllo resistenza in opera

LA STRUTTURA E' COLLAUDABILE


ENTRAMBI GLI ATTORI HANNO SVOLTO CORRETTAMENTE LE PROPRIE MANSIONI

$R_{ck-progetto}$

CASO 2

$R_{ck-eff} \geq R_{ck-progetto}$ 

Controllo di accettazione

$R_{cm-opera} < 0.85 R_{cm-progetto}$ 


Controllo resistenza in opera

LA STRUTTURA NON E' COLLAUDABILE


LE RESPONSABILITA' SONO ESCLUSIVE DELL'IMPRESA ESECUTRICE

$R_{ck-progetto}$

CASO 3


$R_{ck-eff} < R_{ck-progetto}$ 

Controllo di accettazione

$R_{cm-opera} < 0.85 R_{cm-progetto}$ 

Controllo resistenza in opera


LA STRUTTURA NON E' COLLAUDABILE

$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{cm-eff}$ 


LE RESPONSABILITA' SONO ESCLUSIVE DEL FORNITORE DI CALCESTRUZZO

$R_{ck-progetto}$

CASO 4


$R_{ck-eff} < R_{ck-progetto}$ 

Controllo di accettazione

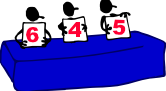
$R_{cm-opera} < 0.85 R_{cm-progetto}$ 

Controllo resistenza in opera

LA STRUTTURA NON E' COLLAUDABILE

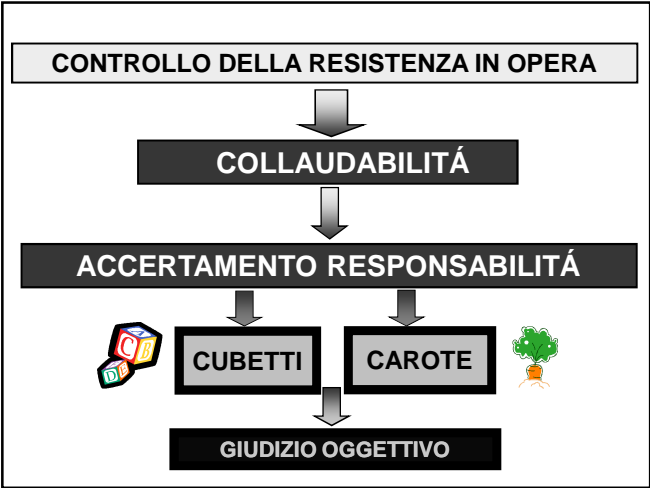
$R_{cm-opera} < 0.85 R_{cm-eff}$ 

LE RESPONSABILITA' SONO DI ENTRAMBI GLI ATTORI




GIUDIZIO OGGETTIVO

Se correttamente e in accordo alle Norme tecniche per le Costruzioni, il Direttore Lavori effettua i controlli di accettazione e successivamente decide di valutare la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera sarà sempre possibile stabilire univocamente e con dati oggettivi le azioni da intraprendere e a chi accollare gli oneri derivanti dagli interventi che si rende necessario attuare.



SITUAZIONE INTRICATA





La situazione, invece, diventa più complicata in quei contesti in cui una disattenta Direzione Lavori omette di effettuare i controlli di accettazione, contravvenendo già ad un obbligo di legge, e successivamente decida di valutare la resistenza del calcestruzzo dalle strutture in opera ai fini della collaudabilità dell'elemento.

CASO	Controllo di accettazione	Controllo resistenza in opera	Azioni da intraprendere	ONERI per interventi di consolidamento, demolizione/ricostruzione
1	NON ESEGUITI	POSITIVO $R_{cm,opera} \geq 85\% R_{cm-progetto}$	NESSUNA la struttura è collaudabile	-
2	NON ESEGUITI	NEGATIVO $R_{cm,opera} < 85\% R_{cm-progetto}$	VERIFICA SEZIONI utilizzando un valore pari a $R_{ck,opera}/0.85$??????????

CASO 5

$R_{ck-progetto}$

$R_{ck-eff} \text{ ??????}$  Controllo di accettazione

$R_{cm-opera} \geq 0.85 R_{cm-progetto}$  Controllo resistenza in opera

LA STRUTTURA E' COLLAUDABILE

ENTRAMBI GLI ATTORI HANNO SVOLTO CORRETTAMENTE LE PROPRIE MANSIONI

CASO 6

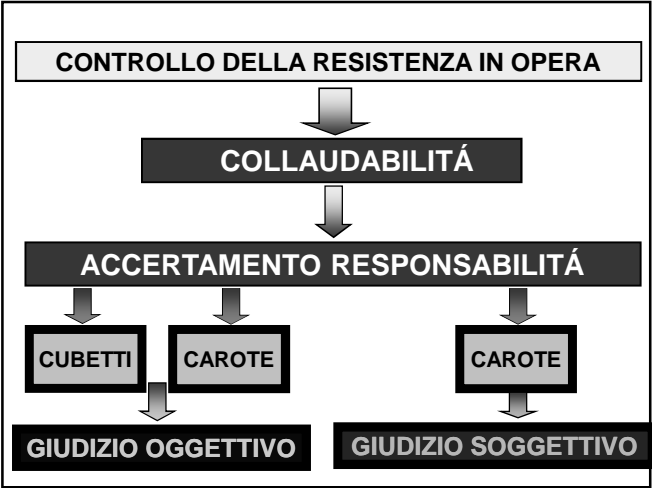
$R_{ck-progetto}$

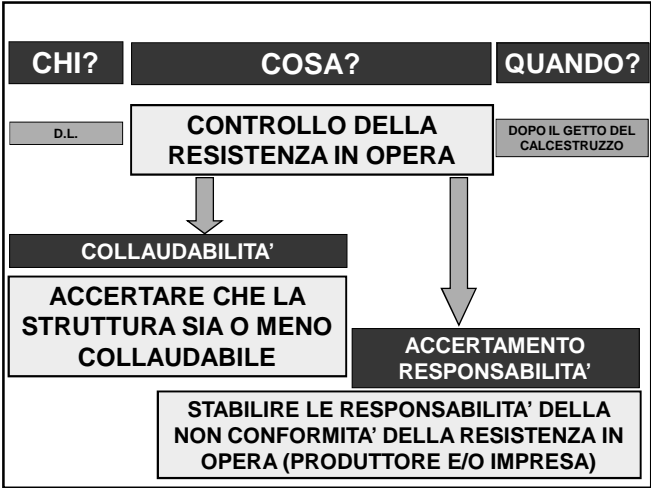
$R_{ck-eff} \text{ ??????}$  Controllo di accettazione

$R_{cm-opera} < 0.85 R_{cm-progetto}$  Controllo resistenza in opera

LA STRUTTURA NON E' COLLAUDABILE

LE RESPONSABILITA' SONO DI ????????





**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
MILANO, 12 dicembre 2009

CRITERI DI COLLAUDABILITÀ

LUIGI COPPOLA
BUOSO ALESSANDRA

RESISTENZA IN OPERA

D.M. 14/01/2008

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme:

1. UNI EN 12504-1:2002 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - **CAROTE** - Prelievo, esame e prova di compressione
2. UNI EN 12504-2:2001 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'**INDICE SCLEROMETRICO**
3. UNI EN 12504-3:2005 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della **FORZA DI ESTRAZIONE**
4. UNI EN 12504-4:2005 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli **IMPULSI ULTRASONICI**
5. Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

LINEE GUIDA C.S.LL.PP.

METODO	COSTO	VELOCITÀ DI ESECUZIONE	DANNO APPORTATO ALLA STRUTTURA	RAPPRESENTATIVITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI	QUALITÀ CORRELAZIONE GRANDEZZA MISURATA / RESISTENZA
Carotaggio	Elevato	Lento	Moderato	Moderata	Ottima
Indice di rimbalzo	Molto basso	Veloce	Nessuno	Interessa solo la Superficie	Debole
Velocità di propagazione di ultrasuoni	Basso	Veloce	Nessuno	Buona Riguarda tutto lo spessore	Moderata
Estrazione di inserti	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Buona
Resistenza alla penetrazione	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Moderata

VALORI TIPICI DI RIFERIMENTO

METODO	Coefficiente di variazione dei valori ottenuti su un elemento strutturale di buona qualità (%)	Limiti di confidenza [±%] al 95% nella stima della resistenza.	Numero di prove o di campioni relativo ad un'area di prova
Carotaggio	10	10	3
Indice di rimbalzo	4	25	12
Velocità di propagazione di ultrasuoni	2.5	20	1
Estrazione di inserti	4	20	3
Resistenza alla penetrazione	15	15	9

METODI NON DISTRUTTIVI

METODO	CONDIZIONI	GRADO DI PRECISIONE
SCLEROMETRO	se sono disponibili campioni di calcestruzzo, prelevati in situ, per la taratura ed è nota la composizione	12 - 18 %
ULTRASUONI		12 - 16 %
SCLEROMETRO	se sono disponibili solo campioni di calcestruzzo, prelevati in situ	15 - 20%
ULTRASUONI		14 - 18%
SCLEROMETRO	se è nota solo la composizione del calcestruzzo	18 - 28%
ULTRASUONI		18 - 25%
SCLEROMETRO	Non sono disponibili dati di alcun tipo per la taratura	>> 30%
ULTRASUONI		>> 30%

METODI NON DISTRUTTIVI

Per quanto riguarda le prove con ultrasuoni, il loro uso nella determinazione della resistenza è sconsigliabile, a causa del gran numero di variabili che intervengono nel legame tra resistenza e velocità di propagazione delle onde elastiche.

Le prove di pull-out e di break-off consentono una stima della resistenza a trazione e di quella a trazione per flessione, con un buon grado di approssimazione.

SCELTA DEL CAROTAGGIO

Il carotaggio è comunque il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi.



VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA IN OPERA MEDIANTE CAROTAGGIO

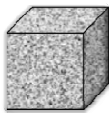
CUBETTI - CAROTE



PROGETTAZIONE



CONTROLLO



CUBETTI



CAROTE

DETERMINAZIONE RESISTENZA « CUBICA » MEDIA IN OPERA

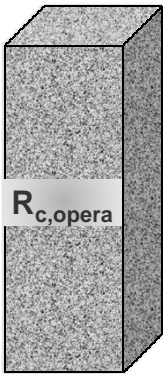


IMPOSSIBILITA' DI PROCEDERE ALL'ESTRAZIONE DI « CUBI » DALLE STRUTTURE IN OPERA



PRELIEVO DI CAROTE IL CUI VALORE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE SIA DAL PUNTO DI VISTA DELLA GEOMETRIA EQUIVALENTE AL PROVINO CUBICO

FONDAMENTALE



$R_{c,carota}$

$R_{c,carota} \neq R_{c,opera}$

PARAMETRI INFLUENZANTI



DIAMETRO DELLE CAROTE

Il valore della resistenza a compressione è influenzato dal rapporto tra il diametro della carota (d) e la dimensione massima dell'aggregato utilizzato nel confezionamento dell'impasto (D_{max}). Questa influenza diventa significativa quando d/D_{max} risulta inferiore a 3.

$d_{carota} \geq 3 \cdot D_{max}$

DIAMETRO CAROTE d vs D_{max}

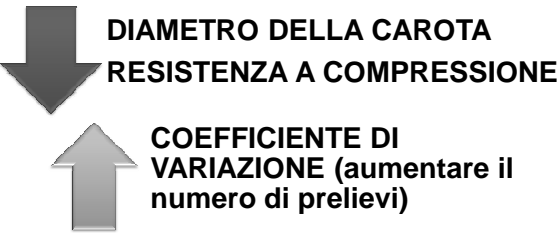
D _{max} (mm)	16	20-22	32	40
3 · D _{max}	48	60-66	96	120
d _{carota} (mm)	50	75	100	150

I calcestruzzi generalmente vengono confezionati con aggregati aventi D_{max} 32 mm
→ diametro delle carote ≥ 100 mm.

ESIGENZE PARTICOLARI

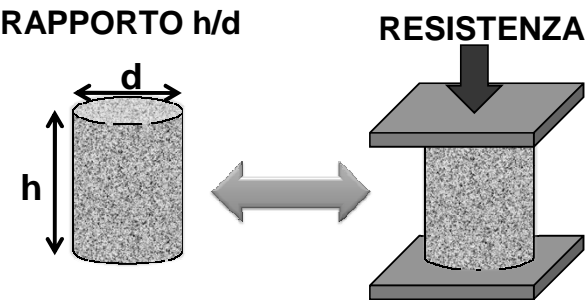
- valutare la resistenza di un calcestruzzo confezionato con aggregati aventi D_{max} > 32 mm
→ ricorrere a carote d = 150 mm;
- impossibilità di prelevare carote prive di ferri d'armatura paralleli all'asse della carota → estrazione di una carota d < 100 mm (ad esempio 75 mm), ma MAI INFERIORE A 50 mm.

DIAMETRO DELLE CAROTE



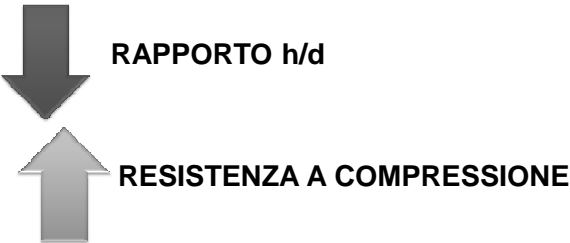
Fattore di correzione per il diametro delle carote = F_{dia}

GEOMETRIA DELLA CAROTA



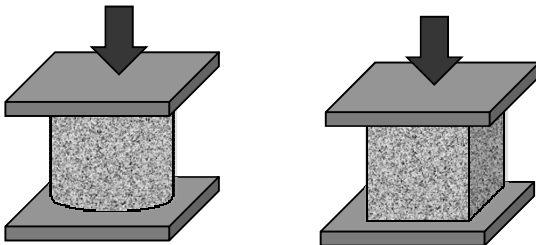
A causa dell'azione di contenimento (EFFETTO DI CONFINAMENTO) esercitata dalle piastre della macchina di prova

GEOMETRIA DELLA CAROTA



Fattore di correzione per il rapporto h/d = F_{h/d}

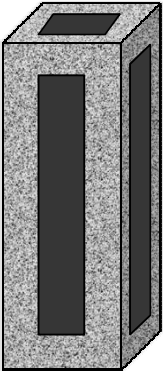
RESISTENZA CUBETTI / CAROTE



R_{carota} (d=100 - 150 mm; h/d=1) = R_{cubetto} (l=150mm)



LOCALIZZAZIONE DEI CAROTAGGI



I carotaggi debbono essere effettuati ad una distanza dai bordi dell'elemento almeno pari a 1.5 volte il diametro della carota

VERIFICHE PRELIMINARI

Prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, È **NECESSARIO** verificare:

- **PLANARITÀ** delle superfici d'appoggio;
- **ORTOGONALITÀ** delle superfici d'appoggio.

La lavorazione o preparazione inadeguata dei provini porta a risultati erranei. Il semplice taglio e la molatura delle superfici di prova può non soddisfare i requisiti di parallelismo e planarità richiesti dalle norme.

RETTIFICA

Nell'esecuzione delle operazioni di carotaggio l'utensile dovrà essere fissato rigidamente alla struttura in calcestruzzo mediante degli opportuni tasselli al fine di garantire che l'asse della carota risulti perfettamente verticale. Dopo il taglio meccanico si procederà all'operazione di **SPIANATURA E RETTIFICA DELLE BASI DEL PROVINO CON MACCHINA PROVISTA DI MOLE ABRASIVE.**


CAPPATURA

Nel caso in cui non fosse possibile rettificare meccanicamente la carota, si deve ricorrere alla **RETTIFICA CON STRATO DI MALTA** (in gergo definita "CAPPATURA").

Tale operazione consiste nell'applicazione di uno strato di malta sulle basi della carota che **NON DEVE ESSERE SUPERIORE A 10mm.**

Infatti, in questa evenienza si ridurrebbe l'effetto di confinamento esercitato dai piatti della pressa sul calcestruzzo con il risultato che la resistenza a compressione misurata sul provino "cappato" risulterebbe inferiore a quella misurata sullo stesso provino rettificato meccanicamente

CAPPATURA

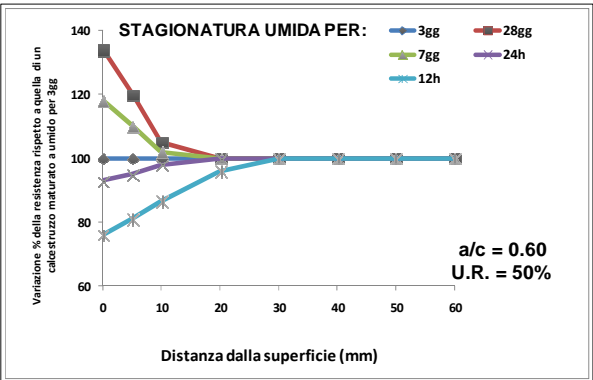


- CAROTE CONSERVATE IN ACQUA
- CAROTE ASCIUTTE
- Malta a base di cemento alluminoso
- Miscela di sabbia fine di natura silicica e zolfo
- Malta a base di gesso

MATURAZIONE DELLA STRUTTURA

E' opportuno far presente che al fine di limitare l'influenza derivante da una non corretta maturazione dei getti (che fortunatamente ha scarse implicazioni sugli aspetti relativi alla collaudabilità dell'opera, ma incide pesantemente sulla durabilità delle strutture) è opportuno quando si effettua il taglio della carota che VENGANO RIMOSSI I PRIMI 2.5 - 3 cm più corticali che sono quelli interessati da un minor grado di idratazione.

EFFETTO DELLA MATURAZIONE UMIDA



CONSERVAZIONI DELLA CAROTA

Diverse considerazioni si debbono fare nel caso delle modalità di conservazione delle carote, nelle ore successive all'estrazione, in quanto direttamente correlate al contenuto di umidità delle carote

CONSERVAZIONI DELLA CAROTA

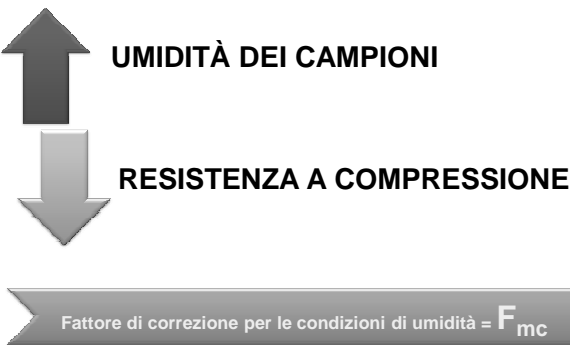
Condizioni di conservazione delle carote dopo l'estrazione e prima della prova a compressione (ASTMC 42/C 42M - 04)

COME RICEVUTE

IN ACQUA PER 48h

ASCIUGATE ALL'ARIA

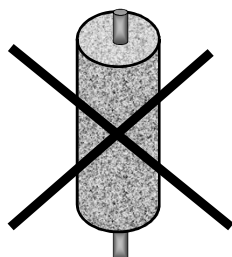
CONSERVAZIONI DELLA CAROTA



FERRI DI ARMATURA

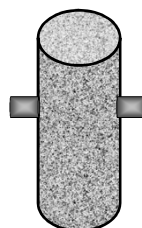
Prima di effettuare il carotaggio è opportuno dotarsi di un magnetometro (pacometro o profometro) per individuare le zone della struttura dove poter effettuare un carotaggio senza interessare le barre di armatura.

CAROTE INUTILIZZABILI



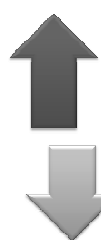
NON È POSSIBILE UTILIZZARE CAROTE CHE PRESENTINO FERRI PARALLELI ALL'ASSE LONGITUDINALE della stessa in quanto il valore misurato della resistenza a compressione sarebbe fortemente influenzato dalla presenza del tondino.

CAROTE CON FERRI PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA CAROTA



Carote con ferri disposti perpendicolarmente all'asse longitudinale possono essere impiegate nella prova di schiacciamento, ma il valore misurato deve essere opportunamente incrementato per tener conto dell'effetto di disturbo dovuto alla presenza del ferro.

CAROTE CON FERRI DI ARMATURA



- RAPPORTO $d_{\text{BARRA}}/d_{\text{CAROTA}}$
- DISTANZA BARRA DALLE BASI DELLA CAROTA

RESISTENZA A COMPRESSIONE

Fattore di correzione per i ferri di armatura = F_{Fe}

L'AZIONE DEL CAROTIERE

Durante l'esecuzione del carotaggio occorre ridurre al minimo gli effetti torsionali che l'utensile provoca sulla struttura in calcestruzzo. Per questo motivo, come già in precedenza suggerito occorre:

1. fissare rigidamente il carotiere alla struttura per evitare il suo asse subisca oscillazioni durante l'operazione di estrazione della carota.



EFFETTO « TORMENTO »

Anche fissando saldamente l'utensile, tuttavia, l'operazione di carotaggio non è "indolore" per il calcestruzzo in quanto può determinare la comparsa di microlesioni interne tanto più accentuate quanto più scadente è la qualità del calcestruzzo in opera. Pertanto, di questo effetto (definito di "tormento") si deve tener conto incrementando la resistenza a compressione misurata sulla carota di un fattore f_{Tor} inversamente proporzionale alla resistenza del conglomerato

EFFETTO "TORMENTO"

In accordo con quanto riportato nell'articolo di Barbarito, B. "Sulla determinazione della resistenza del conglomerato cementizio in opera" - IIC n. 4 (1969), l'effetto "tormento" aumenta al diminuire della stagionatura e, quindi, della resistenza del conglomerato in esame. In particolare si esprime:

$$Y_{\text{cubico}} = 28.13213 - 0.08534 \cdot x + 0.00007 \cdot x^2$$

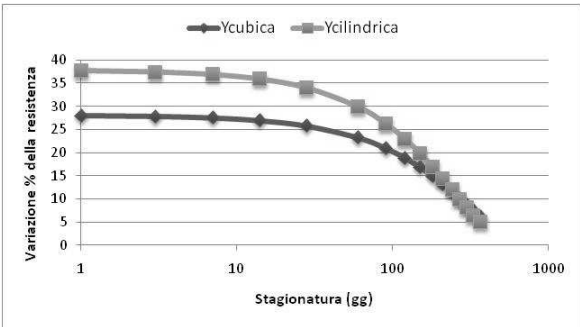
$$Y_{\text{cilindrico}} = 37.80839 - 0.14111 \cdot x + 0.00014 \cdot x^2$$

Y_{cubico} = riduzione % del valore cubico

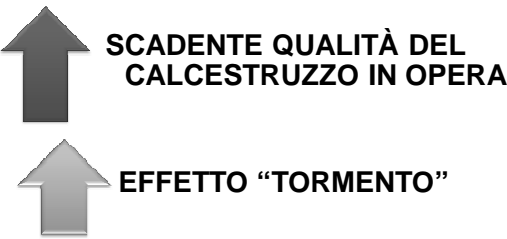
$Y_{\text{cilindrico}}$ = riduzione % del valore cilindrico

x = stagionatura espressa in giorni

EFFETTO “TORMENTO”

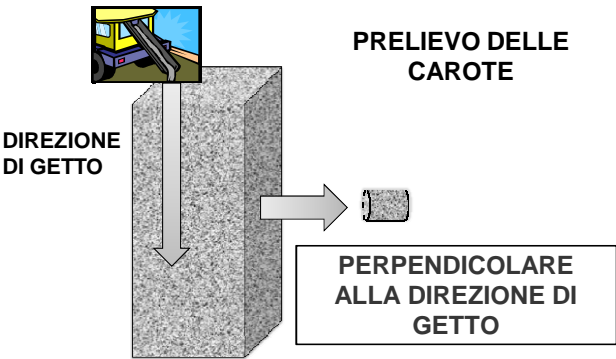


EFFETTO « TORMENTO »



Fattore di correzione per effetto TORMENTO = F_{Tor}

DIREZIONE DEL CAROTAGGIO



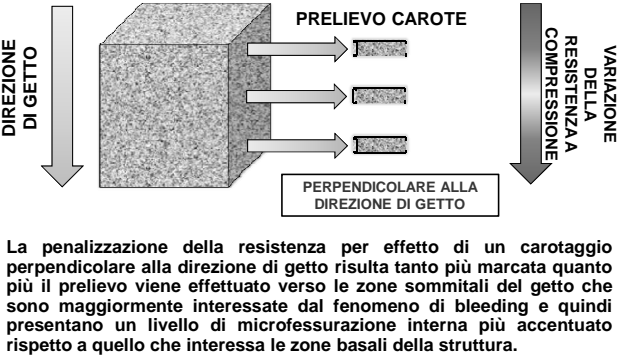
DIREZIONE DEL CAROTAGGIO



DIREZIONE DEL CAROTAGGIO



DIREZIONE DEL CAROTAGGIO



DIREZIONE DEL CAROTAGGIO

- Prelievo in direzione PERPENDICOLARE;
- SOMMITÀ DEGLI ELEMENTI



PENALIZZAZIONE DELLA RESISTENZA

Fattore di correzione per DIREZIONE DI CAROTAGGIO= F_{Dir}

R_{ck} DI PROGETTO



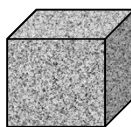
28 GIORNI



$T = 20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$



U.R. $\geq 95\%$



R_{ck}
utilizzata per il calcolo strutturale

R_c DELLA CAROTA



Momento della prova



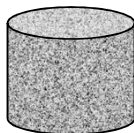
$T = \text{????}^{\circ}\text{C}$



U.R. ??? %

- 1.PRIMA DI 28gg
2.DOPO 28gg

R_c
In opera



TEMPO DI CAROTAGGIO

PRELIEVO CAROTE

PRIMA di 28 giorni

DOPO 28 giorni

CAROTE "GIOVANI"

CAROTE "VECCHIE"

Valore della resistenza a compressione misurato è sottostimato rispetto a quello che il calcestruzzo potrebbe attingere all'età di 28 giorni

Il valore della resistenza a compressione sviluppato è maggiore di quello che il conglomerato possedeva all'età di 28 giorni

CAROTE « GIOVANI »



$t \text{ (TEMPO)} \leq 28 \text{ GIORNI}$



RESISTENZA A COMPRESSIONE

Fattore di correzione per ETÀ DELLA CAROTA = F_t

CAROTE « VECCHIE »



$t \text{ (TEMPO)} > 28 \text{ GIORNI}$

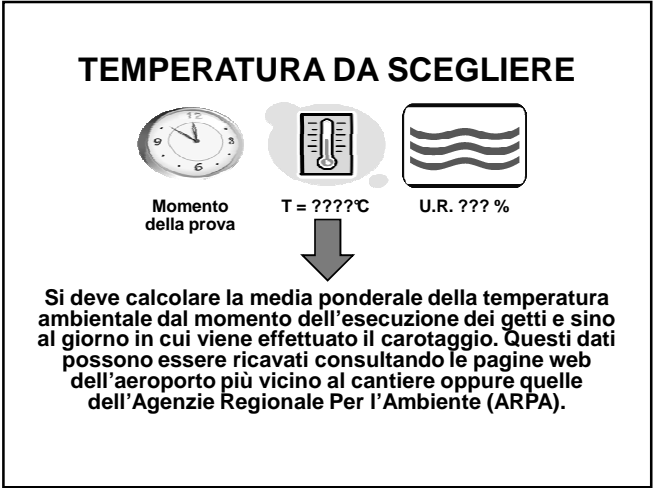
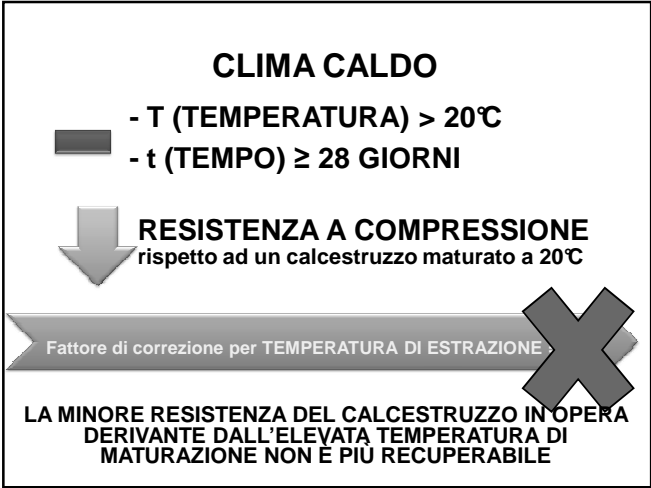
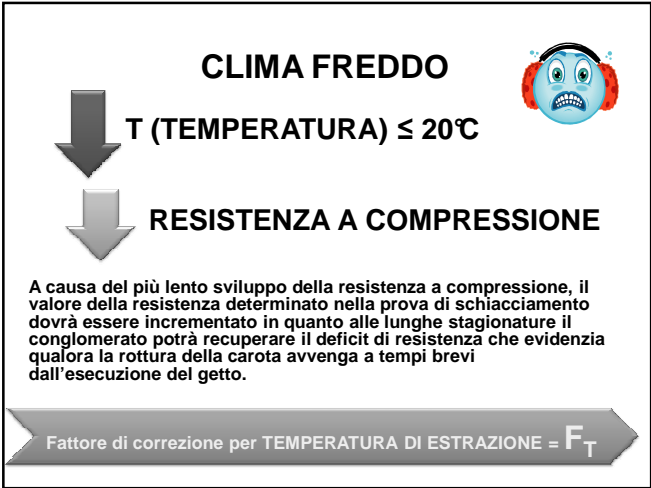
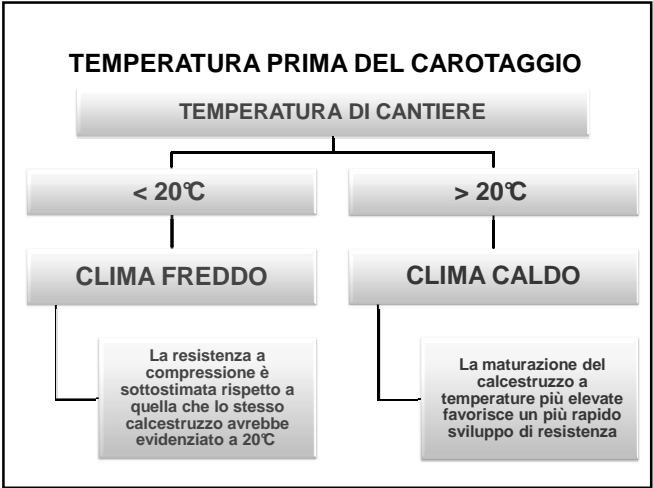
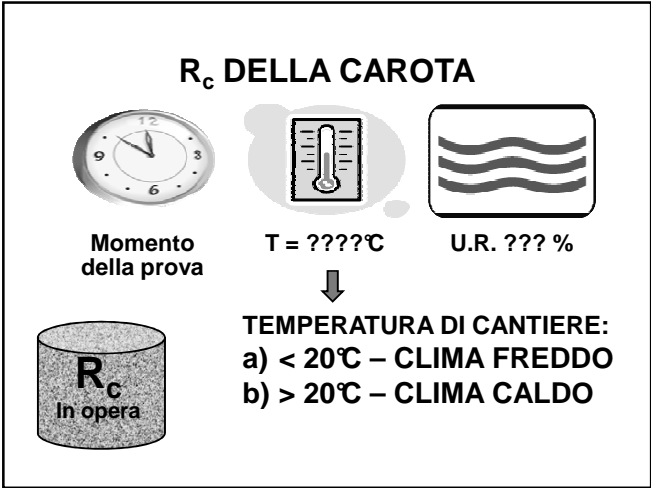


RESISTENZA A COMPRESSIONE

ai fini della collaudabilità è influente che la resistenza a compressione a 28 giorni era inferiore a quella misurata sulle carote di età superiore

Fattore di correzione per ETÀ DELLA CAROTA =





RESISTENZA IN SITU (STRUTTURALE)



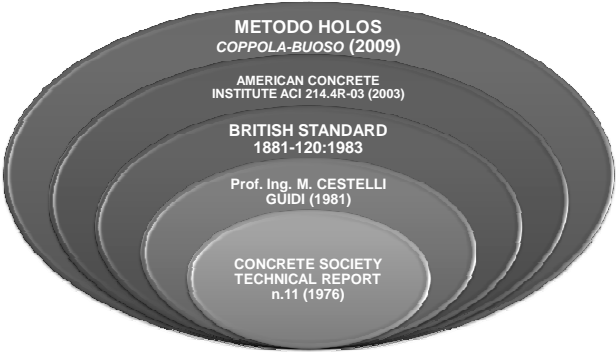
RESISTENZA IN SITU (STRUTTURALE)

$$R_{c-INSITU} = F_{dia} \cdot F_{h/d} \cdot F_{mc} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot F_t \cdot F_T \cdot f_{c-carote}$$

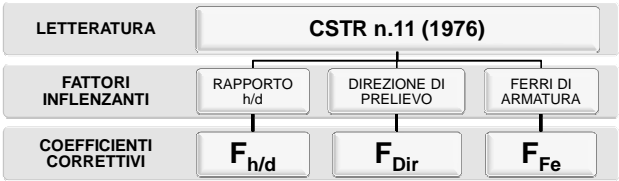
LETTERATURA



LETTERATURA



COEFFICIENTI CORRETTIVI



$$R_{c-INSITU} = F_{h/d} \cdot F_{Dir} \cdot F_{Fe} \cdot f_{c-carote}$$

EFFETTI TRASCURATI : $F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_{Tor} \cdot F_t \cdot F_T$

COEFFICIENTI CORRETTIVI



$$R_{c-INSITU} = F_{h/d} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot f_{c-carote}$$

EFFETTI TRASCURATI : $F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_t \cdot F_T$

COEFFICIENTI CORRETTIVI



$$R_{c-INSITU} = F_{h/d} \cdot F_{Dir} \cdot F_{Fe} \cdot f_{c-carote}$$

EFFETTI TRASCURATI : $F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_{Tor} \cdot F_t \cdot F_T$

COEFFICIENTI CORRETTIVI

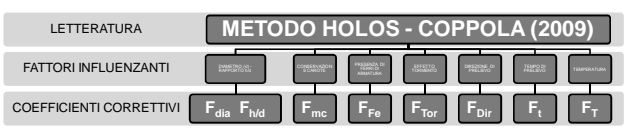


$$R_{c-INSITU} = F_{dia} \cdot F_{h/d} \cdot F_{mc} \cdot F_{Tor} \cdot f_{c-carote}$$

EFFETTI TRASCURATI : $F_{Fe} \cdot F_{Dir} \cdot F_t \cdot F_T$

È VIETATO L'IMPIEGO DI CAROTE CONTENENTI FERRI DI ARMATURA

COEFFICIENTI CORRETTIVI



$$R_{c-INSITU} = F_{dia} \cdot F_{h/d} \cdot F_{mc} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot F_t \cdot F_T \cdot f_{c-carote}$$

EFFETTI TRASCURATI : **NESSUNO**

DIAMETRO DELLA CAROTA

LETTERATURA	DIAMETRO CAROTA d (mm)	F_{dia}
ACI	50	1.06
	100	1.00
HOLOS	150	0.98

RAPPORTO ALTEZZA/DIAMETRO

LETTERATURA	$F_{h/d}$	$\lambda = h/d$	$F_{h/d}$	%
		0.5	0.29	0.73
CSTR n.11	1	0.75	0.35	0.88
		1.0	0.40	1.00
CESTELLI GUIDI	$1.5 + \frac{1}{\lambda}$	1.25	0.43	1.08
		1.50	0.46	1.15
BS 1881-120		1.75	0.48	1.20
		2.00	0.50	1.25

ACI - RAPPORTO h/d

IN ACQUA

$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
$R_{c-carota}$							
15 ÷ 20	0.85	0.93	1.00	1.05	1.09	1.11	1.12
21 ÷ 35	0.86	0.94	1.00	1.05	1.09	1.11	1.11
36 ÷ 50	0.87	0.94	1.00	1.05	1.08	1.10	1.11

COME RICEVUTE

$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
$R_{c-carota}$							
15 ÷ 20	0.83	0.92	1.00	1.06	1.10	1.13	1.14
21 ÷ 35	0.84	0.93	1.00	1.06	1.10	1.12	1.13
36 ÷ 50	0.85	0.93	1.00	1.05	1.09	1.11	1.12

ESSICcate

$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
$R_{c-carota}$							
15 ÷ 20	0.80	0.91	1.00	1.07	1.12	1.15	1.16
21 ÷ 35	0.81	0.92	1.00	1.06	1.11	1.14	1.15
36 ÷ 50	0.83	0.92	1.00	1.06	1.10	1.13	1.14

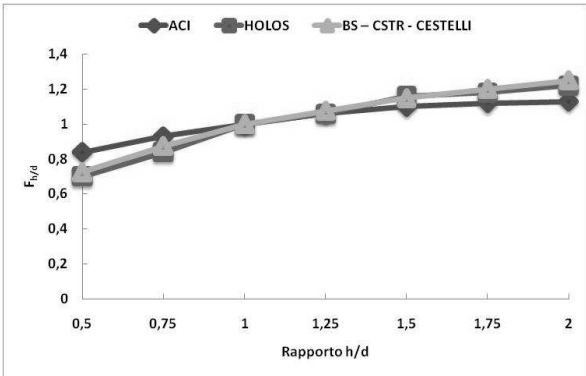
HOLOS - RAPPORTO h/d

h/d	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
$R_{c-carota}$							
15 ÷ 20	0.66	0.83	1.00	1.10	1.20	1.27	1.32
21 ÷ 35	0.70	0.84	1.00	1.06	1.16	1.18	1.22
36 ÷ 50	0.75	0.89	1.00	1.04	1.08	1.10	1.12

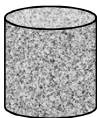
RAPPORTO ALTEZZA/DIAMETRO

LETTERATURA	$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
	$R_{c-carota}$							
ACI	15 ÷ 20	0.83	0.92	1.00	1.06	1.10	1.13	1.14
	21 ÷ 35	0.84	0.93	1.00	1.06	1.10	1.12	1.13
	36 ÷ 50	0.85	0.93	1.00	1.05	1.09	1.11	1.12
HOLOS	15 ÷ 20	0.66	0.83	1.00	1.10	1.20	1.27	1.32
	21 ÷ 35	0.70	0.84	1.00	1.06	1.16	1.18	1.22
	36 ÷ 50	0.75	0.89	1.00	1.04	1.08	1.10	1.12
BS – CSTR - CESTELLI	%	0.73	0.88	1.00	1.08	1.15	1.20	1.25

RAPPORTO ALTEZZA/DIAMETRO



ESEMPIO – RAPPORTO h/d



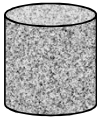
$f_{c-carota} = 20 \text{ N/mm}^2$
Diametro carota (d) = 100 mm
Rapporto h/d = 0.75

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	$R_{c-IN SITU} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	
CSTR	-	(%) 0.88	17.6	- 12%
CESTELLI				
BS				
ACI	1.00	0.92	18.4	- 8 %
HOLOS	1.00	0.83	16.6	- 17 %

CONSERVAZIONE CAROTE

LETTERATURA	TIPO DI CONSERVAZIONE	F_{mc}
ACI	COME RICEVUTE	1.00
	IN ACQUA	1.09
HOLOS	ESSICcate ALL'ARIA	0.96

ESEMPIO – MATURAZIONE CAROTA



$f_{c-carota} = 20 \text{ N/mm}^2$
Diametro carota (d) = 100 mm
Rapporto h/d = 0.75
Carote ESSICcate

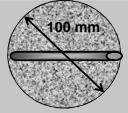
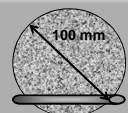
METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	$R_{c-IN SITU} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	
CSTR	-	(%) 0.88	-	17.6	-12%
CESTELLI					
BS					
ACI	1.00	0.92	0.96	17.7	-11.7%
HOLOS	1.00	0.83	0.96	15.9	-20%

PRESENZA FERRI DI ARMATURA

LETTERATURA	BARRE	F_{Fe}
CSTR n.11	SINGOLE	$1 + 1.5 \cdot \frac{\varphi_r \cdot l}{d \cdot h}$
BS 1881-120		
HOLOS	RAGGRUPPATE	$1 + 1.5 \cdot \frac{\sum(\varphi_r \cdot l)}{d \cdot h}$

φ_r = diametro della barra (mm)
 l = distanza della barra dalla base più vicina della carota (mm)
 d = diametro della carota (mm);
 h = altezza della carota (mm)

CESTELLI GUIDI - FERRI DI ARMATURA

POSIZIONE	DISTANZA DALLA BASE	DIAMETRO BARRE		F_{Fe}
		Φ 10	Φ 20	
	5cm dalla SOMMITÀ	1.015	1.035	
	7.5cm dalla SOMMITÀ	1.026	1.116	
	5cm dalla BASE	1.038	0.999	
	5cm dalla SOMMITÀ	1.033	1.104	
	7.5cm dalla SOMMITÀ	1.016	1.086	
	5cm dalla BASE	0.996	1.054	

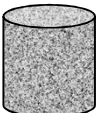
PRESENZA FERRI DI ARMATURA

IN ASSENZA DI FERRI DI ARMATURA
NELLA CAROTA

$F_{Fe} = 1$

LA NORMA ACI VIETA L'IMPIEGO DI
CAROTE CONTENENTI FERRI DI
ARMATURA

ESEMPIO – PRESENZA FERRI



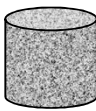
$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$ $d = 100 \text{ mm}$
 $h/d = 1.00$ COME RICEVUTE
tondino Φ14 a 30mm dalla base della
carota

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	F_{Fe}	$R_{c-IN SITU}$ (N/mm) ²	
CSTR	-	(%) 1.00	-	1.063	26.6	+6.4%
CESTELLI				1.019	22.42	+1.9%
BS				1.063	26.6	+6.4%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	25.0	0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	26.6	+6.4%

EFFETTO “TORMENTO”

LETTERATURA	$R_{c-carota}$	F_{Tor}
CESTELLI	-	1.10
ACI	-	1.06
HOLOS	10 ÷ 15	1.15
	16 ÷ 20	1.12
	21 ÷ 25	1.10
	26 ÷ 30	1.07
	31 ÷ 35	1.05
	36 ÷ 40	1.02
	> 40	1.00

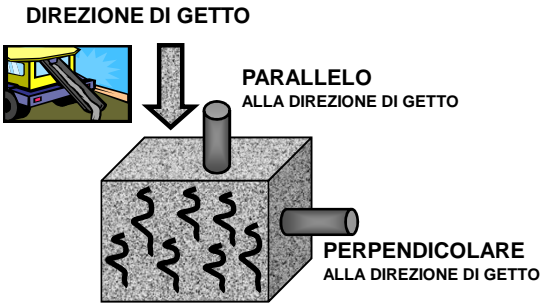
ESEMPIO – EFFETTO TORMENTO



$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$ AS-RECEIVED
 $d = 100 \text{ mm}$ $h/d = 1.00$
Φ14 a 30mm dalla base della carota

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	F_{Fe}	F_{Tor}	$R_{c-IN SITU}$	
CSTR	-	(%) 1.00	-	1.063	-	26.6	+6.4%
CESTELLI				1.019	1.10	28.02	+12%
BS				1.063	-	26.6	+6.4%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	25.0	+6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	29.23	+17%

DIREZIONE DEL CAROTAGGIO
COEFFICIENTE F_{Dir}



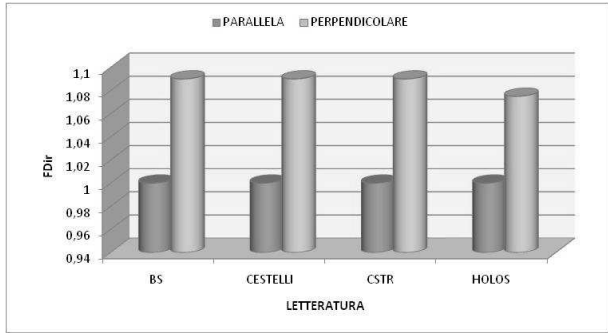
DIREZIONE DI CAROTAGGIO

LETTERATURA	POSIZIONE DEL CAROTAGGIO	F _{Dir}	
		DIREZIONE DI PRELIEVO	
		PARALLELA	PERPENDICOLARE
BS	-	2.3	2.5
CESTELLI		2.2	2.4
CSTR		2.3	2.5
BS (%)	-	1.00	1.09
CESTELLI (%)			
CSTR (%)			

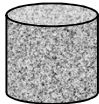
DIREZIONE DI CAROTAGGIO

LETTERATURA	POSIZIONE DEL CAROTAGGIO	F _{Dir}	
		DIREZIONE DI PRELIEVO	
		PARALLELA	PERPENDICOLARE
BS	-	1.00	1.09
CESTELLI			
CSTR			
HOLOS	0 ÷ 1/3h	1.00	1.05
	1/3h ÷ 2/3h		1.075
	2/3h ÷ h		1.10

DIREZIONE DI CAROTAGGIO



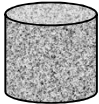
ESEMPIO – DIREZIONE DI PRELIEVO



$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; AS RECEIVED
PRELIEVO PARALLELO

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	R _{c-IN SITU}	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.3	24.45	-2.0%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.2	24.66	-1.4%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.3	24.45	-2.0%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	26.50	+6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	1.00	29.23	+17%

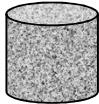
ESEMPIO – DIREZIONE DI PRELIEVO



$f_{c-carota} = 40 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; AS RECEIVED
PRELIEVO PARALLELO

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	R _{c-IN SITU}	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.3	39.12	-2.2%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.2	39.45	-1.4%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.3	39.12	-2.2%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	42.40	+6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.02	1.00	44.65	+8.4%

ESEMPIO – DIREZIONE DI PRELIEVO



$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; AS RECEIVED
PRELIEVO PERPENDICOLARE A 1/2h

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	R _{c-IN SITU}	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	25.58	+6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	26.9	+7.6%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.5	25.58	+6.3%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	25.0	+6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	1.075	31.42	+26%

TEMPO DI PRELIEVO

Il coefficiente correttivo funzione del tempo di prelievo (F_t) è inserito solo nell'equazione del METODO HOLOS che lo calcola attraverso la formula riportata nell'EUROCODICE 2

$f_c(t) = f_t f_{c28}$

$f_t = \exp [s[1-(28/t)^{1/2}]]$

TEMPO DI PRELIEVO

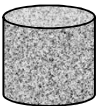
$F_t = 1/f_t = 1/(\exp [s[1-(28/t)^{1/2}]])$

- dove:
- $s = 0.20$ per CEM 42.5R, 52.5N ed R
 - $s = 0.25$ per CEM 42.5N e 32.5R
 - $s = 0.38$ per CEM 32.5N
 - t = tempo di prelievo (gg)

COEFFICIENTE CORRETTIVO

LETTERATURA	ETÀ DELLA CAROTA	F_t
HOLOS	< 28 giorni	$\frac{1}{e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)}}$
	> 28 giorni	1.00

ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO

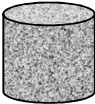


$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 21gg con CEM 42.5N

$$\frac{1}{e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)}} = \frac{1}{e^{0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{21}}\right)}} = 1.04$$

- $s = 0.25$ per CEM 42.5N;
- t = tempo di prelievo = 21 (gg)

ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO



$f_{c-carota} = 25 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 21gg; AS RECEIVED

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	F_{Fe}	F_{Tor}	F_{Dir}	F_t	$R_{c-IN SITU}$	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	25.58	+6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	26.9	+7.6%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	25.58	+6.3%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	-	25.0	+6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	1.075	1.04	32.68	+31%

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

Il coefficiente correttivo funzione della temperatura di maturazione del calcestruzzo in opera, quindi dell'influenza della temperatura sullo sviluppo della resistenza delle carote (F_T) viene inserito nell'equazione solo dal METODO HOLOS che riporta i valori in tabella.

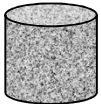
TEMPERATURA DI MATURAZIONE

TEMPO (gg)	1	3	7	21	28	60	90
TEMPERATURA (°C)							
33÷37	0.74	0.83	0.91	1.00	1.11	1.11	1.11
28÷32	0.77	0.87	0.95	1.02	1.05	1.05	1.05
23÷27	0.83	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18÷22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13÷17	1.82	1.33	1.11	1.05	1.00	0.95	0.91
8÷12	2.86	1.82	1.33	1.25	1.18	1.00	0.95
3÷7	6.67	4.00	2.86	2.50	2.22	1.67	1.33

COEFFICIENTE CORRETTIVO

LETTERATURA	TEMPERATURA MATURAZIONE	VALORE DA TABELLA	F _t
HOLOS	< 18°C	F _t < 1.00	1.00
	< 18°C	F _t ≥ 1.00	TABELLA
	> 22°C	F _t > 1.00	1.00
	> 22°C	F _t ≤ 1.00	TABELLA

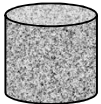
ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO



f_{c-carota} = 25 N/mm² ; d = 100mm; AS-R
h/d = 1.00; Ø14 a 30mm; ⊥ A ½h;
PRELIEVO A 21gg – T 15°C

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	R _{c-IN SITU}
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	25.58 +6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	-	26.9 +7.6%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	25.58 +6.3%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	-	-	25.0 +6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	1.075	1.04	1.05	34.32 +37%

ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO



f_{c-carota} = 25 N/mm² ; d = 100mm; AS-R
h/d = 1.00; Ø14 a 30mm; ⊥ A ½h;
PRELIEVO A 60gg – T 20°C

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	R _{c-IN SITU}
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	25.58 +6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	-	26.9 +7.6%
BS	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	25.58 +6.3%
ACI	1.00	1.00	1.00	-	1.06	-	-	-	25.0 +6.0%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.10	1.075	1.00	1.00	31.42 +26%

ESEMPIO (1) RIASSUNTIVO

PLATEA IN CALCESTRUZZO (sp = 35cm) con
CEM 42.5R;

PRELIEVO CAROTE:

1. Prelievo PARALLELO;
2. Prelievo a 30gg dal GETTO a T 30°C
3. d = 100mm e h = 100mm → h/d = 1.00;
4. Sottoposte a prova dopo essere state in ACQUA
5. f_{c-carota} = 32 N/mm²;

R_{c-INSITU} = ??????? N/mm²

DIAMETRO DELLA CAROTA

LETTERATURA	DIAMETRO CAROTA d (mm)	F _{dia}
ACI	50	1.06
HOLOS	100	1.00
	150	0.98

RAPPORTO ALTEZZA/DIAMETRO

LETTERATURA	$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
	$R_{c-carota}$							
ACI	15 ÷ 20	0.83	0.92	1.00	1.06	1.10	1.13	1.14
	21 ÷ 35	0.84	0.93	1.00	1.06	1.10	1.12	1.13
	36 ÷ 50	0.85	0.93	1.00	1.05	1.09	1.11	1.12
HOLOS	15 ÷ 20	0.66	0.83	1.00	1.10	1.20	1.27	1.32
	21 ÷ 35	0.70	0.84	1.00	1.06	1.16	1.18	1.22
	36 ÷ 50	0.75	0.89	1.00	1.04	1.08	1.10	1.12
BS – CSTR - CESTELLI		0.29	0.35	0.40	0.43	0.46	0.48	0.50

CONSERVAZIONE CAROTE

LETTERATURA	TIPO DI CONSERVAZIONE	F_{mc}
ACI	COME RICEVUTE	1.00
	IN ACQUA	1.09
HOLOS	ESSICcate ALL'ARIA	0.96

PRESENZA FERRI DI ARMATURA

IN ASSENZA DI FERRI DI ARMATURA
NELLA CAROTA

$F_{Fe} = 1$

LA NORMA ACI VIETA L'IMPIEGO DI
CAROTE CONTENENTI FERRI DI
ARMATURA

EFFETTO TORMENTO

LETTERATURA	$R_{c-carota}$	F_{Tor}
CESTELLI	-	1.10
ACI	-	1.06
HOLOS	10 ÷ 15	1.15
	16 ÷ 20	1.12
	21 ÷ 25	1.10
	26 ÷ 30	1.07
	31 ÷ 35	1.05
	36 ÷ 40	1.02
	> 40	1.00

DIREZIONE DI CAROTAGGIO

LETTERATURA	POSIZIONE DEL CAROTAGGIO	F_{Dir}	
		DIREZIONE DI PRELIEVO	
		PARALLELA	PERPENDICOLARE
BS	-	2.3	2.5
CESTELLI	-	2.2	2.4
CSTR	-	2.3	2.5
HOLOS	0 ÷ 1/3h	1.0	1.05
	1/3h ÷ 2/3h		1.075
	2/3h ÷ h		1.10

COEFFICIENTE CORRETTIVO

LETTERATURA	ETÀ DELLA CAROTA	F_t
HOLOS	< 28 giorni	$\frac{1}{e^{s\left(1-\sqrt{\frac{28}{t}}\right)}}$
	> 28 giorni	1.00

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

TEMPO (gg)	1	3	7	21	28	60	90
TEMPERATURA (°C)							
33÷37	0.74	0.83	0.91	1.00	1.11	1.11	1.11
28÷32	0.77	0.87	0.95	1.02	1.05	1.05	1.05
23÷27	0.83	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18÷22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13÷17	1.82	1.33	1.11	1.05	1.00	0.95	0.91
8÷12	2.86	1.82	1.33	1.25	1.18	1.00	0.95
3÷7	6.67	4.00	2.86	2.50	2.22	1.67	1.33

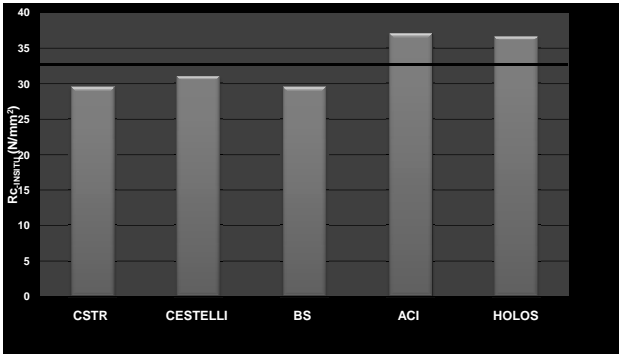
COEFFICIENTE CORRETTIVO

LETTERATURA	TEMPERATURA MATURAZIONE	VALORE DA TABELLA	F _t
HOLOS	< 18°C	F _t < 1.00	1.00
	< 18°C	F _t ≥ 1.00	TABELLA
	> 22°C	F _t > 1.00	1.00
	> 22°C	F _t ≤ 1.00	TABELLA

ESEMPIO – CONFRONTO METODI

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	R _{c-IN SITU}	
CSTR	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-	-	29.44	-8.0%
CESTELLI	-	0.40	-	1.00	1.10	2.2	-	-	31.00	-3.2%
BS	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-	-	29.44	-8.0%
ACI	1.00	1.00	1.09	-	1.06	-	-	-	37.00	+15.5%
HOLOS	1.00	1.00	1.09	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	36.62	+14.4%

ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI



ESEMPIO (2) RIASSUNTIVO

MURO DI SOSTEGNO IN CALCESTRUZZO (H = 5m) con CEM 32.5N;

PRELIEVO CAROTE:

1. Prelievo PERPENDICOLARE a 0.5m dalla BASE;
2. Prelievo a 3gg dal GETTO a T 30°C
3. d = 100mm e h = 75mm → h/d = 0.75;
4. TONDINO Ø12, ⊥ asse carota, 20mm dalla base;
5. Rottura COME RICEVUTE f_{c-carota} = 18.5 N/mm²;

R_{c-INSITU} = ??????? N/mm²

DIAMETRO DELLA CAROTA

LETTERATURA	DIAMETRO CAROTA d (mm)	F _{dia}
ACI	50	1.06
	100	1.00
HOLOS	150	0.98

RAPPORTO ALTEZZA/DIAMETRO

LETTERATURA	$\lambda=h/d$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00
	$R_{c-carota}$							
ACI	15 ÷ 20	0.83	0.92	1.00	1.06	1.10	1.13	1.14
	21 ÷ 35	0.84	0.93	1.00	1.06	1.10	1.12	1.13
	36 ÷ 50	0.85	0.93	1.00	1.05	1.09	1.11	1.12
HOLOS	15 ÷ 20	0.66	0.83	1.00	1.10	1.20	1.27	1.32
	21 ÷ 35	0.70	0.84	1.00	1.06	1.16	1.18	1.22
	36 ÷ 50	0.75	0.89	1.00	1.04	1.08	1.10	1.12
BS – CSTR - CESTELLI		0.29	0.35	0.40	0.43	0.46	0.48	0.50

CONSERVAZIONE CAROTE

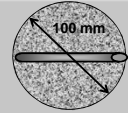
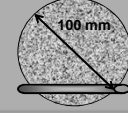
LETTERATURA	TIPO DI CONSERVAZIONE	F_{mc}
ACI	COME RICEVUTE	1.00
	IN ACQUA	1.09
HOLOS	ESSICATE ALL'ARIA	0.96

PRESENZA FERRI DI ARMATURA

LETTERATURA	F_{Fe}
CSTR n.11	$1 + 1.5 \cdot \frac{\varphi_r}{d} \cdot \frac{l}{h} = 1.048$
BS 1881-120	
HOLOS	

φ_r = diametro della barra (mm) = 12
 l = distanza della barra dalla base più vicina della carota (mm) = 20
 d = diametro della carota (mm) = 100;
 h = altezza della carota (mm) = 75

CESTELLI GUIDI - FERRI DI ARMATURA

POSIZIONE	DISTANZA DALLA BASE	DIAMETRO BARRE		F_{Fe}
		$\Phi 10$	$\Phi 20$	
	5cm dalla SOMMITÀ	1.015	1.035	
	7.5cm dalla SOMMITÀ	1.026	1.116	
	5cm dalla BASE	1.038	0.999	
	5cm dalla SOMMITÀ	1.033	1.104	
	7.5cm dalla SOMMITÀ	1.016	1.086	
	5cm dalla BASE	0.996	1.054	

EFFETTO “TORMENTO”

LETTERATURA	$R_{c-carota}$	F_{Tor}
CESTELLI	-	1.10
ACI	-	1.06
HOLOS	10 ÷ 15	1.15
	16 ÷ 20	1.12
	21 ÷ 25	1.10
	26 ÷ 30	1.07
	31 ÷ 35	1.05
	36 ÷ 40	1.02
	> 40	1.00

DIREZIONE DI CAROTAGGIO

LETTERATURA	POSIZIONE DEL CAROTAGGIO	F_{Dir}	
		DIREZIONE DI PRELIEVO	
		PARALLELA	PERPENDICOLARE
BS	-	2.3	2.5
CESTELLI	-	2.2	2.4
CSTR	-	2.3	2.5
HOLOS	0 ÷ 1/3h	1.0	1.05
	1/3h ÷ 2/3h		1.075
	2/3h ÷ h		1.10

COEFFICIENTE CORRETTIVO

LETTERATURA	ETÀ DELLA CAROTA	F_t
HOLOS	< 28 giorni	$\frac{1}{e^{s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right)}} = 2.18$
	> 28 giorni	1.00

-s = 0.38 per CEM 32.5N;
-t = tempo di prelievo = 3 (gg)

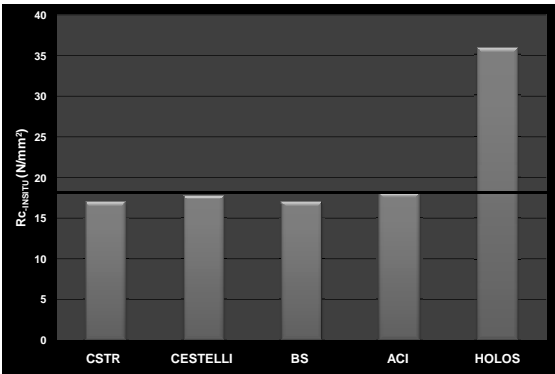
TEMPERATURA DI MATURAZIONE

TEMPO (gg)	1	3	7	21	28	60	90
TEMPERATURA (°C)							
33÷37	0.74	0.83	0.91	1.00	1.11	1.11	1.11
28÷32	0.77	0.87	0.95	1.02	1.05	1.05	1.05
23÷27	0.83	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18÷22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13÷17	1.82	1.33	1.11	1.05	1.00	0.95	0.91
8÷12	2.86	1.82	1.33	1.25	1.18	1.00	0.95
3÷7	6.67	4.00	2.86	2.50	2.22	1.67	1.33

ESEMPIO – CONFRONTO METODI

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	F_{Fe}	F_{Tor}	F_{Dir}	F_t	F_T	$R_{c-IN SITU}$
CSTR	-	0.35	-	1.048	-	2.5	-	-	16.96 -8.3%
CESTELLI	-	0.35	-	1.038	1.10	2.4	-	-	17.74 -4.1%
BS	-	0.35	-	1.048	-	2.5	-	-	16.96 -8.3%
ACI	1.00	0.92	1.00	-	1.06	-	-	-	18.04 -2.5%
HOLOS	1.00	0.83	1.00	1.048	1.12	1.05	2.18	0.87	35.89 +94%

ESEMPIO – CONFRONTO METODI



CONSIDERAZIONI

Il valore della resistenza cubica in opera ai fini della collaudabilità con il METODO HOLOS risulta decisamente maggiore di:

1. $R_{c-carota}$ = valore sperimentale derivante dalla rottura a compressione della carota.
2. $R_{c-INSITU}$ di TUTTI GLI ALTRI METODI.

Questo risultato discende dal fatto che l'estrazione della carota è avvenuta dopo appena 3 giorni e, quindi, il conglomerato possiede una riserva di resistenza che svilupperà al 28-esimo giorno di quasi 22 N/mm² DI CUI NESSUNO TIENE CONTO

CONSIDERAZIONI

Questa riserva di resistenza risulta così elevata anche perché nel confezionamento del conglomerato è stato impiegato un cemento di classe 32.5N che a 3 giorni (al momento della rottura per schiacciamento) ha un grado di idratazione basso che, successivamente, nei 25 giorni che lo separano dalla stagionatura di 28 giorni, sarà maggiore di quello di un cemento ad indurimento rapido. Conseguentemente il calcestruzzo subirà un maggior incremento della resistenza a compressione nel tempo.

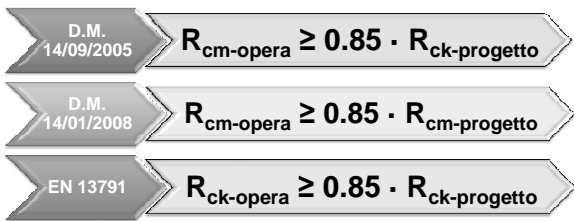
MADORNALE ERRORE

E' inutile sottolineare come se si procedesse alla valutazione della collaudabilità della struttura sulla base del valore "grezzo" della resistenza a compressione ottenuto dallo schiacciamento della carota o semplicemente modificato con gli ALTRI METODI si commetterebbe un evidente errore sottostimando pesantemente il valore effettivo della resistenza cubica in opera del conglomerato.

CRITERIO DI COLLAUDABILITÀ

Chiarito come effettuare il calcolo della resistenza cubica in opera ($R_{c-INSITU}$) è opportuno definire quale criterio adottare per stabilire la collaudabilità degli elementi sottoposti ad indagine.

CRITERI DI COLLAUDABILITÀ



ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI

$R_{ck-progetto} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $R_{cm-progetto} = 39.6 \text{ N/mm}^2$
8 PRELIEVI – k = 6

METODO	$R_{cm-IN \text{ SITU}}$	$R_{cmin-IN \text{ SITU}}$	$R_{ck-IN \text{ SITU}}$
CSTR	29.44	19.58	23.44
CESTELLI	31.00	22.30	25.00
BS	29.44	20.00	23.44
ACI	37.00	28.65	31.00
HOLOS	36.62	27.87	30.62

ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI

METODO	$R_{ck-PROGETTO}$	85% $R_{ck-PROGETTO}$	$R_{cm-PROGETTO}$	85% $R_{cm-PROGETTO}$	$R_{ck-IN \text{ SITU}}$	$R_{cm-IN \text{ SITU}}$	VERIFICA		
							DM 2005	EN 13791	DM 2008
CSTR	30	25.5	39.6	33.66	23.44	29.44	SI	NO	NO
CESTELLI					25.00	31.00	SI	NO	NO
BS					23.44	29.44	SI	NO	NO
ACI					31.00	37.00	SI	SI	SI
HOLOS					30.62	36.62	SI	SI	SI

ESEMPIO (2) – CONFRONTO METODI

$R_{ck-progetto} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $R_{cm-progetto} = 39.6 \text{ N/mm}^2$
8 PRELIEVI – k = 6

METODO	$R_{cm-IN \text{ SITU}}$	$R_{cmin-IN \text{ SITU}}$	$R_{ck-IN \text{ SITU}}$
CSTR	16.96	15.30	10.96
CESTELLI	17.74	15.84	11.74
BS	16.96	15.79	10.96
ACI	18.04	16.76	12.04
HOLOS	35.89	33.91	29.89

ESEMPIO (2) – CONFRONTO METODI

METODO	R _{ck} - PROGETTO	85% R _{ck} - PROGETTO	R _{cm} - PROGETTO	85% R _{cm} - PROGETTO	R _{ck} -IN SITU	R _{cm} -IN SITU	VERIFICA		
							DM 2005	EN 13791	DM 2008
CSTR	30	25.5	39.6	33.66	10.96	16.96	NO	NO	NO
CESTELLI					11.74	17.74	NO	NO	NO
BS					10.96	16.96	NO	NO	NO
ACI					12.04	18.04	NO	NO	NO
HOLOS					29.89	35.89	SI	SI	SI

LOTTO

Inoltre, la normativa tenderà ad essere più premiante allorchando il lotto sottoposto a prova sia costituito da un maggior numero di carote. Relativamente a quest'ultimo aspetto, il numero di carote da utilizzare, ovviamente, deve essere commisurato al volume di calcestruzzo degli elementi che si intende indagare.

NUMERO DI CAROTE



d = 100mm

- **NUMERO MINIMO DI CAROTE = 3**



d < 100mm

- solo quando realmente è impossibile estrarre carote d=100mm
- maggiore dispersione dei risultati di resistenza a compressione
- **d= 50mm → NUMERO MINIMO DI CAROTE = 9**
- **d= 75mm → NUMERO MINIMO DI CAROTE = 6**

DATI - ACI -

DIAMETRO CAROTA (mm)	COEFFICIENTE DI VARIAZIONE
50	11.8
100	0.0
150	1.8

PERTANTO AL DIMINUIRE DEL DIAMETRO (d) DELLE CAROTE NELLA VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA, PER ACQUISIRE SIGNIFICATIVITÀ , DOVRÀ AUMENTARE IL NUMERO DI CAROTE DA ESTRARRE DALLA STRUTTURA IN ESAME

NUMERO DI CAROTE



V_{cls} < 50m³

NUMERO MINIMO DI CAROTE = 7 (d=100mm)



V_{cls} > 50m³

NUMERO DI CAROTE = 7 + 3 ogni 50m³ AGGIUNTIVI (d=100mm)

Per un pavimento di 20 cm di spessore che ha richiesto un volume di conglomerato di 100 m³ (superficie del pavimento 500 m²) utilizzare un lotto di carote minimo costituito da 10 estrazioni con d=100 mm. Per un pavimento di 1000 m² per il quale sono stati impiegati 200 m³ di calcestruzzo il lotto sarà costituito da 16 carote e così via

CONCLUSIONI

A questo punto il procedimento per l'accertamento della collaudabilità della struttura può ritenersi concluso. E' opportuno sin d'ora ribadire come il procedimento sopra illustrato può essere utilizzato esclusivamente per stabilire se la struttura è collaudabile o meno e, quindi, per stabilire se occorre eventualmente sottoporre gli elementi strutturali ad interventi di consolidamento oppure se gli stessi debbono essere demoliti e ricostruiti ex-novo. Per nessun motivo, di fronte ad una eventuale non conformità del valore della resistenza cubica in opera, indipendentemente che si adotti il criterio di valutazione delle Norme Tecniche o quello previsto dalla norma EN 13791, questa potrà essere attribuita al produttore del conglomerato.

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
MILANO, 12 dicembre 2009

ACCERTAMENTO
DELLE
RESPONSABILITÀ

LUIGI COPPOLA
BUOSO ALESSANDRA

RESPONSABILITÀ

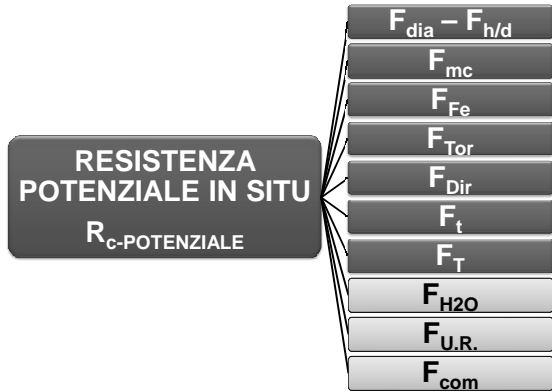


CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Se fossero stati eseguiti i CONTROLLI DI ACCETTAZIONE, attraverso la valutazione dei dati di resistenza a compressione misurati sui cubetti prelevati a “bocca di betoniera”, si potrebbe stabilire univocamente e in maniera oggettiva se il produttore ha fornito o meno il calcestruzzo con la resistenza caratteristica effettiva (R_{ckeff}) conforme (cioè uguale o maggiore) a quella utilizzata nel progetto strutturale ($R_{ckprogetto}$) e pattuita contrattualmente tra fornitore e impresa.



RESISTENZA IN SITU (POTENZIALE)



ESTREMA IMPORTANZA

Estrema importanza di procedere all’effettuazione dei controlli di accettazione sui provini a “bocca di betoniera” per stabilire univocamente ed oggettivamente eventuali responsabilità del fornitore.

RAVVEDIMENTO POSTUMO

In assenza di questi controlli - in presenza, quindi, di una omissione da parte della D. L. di un obbligo di legge – e quando la D. L. con un “ravvedimento postumo” decida di effettuare una verifica della resistenza cubica in opera che si riveli negativa esiste la necessità di stabilire se vi sono, relativamente al mancato rispetto dei requisiti di collaudabilità, eventuali responsabilità da parte del fornitore.

DIFFICOLTÀ

L'accertamento di queste responsabilità non si rivela spesso né di facile, e soprattutto, né di univoca soluzione in quanto presenta non pochi ELEMENTI DI SOGGETTIVITÀ, ma anche di DIFFICILE QUANTIFICAZIONE. Pertanto, i procedimenti presentati nel seguito vogliono solo rappresentare un contributo a “dipanare” una questione – l'accertamento delle responsabilità del produttore attraverso l'analisi dei dati di resistenza a compressione determinati sulle carote estratte dalle strutture in opera – tra le più complesse che investono spesso il contenzioso relativo al mondo delle costruzioni in calcestruzzo armato.

PREMESSA

RESISTENZA POTENZIALE

RESISTENZA “CUBETTI”

- compattati a rifiuto;
- maturati per 28 giorni;
- temperatura $T = 20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- U.R. 95%

QUESITO

“QUALE SAREBBE STATA LA RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO IN OPERA SE LO STESSO FOSSE STATO SOTTOPOSTO A PROVE DI SCHIACCIAMENTO UTILIZZANDO PROVINI CUBICI COMPATTATI A RIFIUTO, MATURATI ALLA TEMPERATURA DI 20°C e U.R. 95% per 28 GIORNI”.



**RESISTENZA CUBICA
POTENZIALE**

Questo valore della resistenza a compressione verrà individuato dal termine resistenza cubica **POTENZIALE ($R_{C-POTENZIALE}$)**



NESSUNA CONFUSIONE

Questa resistenza a compressione non può essere confusa né con quella cubica in opera per la verifica della collaudabilità della struttura ($R_{C-INSITU}$) né, a maggior ragione, con il valore grezzo determinato dalla mera rottura di una ($R_{C-CAROTA}$) o più carote estratte dalla struttura.

NESSUNA CONFUSIONE

RESISTENZA IN OPERA (STRUTTURALE) PER LA COLLAUDABILITÀ
 $R_{c-INSITU}$

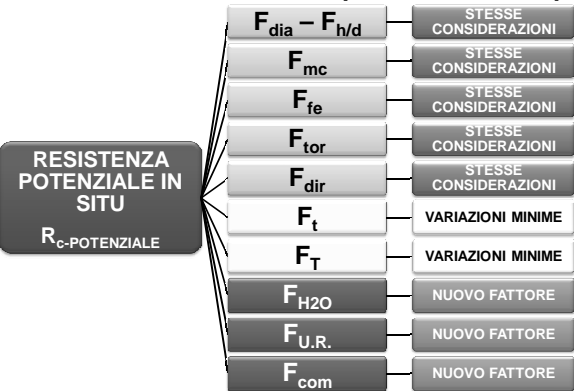


RESISTENZA IN OPERA DELLE CAROTE
 $R_{c-CAROTE}$



RESISTENZA POTENZIALE PER L'ACCERTAMENTO DELLE RESPONSABILITÀ
 $R_{c-POTENZIALE}$

RESISTENZA IN SITU (POTENZIALE)



$R_{c-POTENZIALE}$



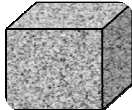
28 GIORNI



$T = 20 \pm 2 \text{ °C}$



U.R. $\geq 95\%$



COMPATTATI A RIFIUTO

$R_{c-POTENZIALE}$

MOMENTO DELLA PROVA
 \neq DA 28 GIORNI



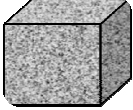
28 GIORNI



$T = 20 \pm 2 \text{ °C}$



U.R. $\geq 95\%$



COMPATTATI A RIFIUTO

TEMPO DI CAROTAGGIO



CAROTE « GIOVANI »

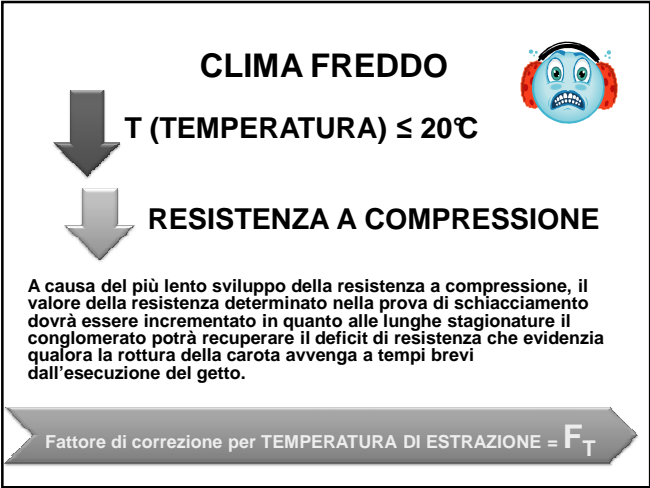
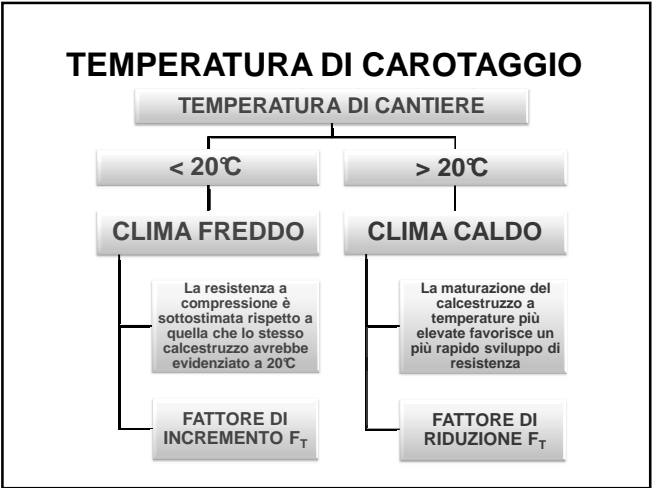
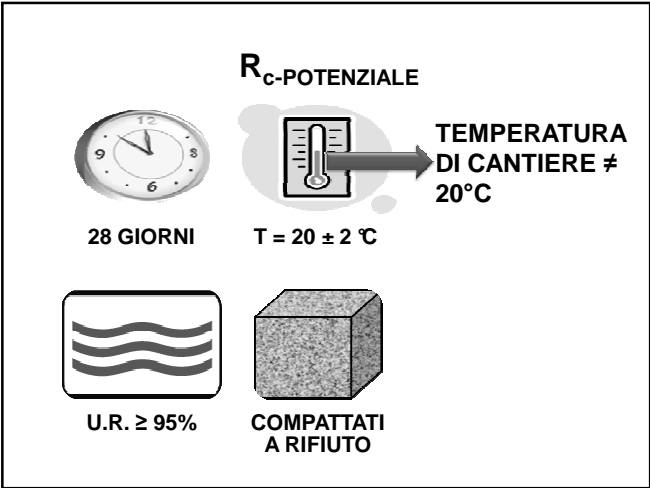
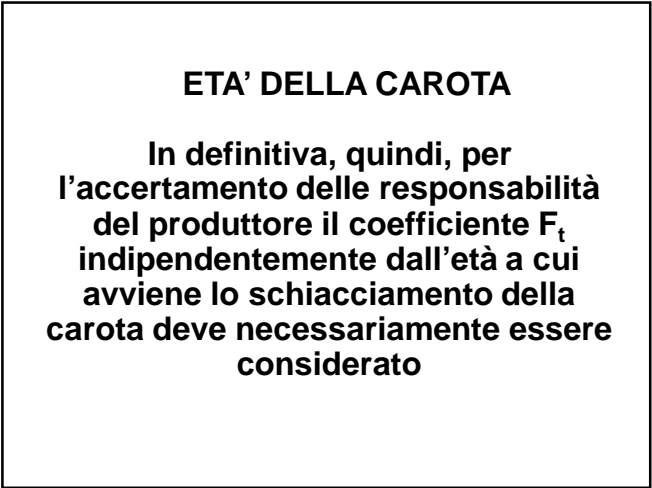


$t \text{ (TEMPO)} \leq 28 \text{ GIORNI}$



RESISTENZA A COMPRESSIONE

Fattore di correzione per ETÀ DELLA CAROTA = F_t



TEMPERATURA

Per il calcolo della resistenza a compressione potenziale, il coefficiente F_T relativo all'influenza della temperatura di maturazione deve essere applicato indipendentemente dalla temperatura e dall'età a cui la carota viene sottoposta alla prova di compressione.

CONSIDERAZIONI

Non ci sono differenze significative tra il calcolo della resistenza STRUTTURALE in opera ($R_{c-INSITU}$) per la verifica della collaudabilità della struttura e quello della resistenza POTENZIALE per l'accertamento delle responsabilità ($R_{c-POTENZIALE}$) salvo una diversa modalità di quantificazione dei coefficienti correttivi che tengono conto dell'influenza dell'età della carota al momento dell'esecuzione della prova di schiacciamento (F_T) e della temperatura di maturazione del calcestruzzo in cantiere (F_T)

RIAGGIUNTA D'ACQUA

RIAGGIUNTA D'ACQUA

RESISTENZA ATTUALE
 $R_{c-IN\ SITU}$

RESISTENZA POTENZIALE
 $R_{c-POTENZIALE}$

LAVORABILITÀ AL GETTO CONFORME – AGGIUNTA D'ACQUA RICHIESTA DALL'IMPRESA: CORREZIONE AL VALORE DELLA RESISTENZA IN OPERA

LAVORABILITÀ AL GETTO NON CONFORME – AGGIUNTA D'ACQUA OPERATA DALL'AUTISTA: NESSUNA CORREZIONE AL VALORE DELLA RESISTENZA IN OPERA

LAVORABILITÀ AL GETTO CONFORME

AGGIUNTA D'ACQUA RICHIESTA DALL'IMPRESA

PRELIEVO PER ACCERTARE LA SICUREZZA STRUTTURALE

PRELIEVO PER LA VALUTAZIONE DEL PATTO CONTRATTUALE

DOPO LA RIAGGIUNTA D'ACQUA

PRIMA DELLA RIAGGIUNTA D'ACQUA

LAVORABILITÀ AL GETTO NON CONFORME

AGGIUNTA D'ACQUA OPERATA DALL'AUTISTA

UN SOLO PRELIEVO PER ACCERTARE SIA LA SICUREZZA STRUTTURALE CHE IL PATTO CONTRATTUALE

DOPO LA RIAGGIUNTA D'ACQUA

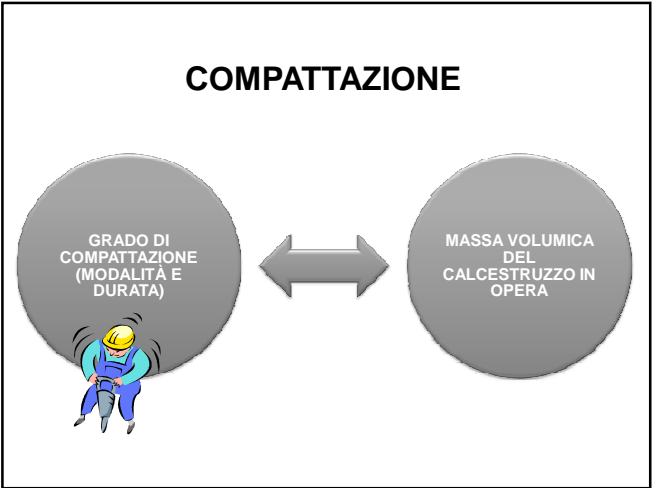
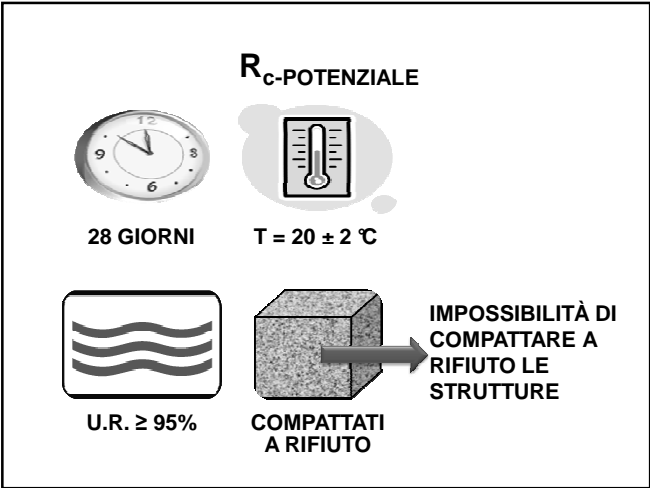
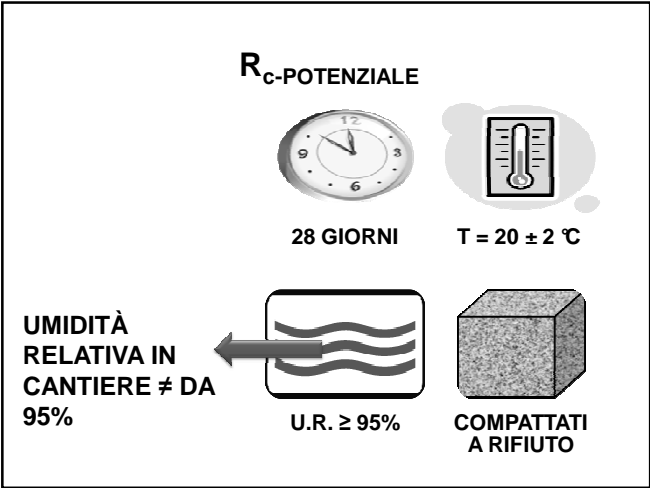
RIAGGIUNTA D'ACQUA

RIAGGIUNTA D'ACQUA

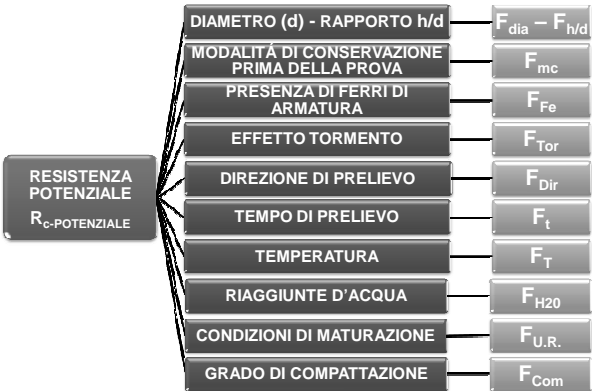
RESISTENZA A COMPRESSIONE

La perdita di resistenza derivante dalle riaggiunte è stimabile all'incirca in un 7% per ogni 10 kg/m³ di acqua introdotti nella botte.

Fattore di correzione per RIAGGIUNTA D'ACQUA = F_{H2O}



RESISTENZA IN SITU (STRUTTURALE)



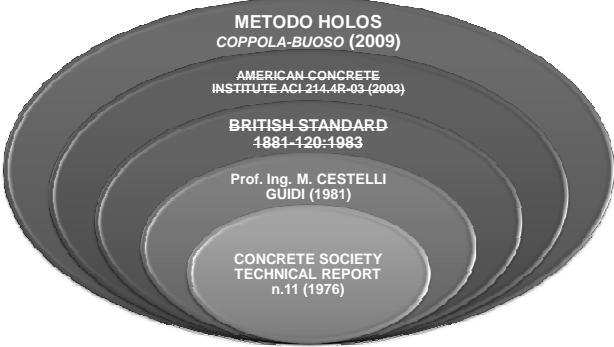
RESISTENZA IN SITU (POTENZIALE)

$$R_{c-POTENZIALE} = F_{dia} \cdot F_{h/d} \cdot F_{mc} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot F_t \cdot F_T \cdot F_{H2O} \cdot F_{U.R.} \cdot F_{Com} \cdot f_{c-carote}$$

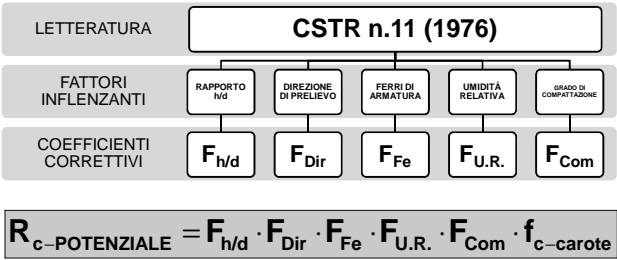
LETTERATURA



LETTERATURA



COEFFICIENTI CORRETTIVI



EFFETTI TRASCURATI :

$$F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_{Tor} \cdot F_t \cdot F_T \cdot F_{H2O}$$

COEFFICIENTI CORRETTIVI



EFFETTI TRASCURATI :

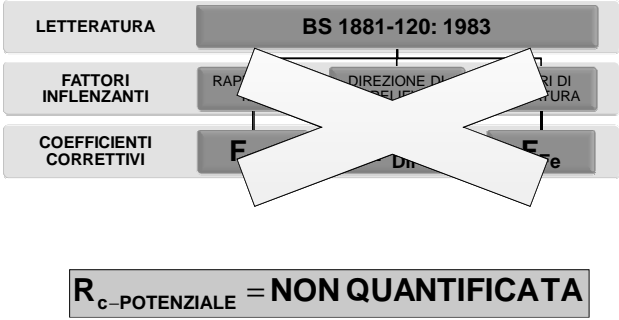
$$F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_t \cdot F_T$$

Prof. Ing. CESTELLI GUIDI

Al fine di calcolare la resistenza potenziale tenendo conto di tutti gli aspetti citati si stabilisce un incremento pari al 30% della resistenza ottenuta dallo schiacciamento delle carote e modificata attraverso i coefficienti correttivi

$$R_{c-POTENZIALE} = 1.30 \cdot F_{h/d} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot f_{c-carote}$$

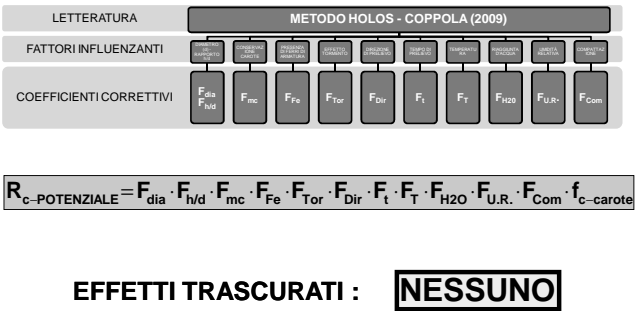
COEFFICIENTI CORRETTIVI



COEFFICIENTI CORRETTIVI



COEFFICIENTI CORRETTIVI



TEMPO DI PRELIEVO

Il coefficiente correttivo funzione del tempo di prelievo (F_t) è inserito solo nell'equazione del METODO HOLOS che lo calcola attraverso la formula riportata nell'EUROCODICE 2

$f_c(t) = f_t \cdot f_{c28}$

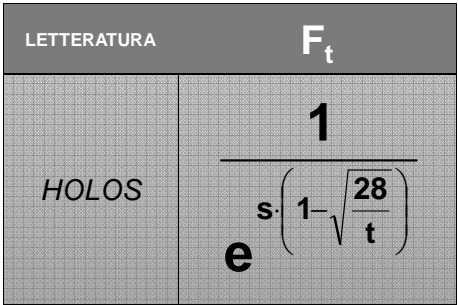
$f_t = \exp [s[1-(28/t)^{1/2}]]$

TEMPO DI PRELIEVO

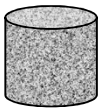
$F_t = 1/f_t = 1/(\exp [s[1-(28/t)^{1/2}]])$

- dove:
- $s = 0.20$ per CEM 42.5R, 52.5N ed R
 - $s = 0.25$ per CEM 42.5N e 32.5R
 - $s = 0.38$ per CEM 32.5N
 - t = tempo di prelievo (gg)

COEFFICIENTE CORRETTIVO



ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO

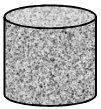


$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 15gg con CEM 42.5N

$$\frac{1}{e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)}} = \frac{1}{e^{0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{15}}\right)}} = 1.10$$

-s = 0.25 per CEM 42.5N;
-t = tempo di prelievo = 15 (gg)

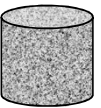
ESEMPIO – TEMPISTICA DI PRELIEVO



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 15gg; AS RECEIVED

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	R _c - POTENZIALE	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	31.89	+6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	1.30	41.97	+40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	1.10	40.35	+34%

ESEMPIO – TEMPERATURA DI
MATURAZIONE

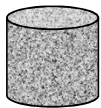


$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg con CEM 42.5N

$$\frac{1}{e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)}} = \frac{1}{e^{0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{60}}\right)}} = 0.92$$

-s = 0.25 per CEM 42.5N;
-t = tempo di prelievo = 60 (gg)

ESEMPIO – TEMPERATURA DI
MATURAZIONE



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$;
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg; AS RECEIVED

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	R _c - POTENZIALE	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	31.89	+6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	1.30	41.97	+40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	33.75	+12%

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

Il coefficiente correttivo funzione della temperatura di maturazione del calcestruzzo in opera, quindi dell’influenza della temperatura sullo sviluppo della resistenza delle carote (F_T) viene inserito nell’equazione solo dal METODO HOLOS che riporta i valori in tabella.

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

TEMPO (gg)	1	3	7	21	28	60	90
TEMPERATURA (°C)							
33÷37	0.74	0.83	0.91	1.00	1.11	1.11	1.11
28÷32	0.77	0.87	0.95	1.02	1.05	1.05	1.05
23÷27	0.83	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18÷22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13÷17	1.82	1.33	1.11	1.05	1.00	0.95	0.91
8÷12	2.86	1.82	1.33	1.25	1.18	1.00	0.95
3÷7	6.67	4.00	2.86	2.50	2.22	1.67	1.33

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

T_{media} > 22 °C

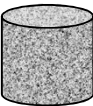
Se la resistenza a compressione è stata determinata su una carota estratta da una struttura maturata per 28 giorni alla temperatura di 35 °C ai fini dell'accertamento delle responsabilità del fornitore è importante sapere che il conglomerato possiede una resistenza inferiore del 5% (F_T=1.05) a quella che lo stesso impasto avrebbe posseduto a 20°C, temperatura alla quale avviene la maturazione dei provini per il controllo di accettazione confezionati a bocca di betoniera. Pertanto, si procede a correggere il valore sperimentale della resistenza a compressione incrementandolo

TEMPERATURA DI MATURAZIONE

T_{media} < 18 °C

Se la determinazione della resistenza avvenisse su carote estratte da una struttura maturata alla temperatura media di 15°C dopo 60 giorni dal getto, ai fini dell'accertamento delle eventualità è importante sapere che il valore della resistenza a compressione è maggiore del 5% di quello che lo stesso calcestruzzo avrebbe posseduto se maturato a 20°C. Quindi, si procede ad apportare la correzione (decremento) della resistenza a compressione per il calcolo di R_{C-POTENZIALE}

ESEMPIO – TEMPERATURA DI MATURAZIONE



f_{c-carota} = 30 N/mm² ; d = 100mm; AS-R
h/d = 1.00; Φ14 a 30mm; ⊥ A ½h;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	R _{C-POTENZIALE}
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	31.89 +6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	1.30	-	41.97 +40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	0.95	32.06 +6.9%

ESEMPIO – TEMPERATURA DI MATURAZIONE



f_{c-carota} = 30 N/mm² ; d = 100mm; AS-R
h/d = 1.00; Φ14 a 30mm; ⊥ A ½h;
PRELIEVO A 60gg – T 31°C

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	R _{C-POTENZIALE}
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	31.89 +6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	1.30	-	41.97 +40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	1.05	35.43 +18%

RIAGGIUNTA D'ACQUA

Il coefficiente correttivo funzione delle riaggiunte d'acqua in betoniera (F_{H2O}) è inserito solo nell'equazione del METODO HOLOS. Si considera che la perdita di resistenza derivante dalle riaggiunte è stimabile all'incirca in un 7% per ogni 10 kg/m³ di acqua introdotti nella botte.

f_{H2O} = 1- H₂O/10 x 0.07

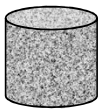
RIAGGIUNTA D'ACQUA

F_{H2O} = 1/f_{H2O} = 1/(1-H₂O/10 * 0.07)

dove:

- H₂O = Kg di acqua aggiunta per m³ di impasto

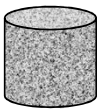
ESEMPIO – RIAGGIUNTA D’ACQUA



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$; AS-R
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C
aggiunta di acqua di 22 kg/m³

$$F_{H_2O} = 1/f_{H_2O} = 1/(1-H_2O/10 * 0.07)=$$
$$1/(1-22/10*0.07) = 1.18$$

ESEMPIO – RIAGGIUNTA D’ACQUA



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$; AS-R
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C
aggiunta di acqua di 22 kg/m³

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	F _{H2O}	R _{c-} POTENZIALE
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	-	31.89 +6.3%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	1.30	-	41.97 +40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	0.95	1.18	41.81 +39%

UMIDITÀ RELATIVA - CSTR

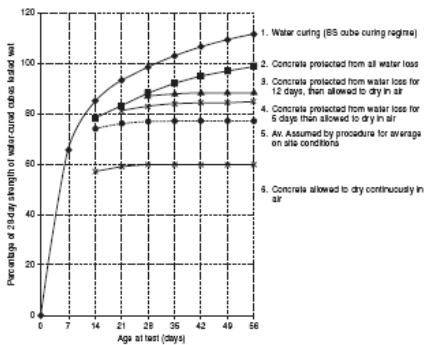
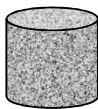


Figure 5.1 Effect of curing upon strength (determined after soaking for 2 days in water).

UMIDITÀ RELATIVA

METODO	MODALITÀ DI MATURAZIONE	F _{U.R.}
CSTR n.11	IN ACQUA 28gg	1.00
	U.R.≥95% per 28gg	1.12
	IN ACQUA 12gg	1.13
	IN ACQUA 5gg	1.17
	CONDIZIONI MEDIE DI CANTIERE	1.33
	NESSUNA MATURAZIONE	1.40
HOLOS	• IN ACQUA 28gg; • ELIMINAZIONE DEI PRIMI 2.5 – 3 cm	1.00
	TUTTI GLI ALTRI CASI	1.20

ESEMPIO – UMIDITÀ RELATIVA



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$; AS-R
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C
aggiunta di acqua di 22 kg/m³
MATURAZIONE IN CANTIERE

METODO	F _{dia}	F _{h/d}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	F _{H2O}	F _{UR}	R _{c-} POTENZIALE
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	-	1.33	42.41 +41%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	1.30	-	-	41.97 +40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	0.95	1.18	1.20	50.17 +67%

GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -

Secondo questo documento, deve essere calcolata (1) la percentuale di vuoti in eccesso:

$$EV = \left(\frac{D_p - D_a}{D_p - 500} \right) \cdot 100\%$$

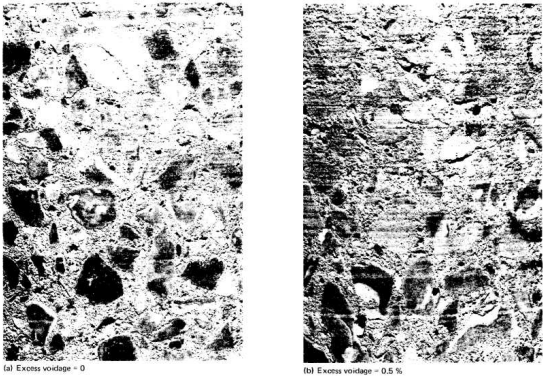
D_a = massa volumica del calcestruzzo della carota in kg/m³;

D_p = massa volumica del cubetto prelevato a bocca di betoniera in kg/m³.

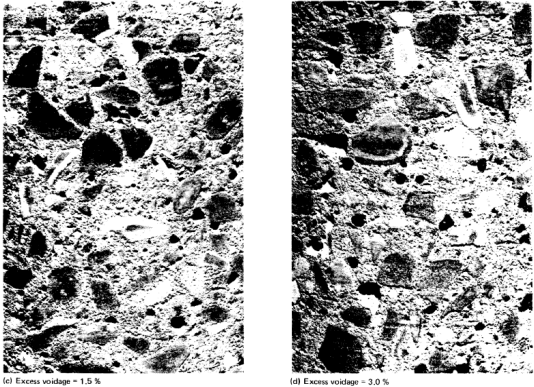
GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -

Inoltre la percentuale di vuoti in eccesso viene valutata con un metodo visivo; analizzando delle foto a cui viene paragonata la carota in esame (2) si ottiene un valore dell'eccesso di vuoti.

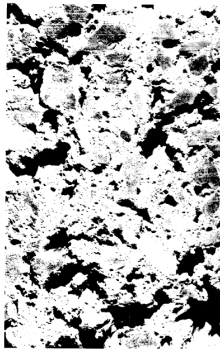
GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -



GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -



GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -



EV = 13%

GRADO DI COMPATTAZIONE - CSTR -

EV VUOTI IN ECCESSO	F _{Com}
0.0	1.00
0.5	1.04
1.0	1.08
1.5	1.13
2.0	1.18
2.5	1.23
3.0	1.28
3.5	1.33
4.0	1.39
4.5	1.45
5.0	1.51

GRADO DI COMPATTAZIONE – HOLOS -

Il metodo HOLOS ammette che LA PERDITA DI RESISTENZA È ALL'INCIRCA IL 7.5% PER OGNI 1% DI DIMINUZIONE DELLA MASSA VOLUMICA RISPETTO AL VALORE MASSIMO ATTESO (corrispondente a quella del cubetto compattato a rifiuto).

GRADO DI COMPATTAZIONE – HOLOS -

In accordo con questo assunto, il fattore di correzione f_{Com} vale:

$$f_{Com} = 1 - ([1 - (m_{vcar}/m_{vcub})] \cdot 7.5)$$

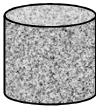
dove :

m_{vcar} = massa volumica del calcestruzzo della carota in kg/m^3 ;

m_{vcub} = massa volumica del cubetto prelevato a bocca di betoniera in kg/m^3 .

$$F_{Com} = 1/f_{Com} = 1/(1 - ([1 - (m_{vcar}/m_{vcub})] \cdot 7.5))$$

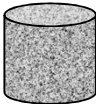
ESEMPIO – COMPATTAZIONE



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$; AS-R
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C
aggiunta di acqua di 22 kg/m^3
MATURAZIONE IN CANTIERE
 $m_{vcar} = 2250 \text{ kg/m}^3$; $m_{vcub} = 2310 \text{ kg/m}^3$.

METODO	EV	F_{Com}
CSTR	$EV = \left(\frac{D_p - D_a}{D_p - 500} \right) \cdot 100\% = 3.3\%$	1.30
HOLOS		1.24

ESEMPIO – COMPATTAZIONE



$f_{c-carota} = 30 \text{ N/mm}^2$; $d = 100\text{mm}$; AS-R
 $h/d = 1.00$; $\Phi 14$ a 30mm ; $\perp A \frac{1}{2}h$;
PRELIEVO A 60gg – T 15°C
aggiunta di acqua di 22 kg/m^3
MATURAZIONE IN CANTIERE
 $m_{vcar} = 2250 \text{ kg/m}^3$; $m_{vcub} = 2310 \text{ kg/m}^3$.

METODO	F_{dia}	F_{hd}	F_{mc}	F_{Fe}	F_{Tor}	F_{Dir}	F_t	F_T	F_{H2O}	F_{UR}	F_{Com}	R_{c-} POTENZIALE	
CSTR	-	0.4	-	1.063	-	2.5	-	-	-	1.33	1.30	55.13	+84%
CESTELLI	-	0.4	-	1.019	1.10	2.4	-	-	1.30	-	-	41.97	+40%
HOLOS	1.00	1.00	1.00	1.063	1.07	1.075	0.92	0.95	1.18	1.20	1.24	62.20	+107%

DIFFICOLTÁ

Il calcolo della resistenza cubica potenziale, che sembrerebbe alquanto semplice, presenta non pochi problemi dal punto di vista pratico in quanto solitamente non sono disponibili le masse volumiche dei cubetti prelevati a bocca di betoniera

DATI DI PRODUZIONE



Si potrebbe ovviare a questo inconveniente richiedendo al produttore i dati di massa volumica del calcestruzzo indurito determinati nell'ambito delle normali procedure che egli attua durante il controllo di produzione.

DISPERSIONE

Relativamente a quest'aspetto occorre sottolineare che la massa volumica dei cubetti compattati a rifiuto, al pari della resistenza meccanica a compressione, è contraddistinta da una dispersione di risultati derivante dal fatto che, durante il campionamento, per via del diverso volume di aggregato grosso tra un cubetto e l'altro, la massa volumica può risultare differente. Pertanto, se si analizza il singolo dato di massa volumica non è detto che ad un minor valore corrisponda una minore resistenza.

SIGLA		R_{cub} (N/mm ²)	m_{vcub} (kg/m ³)
1		40	2468
2		37.8	2468
3		28.6	2323
4		28.1	2314
5		40.2	2412
6		38.2	2433
7		43	2367
8		37.5	2373
9		32.7	2388
10		34.2	2388
	MEDIA	36.03	2384

VALORE CARATTERISTICO

Questo induce a ritenere che nell'equazione per la stima dell'abbattimento della resistenza derivante da incompleta compattazione per la massa volumica del calcestruzzo compattato a rifiuto si dovrà far riferimento al valore caratteristico della massa volumica desunto dai controlli di produzione ($m_{vkub-produzione}$).

DISPERSIONE DEI DATI DI MASSA VOLUMICA DELLE CAROTE

La variabilità dei valori di massa volumica derivanti dal campionamento si riflette evidentemente anche sulle carote estratte dalle strutture. Pertanto, se si analizza una carota singola non è detto che ad un minor valore della massa volumica della carota corrisponda necessariamente un valore più basso della resistenza

N°	R_{carota} (h/d=1; d=100mm) (N/mm ²)	$m_{vcarota}$ (kg/m ³)
1	20.9	2289
2	19.8	2252
3	20.8	2272
4	18.2	2302
5	25.8	2328
6	17.9	2258
7	24.9	2331
8	20.1	2311
9	20.0	2317
10	26.8	2329
11	23.1	2357
12	25.2	2373
13	28.6	2349
14	24.8	2358
15	24.3	2338
Media	22.75	2318

ERRORE

Alla luce di queste oscillazioni dei valori di massa volumica è evidente come abbia poco senso (per non dire che può risultare erroneo) effettuare la correzione al valore sperimentale della resistenza misurata sulla singola carota - per tener conto dell'influenza della compattazione - confrontando la massa volumica di ogni carota estratta con quella del calcestruzzo compattato a rifiuto.

VALORE CARATTERISTICO DELLA MASSA VOLUMICA DEL LOTTO DI CAROTE

In definitiva, quindi, per il calcolo della resistenza cubica potenziale, relativamente all'influenza della compattazione è opportuno far riferimento al valore caratteristico della massa volumica dell'intero lotto di carote prelevato ($m_{vkcarote-lotto}$).

**RAPPRESENTATIVITA' DEL LOTTO
DI CAROTE**

Alla luce di quanto sopra riportato è evidente che quando si intende calcolare la resistenza potenziale occorre sottoporre a prova un lotto di carote che sia rappresentativo, in termini di massa volumica del conglomerato, delle strutture che si stanno indagando. Questo significa che il numero di carote minimo da utilizzare deve essere anche per volumi di calcestruzzo inferiori a 50 m³ almeno pari a 7. Questo lotto minimo verrà incrementato di 2-3 carote per ogni ulteriori 50 m³ di conglomerato gettato.

RESISTENZA POTENZIALE

Secondo il metodo HOLOS si ritiene necessario, per il calcolo della resistenza potenziale, procedere per diversi stadi, per valutare le responsabilità dei vari soggetti coinvolti

PRIMO STADIO

Il primo stadio del metodo HOLOS è finalizzato alla trasformazione del valore sperimentale della resistenza a compressione di ogni singola carota in quello potenziale escludendo in questa prima fase di quantificare l'effetto derivante da una incompleta compattazione:

$$R_{c-POTENZIALE} = F_{dia} \cdot F_{h/d} \cdot F_{mc} \cdot F_{Fe} \cdot F_{Tor} \cdot F_{Dir} \cdot F_t \cdot F_T \cdot F_{H2O} \cdot F_{U.R.} \cdot f_{c-carote}$$

SECONDO STADIO

Calcolati i singoli valori della resistenza cubica potenziale derivanti da quelli sperimentali ottenuti sulle carote estratte dalla struttura si procederà a calcolare:

- 1. valore caratteristico della massa volumica delle carote dell'intero lotto ($m_{vkcarote-lotto}$) sottoposto a prova;**
- 2. quantificazione del coefficiente $F_{Com-lotto}$;**

SECONDO STADIO

- 3. calcolo della resistenza cubica media potenziale dell'intero lotto ($R_{cm,pot-lotto}$) corretta con il fattore $F_{Com-lotto}$. Questa resistenza si ottiene dalla media aritmetica delle singole resistenze potenziali calcolate nel primo stadio moltiplicate per il fattore $F_{Com-lotto}$;**
- 4. calcolo della resistenza cubica potenziale minima dell'intero lotto ($R_{c-potenziale-min lotto}$). Questo valore si ottiene dividendo il valore minimo delle resistenze equivalenti desunte con l'equazione moltiplicato per $F_{Com-lotto}$.**

ACCERTAMENTO DELLE RESPONSABILITÀ

Noti i valori di $R_{cm,pot-lotto}$ di $R_{ck,pot-min lotto}$ del tipo di controllo di accettazione (A o B) fissato dal capitolato e della resistenza caratteristica a compressione di progetto ($R_{ckprogetto}$) pattuita contrattualmente tra fornitore e impresa si potrà verificare se sono soddisfatte o meno le disequazioni previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

CONTROLLO DI TIPO B

Nel caso si adotti il controllo di tipo B sarà anche necessario, una volta corretti i singoli valori della resistenza potenziale desunti applicando l'equazione mediante il coefficiente $F_{Com-lotto}$, calcolare lo scarto quadratico medio dei valori di resistenza potenziale dell'intero lotto ($s_{npot-lotto}$).

ESEMPIO (1) RIASSUNTIVO

PLATEA IN CALCESTRUZZO (sp = 35cm) con CEM 42.5R;

- PRELIEVO CAROTE:
- 1. Prelievo PARALLELO;
 - 2. Prelievo a 30gg dal GETTO a T 30°C
 - 3. d = 100mm e h = 100mm → h/d = 1.00;
 - 4. Sottoposte a prova dopo essere state in ACQUA
 - 5. $f_{c-carota} = 32 \text{ N/mm}^2$;

$R_{c-INSITU} = \text{??????? N/mm}^2$

ESEMPIO – CONFRONTO METODI

METODO	F_{dia}	$F_{h/d}$	F_{mc}	F_{Fe}	F_{Tor}	F_{Dir}	F_t	F_T	$R_{c-IN SITU}$	
CSTR	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-		29.44	-8.0%
CESTELLI	-	0.40	-	1.00	1.10	2.2	-		31.00	-3.2%
BS	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-		29.44	-8.0%
ACI	1.00	1.00	1.09	-	1.06	-	-		37.00	+15.5%
HOLOS	1.00	1.00	1.09	1.00	1.05	1.00	1.00		36.62	+14.4%

ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI

$R_{ck-progetto} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $R_{cm-progetto} = 39.6 \text{ N/mm}^2$
8 PRELIEVI – k = 6

METODO	$R_{cm-IN SITU}$	$R_{cm-in-IN SITU}$	$R_{ck-IN SITU}$
CSTR	29.44	19.58	23.44
CESTELLI	31.00	22.30	25.00
BS	29.44	20.00	23.44
ACI	37.00	28.65	31.00
HOLOS	36.62	27.87	30.62

ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI

METODO	$R_{ck-PROGETTO}$	85% $R_{ck-PROGETTO}$	$R_{cm-PROGETTO}$	85% $R_{cm-PROGETTO}$	$R_{ck-IN SITU}$	$R_{cm-IN SITU}$	VERIFICA		
							DM 2005	EN 13791	DM 2008
CSTR	30	25.5	39.6	33.66	23.44	29.44	SI	NO	NO
CESTELLI					25.00	31.00	SI	NO	NO
BS					23.44	29.44	SI	NO	NO
ACI					31.00	37.00	SI	SI	SI
HOLOS					30.62	36.62	SI	SI	SI

ESEMPIO (1.1) RIASSUNTIVO

- ELIMINAZIONE 3cm DELLA CAROTA
- NESSUNA aggiunta di acqua in betoniera.
- $R_{CK-PROGETTO} 30\text{N/mm}^2$
- $m_{vkub-produzione} = 2310 \text{ Kg/m}^3$;
- $m_{vkar-lotto} = 2300 \text{ Kg/m}^3$

$R_{c-POTENZIALE} = \text{??????? N/mm}^2$

ACCERTAMENTO RESPONSABILITÀ

ESEMPIO (1) – CONFRONTO METODI

AGGIUNTA D’ACQUA

METODO HOLOS

$F_{H_2O} = 1.00$

UMIDITÀ RELATIVA

METODO	MODALITÀ DI MATURAZIONE	F _{U.R.}
CSTR n.11	IN ACQUA 28gg	1.00
	U.R. ≥95% per 28gg	1.12
	IN ACQUA 12gg	1.13
	IN ACQUA 5gg	1.17
	CONDIZIONI MEDIE DI CANTIERE	1.33
	NESSUNA MATURAZIONE	1.40
HOLOS	• IN ACQUA 28gg; • ELIMINAZIONE DEI PRIMI 2.5 – 3 cm	1.00
	TUTTI GLI ALTRI CASI	1.20

COEFFICIENTE CORRETTIVO PER COMPATTAZIONE – CSTR -

EV	F _{Com}
0.0	1.00
0.5	1.04
1.0	1.08
1.5	1.13
2.0	1.18
2.5	1.23
3.0	1.28
3.5	1.33
4.0	1.39
4.5	1.45
5.0	1.51

$EV = \left(\frac{D_p - D_a}{D_p - 500} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{2310 - 2300}{2310 - 500} \right) \cdot 100\% = 0.55\%$

$F_{Com} = 1.04$

COEFFICIENTE CORRETTIVO PER COMPATTAZIONE – HOLOS -

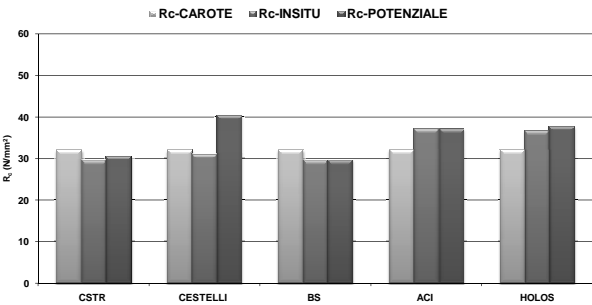
$F_{Com} = \frac{1}{1 - \left[\left(1 - \frac{m_{vcar}}{m_{vcub}} \right) \cdot 7.5 \right]} = \frac{1}{1 - \left[\left(1 - \frac{2300}{2310} \right) \cdot 7.5 \right]} = 1.03$

$F_{Com} = 1.03$

RESISTENZA POTENZIALE

METODO	F _{dia}	F _{hd}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dir}	F _t	F _T	F _{H2O}	F _{UR}	F _{Com}	R _c - POTENZIALE
CSTR	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-	-	-	1.00	1.04	30.62 -4.0%
CESTELLI	-	0.40	-	1.00	1.10	2.2	-	-	-	1.30	-	40.27 +26%
HOLOS	1.00	1.00	1.09	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	37.72 +18%

ESEMPIO (1.1) – CONFRONTO METODI



ACCERTAMENTO RESPONSABILITA'

Per l'opera era stato previsto un controllo di accettazione di tipo A e la resistenza caratteristica a compressione di progetto (oltre che pattuita contrattualmente) era di 30 N/mm². Ai fini dell'accertamento delle responsabilità del fornitore è necessario verificare le seguenti disuguaglianze:

$(R_{cm,pot-lotto}) \geq 30 + 3.5 \text{ N/mm}^2$
 $(R_{cmin,pot-lotto}) \geq 30 - 3.5 \text{ N/mm}^2$

ESEMPIO (1.1) – CONFRONTO METODI

$R_{ck-progetto} = 30 \text{ N/mm}^2$

METODO	R_{cm-IN} SITU	$R_{cmin-IN}$ SITU	R_{cm-} POTENZIALE	R_{cmin-} POTENZIALE
CSTR	29.44	19.58	30.62	20.36
CESTELLI	31.00	22.30	40.27	28.97
BS	29.44	20.00	29.44	20.00
ACI	37.00	28.65	37.00	28.65
HOLOS	36.62	27.87	37.72	28.71

ESEMPIO (1.1) – CONFRONTO METODI

METODO	R_{ck-} PROGETTO	R_{ck-} PROGETTO + 3.5 N/mm²	R_{ck-} PROGETTO - 3.5 N/mm²	R_{cm-} POTENZIALE	R_{cmin-} POTENZIALE	COLLAUDABILITÀ			RESPONSABILITÀ	
						DM 2005	EN 13791	DM 2008		
CSTR	30	33.5	26.5	30.62	20.36	SI	NO	NO	NO	PC
C. GUIDI				40.27	28.97	SI	NO	NO	SI	IM
BS				29.44	20.00	SI	NO	NO	NO	PC
ACI				37.00	28.65	SI	SI	SI	SI	IM
HOLOS				37.72	28.71	SI	SI	SI	SI	IM

ESEMPIO (1.2) RIASSUNTIVO

- NON SONO STATE ELIMINATE PARTI
- Nessuna aggiunta di acqua in betoniera
- $R_{CK-PROGETTO} 30\text{N/mm}^2$
- MATURAZIONE IN CONDIZIONI MEDIE DI CANTIERE
- $m_{vkub-produzione} = 2303 \text{ Kg/m}^3$;
- $m_{vkcar-lotto} = 2258 \text{ Kg/m}^3$

$R_{c-POTENZIALE} = \text{????????} \text{ N/mm}^2$

ACCERTAMENTO RESPONSABILITÀ

ESEMPIO (1.2) – CONFRONTO METODI

AGGIUNTA D'ACQUA

METODO HOLOS

$F_{H2O} = 1/f_{H2O} = 1/(1-H_2O/10 * 0.07)=$
 $1/(1-15/10*0.07) = 1.12$

UMIDITÀ RELATIVA

METODO	MODALITÀ DI MATURAZIONE	$F_{U.R.}$
CSTR n.11	IN ACQUA 28gg	1.00
	U.R.≥95% per 28gg	1.12
	IN ACQUA 12gg	1.13
	IN ACQUA 5gg	1.17
	CONDIZIONI MEDIE DI CANTIERE	1.33
	NESSUNA MATURAZIONE	1.40
HOLOS	• IN ACQUA 28gg; • ELIMINAZIONE DEI PRIMI 2.5 – 3 cm	1.00
	TUTTI GLI ALTRI CASI	1.20

COEFFICIENTE CORRETTIVO PER
COMPATTAZIONE – CSTR -

EV	F _{Com}
0.0	1.00
0.5	1.04
1.0	1.08
1.5	1.13
2.0	1.18
2.5	1.23
3.0	1.28
3.5	1.33
4.0	1.39
4.5	1.45
5.0	1.51

$$EV = \left(\frac{D_p - D_a}{D_p - 500} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{2303 - 2258}{2303 - 500} \right) \cdot 100\% = 2.5\%$$

$$F_{Com} = 1.23$$

COEFFICIENTE CORRETTIVO PER
COMPATTAZIONE – HOLOS -

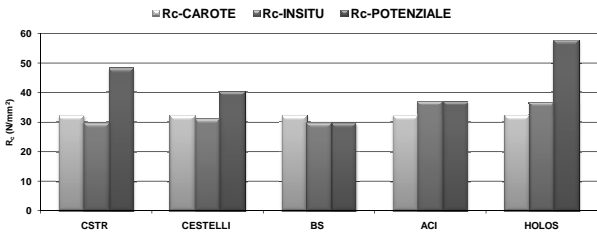
$$F_{Com} = \frac{1}{1 - \left[\left(1 - \frac{m_{vcar}}{m_{vcub}} \right) \cdot 7.5 \right]} = \frac{1}{1 - \left[\left(1 - \frac{2258}{2303} \right) \cdot 7.5 \right]} = 1.17$$

$$F_{Com} = 1.17$$

RESISTENZA POTENZIALE

METODO	F _{dla}	F _{hd}	F _{mc}	F _{Fe}	F _{Tor}	F _{Dlr}	F _t	F _T	F _{H2O}	F _{UR}	F _{Com}	R _c - POTENZIALE	
CSTR	-	0.40	-	1.00	-	2.3	-	-	-	1.33	1.23	48.16	+51%
CESTELLI	-	0.40	-	1.00	1.10	2.2	-	-	-	1.30		40.27	+26%
HOLOS	1.00	1.00	1.09	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.12	1.20	1.17	57.59	+80%

ESEMPIO (1.2) – CONFRONTO
METODI



ESEMPIO (1.2) – CONFRONTO METODI

$$R_{ck-progetto} = 30 \text{ N/mm}^2$$

METODO	R _{cm} -IN SITU	R _{cm} -IN SITU	R _{cm} - POTENZIALE	R _{cm} - POTENZIALE
CSTR	29.44	19.58	48.16	32.03
CESTELLI	31.00	22.30	40.27	28.97
BS	29.44	20.00	29.44	20.00
ACI	37.00	28.65	37.00	28.65
HOLOS	36.62	27.87	57.59	43.83

ESEMPIO (1.2) – CONFRONTO METODI

METODO	R _{ck} - PROGETTO	R _{ck} - PROGETTO + 3.5 N/mm²	R _{ck} - PROGETTO - 3.5 N/mm²	R _{cm} - POTENZIALE	R _{cm} - POTENZIALE	COLLAUDABILITÀ			RESPONSABILITÀ	
						DM 2005	EN 13791	DM 2008		
CSTR	30	33.5	26.5	48.16	32.03	SI	NO	NO	SI	IM
CESTELLI				40.27	28.97	SI	NO	NO	SI	IM
BS				29.44	20.00	SI	NO	NO	NO	PC
ACI				37.00	28.65	SI	SI	SI	SI	IM
HOLOS				57.59	43.83	SI	SI	SI	SI	IM

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

**NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
MILANO, 12 dicembre 2009**

**CONTESTAZIONI E
PROBLEMATICHE RELATIVE
ALL'UTILIZZO DEL CALCESTRUZZO:
CASE HISTORIES**

**LUIGI COPPOLA
BUOSO ALESSANDRA**



CALCESTRUZZO

RESISTENZA CARATTERISTICA
 R_{ck} 25 N/mm²

DIAMETRO MASSIMO AGGREGATO
 D_{max} 30mm

CLASSE DI CONSISTENZA
SLUM S5

CEMENTO

Dal rapporto inviato dal fornitore all'impresa in data 2 luglio 2004 contenente i *"Dati tecnici relativi alla fornitura di calcestruzzo preconfezionato dal ns. impianto"*

TIPO DI CEMENTO
CEM II/A-L 32.5R o 42.5R

AGGREGATI

Dal rapporto inviato dal fornitore all'impresa in data 2 luglio 2004 contenente i *"Dati tecnici relativi alla fornitura di calcestruzzo preconfezionato dal ns. impianto"*

TIPO DI AGGREGATI

- Provenienti dalla cava della G;
- Conformi alla UNI-EN 932-3 (esame petrografico) e alla UNI 8520-22 (prova accelerata di potenziale reattività agli alcali) nel febbraio 2004

REALIZZAZIONE

**PERIODO DI
ESECUZIONE**

**GIUGNO-
LUGLIO 2005**

**TIPO DI
FINITURA**

**SPOLVERO AL
QUARZO**

Incorporo sulla superficie della piastra di calcestruzzo, con la tecnica fresco su fresco, uno spolvero anidro di quarzo e cemento successivamente frattizzato meccanicamente con elicottero al fine di ottenere lo strato antiusura capace di resistere all'abrasione esercitata in servizio dalle ruote degli autoveicoli che transitano sul pavimento

**FORMAZIONE
DI GIUNTI**

**GIUNTI DI
CONTROLLO**

Taglio del pavimento con sega a disco diamantato per controllare le fessurazioni di origine igrometrica della piastra di conglomerato

STATO DI FATTO

CHIUSURA LAVORI

NESSUNA CRITICITÀ



MARZO 2006

Pavimento privo di fessurazioni sia ad andamento caotico che con geometria regolare

Espulsioni di coni di materiale di diametro variabile da circa 1 a 3-3.5 cm che interessano sia lo strato antiusura che parte del calcestruzzo della sottostante piastra

DIFETTI – ESPULSIONE CONI

L'espulsione di questi coni superficiali generano sulla superficie della pavimentazione una soluzione di continuità ad impronta circolare che successivamente per effetto di una evidente espansione promuove l'espulsione del materiale presentando sulla superficie della pavimentazione crateri di diametro centimetrico



MANIFESTAZIONI DEL DEGRADO

In alcune zone si osserva il completo distacco dello strato antiusura superficiale senza evidenziare, almeno apparentemente la formazione di crateri superficiali. Il distacco interessa porzioni consistenti della superficie di alcune campiture e coinvolge sia lo strato antiusura che parte dei primi centimetri superficiali della sottostante piastra di calcestruzzo.



TRATTAMENTI CON SALI ANTIGELO

CHIUSURA LAVORI

NESSUNA CRITICITÀ



MARZO 2006

Pavimento privo di fessurazioni sia ad andamento caotico che con geometria regolare

Espulsioni di cono di materiale di diametro variabile da circa 1 a 3-3.5 cm che interessano sia lo strato antiusura che parte del calcestruzzo della sottostante piastra

Le pavimentazioni, durante il periodo invernale (molto rigido e con continue oscillazioni della temperatura al di sotto di 0°C - dicembre 2005/febbraio 2006) sono state sottoposte a trattamenti con sali antigelo a base di miscele di cloruro di calcio e di sodio per la rimozione del ghiaccio formatosi a seguito delle nevicate, onde poter consentire il normale transito dei mezzi

IPOTESI DI CAUSE DEGRADO/DISSESTO

ASSENZA FESSURAZIONI AD ANDAMENTO SIA CAOTICO CHE REGOLARE

- NO difetto nella realizzazione della massiciata;
- NO errori nel dimensionamento dello spessore della piastra in relazione ai carichi in gioco;
- NO errori nella progettazione e realizzazione dei giunti per il controllo delle fessurazioni di origine termo-igrometrica

TIPOLOGIA DI DIFETTO PRESENTE

- SCARSA qualità degli aggregati utilizzati per il confezionamento del calcestruzzo;
- l'aggregato lapideo potrebbe aver subito espansioni rivelatesi deleterie per la superficie delle pavimentazioni

CAROTAGGI

Al fine di stabilire la causa dei difetti lamentati, sono state prelevate sei carote di calcestruzzo (contrassegnate con i numeri da 1 a 6):

- 1 ÷ 5 estratte in zone della pavimentazione degradate;
- carota 6 estratta in una zona del pavimento adibita a parcheggio e, almeno apparentemente, non ancora interessata dai difetti.

ANALISI VISIVA

Le carote prelevate si presentavano tutte consistenti e all'apparenza prive di difetti nelle zone degli strati più interni di calcestruzzo confermando che il problema è esclusivamente circoscritto ai soli strati corticali della pavimentazione. In particolare, dall'analisi emergeva che LO STRATO ANTIUSURA COSTITUIVA UN INSIEME MONOLITICO CON LA PIASTRA DEL SOTTOSTANTE CALCESTRUZZO A RIPROVA DI UNA CORRETTA ESECUZIONE DELLO STRATO ANTIUSURA.

ANALISI CAROTE ESTRATTE

SEZIONI SOTTILI IN PROSSIMITÀ DELLA SUPERFICIE SUPERIORE DEL PAVIMENTO

- Analisi al microscopio petrografico onde stabilire la natura mineralogica degli aggregati ed in particolare la presenza di forme reattive nei confronti degli alcali, oltre alla presenza di bordi di reazione che testimoniassero eventuali fenomeni di reazione alcali-aggregato in atto

ESTRAZIONE MECCANICA DI ALCUNI GRANULI DI AGGREGATO IN PROSSIMITÀ DELLA SUPERFICIE NELLA ZONA IMMEDIATAMENTE A RIDOSSO DELLO STRATO ANTIUSURA

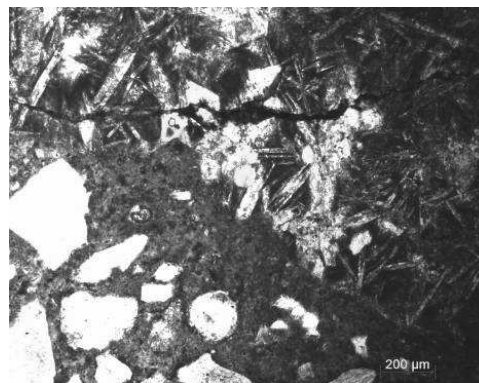
- Analisi petrografica
- Test per rilevare la presenza di forme alcali-reattive

RISULTATI

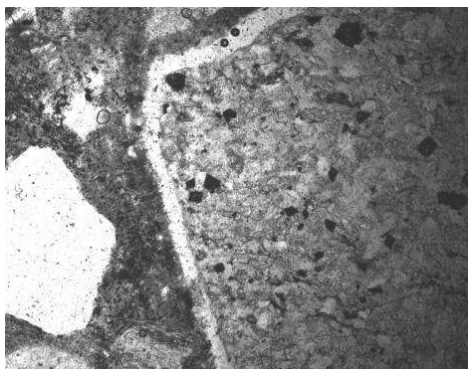
Dalle analisi si rileva :

- Presenza di minerali potenzialmente reattivi come quarzo metamorfico.
- Presenza, in quantità accessoria rispetto alla rimanente frazione clastica costituita da serpentiniti, arenarie quarzose a cemento calcitico, calcari biomicritici, di clasti derivanti da rocce a tessitura trachitica costituite da aghetti di plagioclasio immersi in un vetro che sviluppano evidenti fenomeni di alcali-reazione (AAR) a livello di aggregato.

REAZIONE ALCALI-AGGREGATO



SOLUZIONI DI CONTINUITA'



CAUSE DEL DEGRADO

I risultati dell'indagine petrografica condotta sia sugli aggregati che sulla matrice cementizia evidenziano senza ombra di dubbio che il degrado lamentato per le pavimentazioni oggetto del presente rapporto deve essere ascrivito alla presenza di forme mineralogiche non stabili in presenza di alcali.

ALCALI



DANNO DA REAZIONE ALCALI-AGGREGATO



CONCENTRAZIONE ALCALI NELLA MATRICE CEMENTIZIA

La fonte degli alcali (sodio e potassio) è rappresentata dal cemento utilizzato per il confezionamento del calcestruzzo (FONTE ENDOGENA) e da quelli che possono venire in contatto degli aggregati perché apportati dall'esterno (FONTE ESOGENA).

ALCALI



• CEMENTO utilizzato per la realizzazione dello strato antiusura
• alcali (in particolare il sodio) contenuto nei SALI DISGELANTI che per diffusione (veicolati dall'acqua) penetrano all'interno della matrice cementizia venendo in contatto con le forme di silice amorfa reattiva



• esaltata nelle zone corticali della pavimentazioni dall'apporto di cemento utilizzato per la REALIZZAZIONE DELLO STRATO DI USURA
• incrementata per via dell'utilizzo dei SALI DISGELANTI A BASE DI CLORURO DI SODIO

GRADO DI SATURAZIONE

Il grado di saturazione degli strati corticali della pavimentazione deve ritenersi sia stato particolarmente elevato proprio per l'imbibizione con acqua conseguente al disgelo del ghiaccio formatosi sulla pavimentazione;

GELO-DISGELO

Non è da escludere infine che al fenomeno degradante abbia contribuito anche il clima particolarmente rigido dello scorso inverno. Le pressioni indotte dall'acqua non congelata per effetto dell'abbassamento di temperatura al di sotto di 0°C possono aver provocato ulteriori espansioni distruttive in particolar modo in quegli aggregati che presentavano soluzioni di continuità all'interno della matrice lapidea.



ZONA IMMUNE DA DIFETTI

I risultati dell'indagine petrografica, evidenziano che anche gli aggregati presenti nella carota 6 prelevata dalla zona di pavimentazione al momento ancora esente da difetti palesi contengono forme di silice reattiva e dal punto di vista mineralogico presentano le stesse caratteristiche di quelli riscontrati nella carota 3 prelevata dalla zona di pavimento interessata dalla forma più grave di degrado.

ANALISI SULLA POTENZIALE REATTIVITÀ DEGLI AGGREGATI

Si potrebbe obiettare che gli aggregati utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo erano stati preventivamente analizzati relativamente alla potenziale reattività agli alcali in accordo alla procedura accelerata prevista dalla UNI 8520-22 e, pertanto, quanto accaduto potrebbe sembrare in disaccordo con questi risultati.

NON RAPPRESENTATIVITÀ

Tuttavia, a tal proposito si fa rilevare che l'analisi della potenziale reattività agli alcali era stata effettuata nel febbraio del 2004, quindi, circa 16 mesi prima del loro impiego per la fornitura di calcestruzzo presso il cantiere in questione. Pertanto, non si può non escludere che quelle prove siano state condotte su una campionatura di aggregati ormai non più rappresentativa della partita di aggregati effettivamente utilizzati 16 mesi più tardi.

INIDONEITÀ

Inoltre, si deve tener conto che nel cantiere si sono verificate condizioni eccezionalmente negative, quali l'elevata concentrazione di alcali e la concomitante azione dei cicli di gelo-disgelo che ha prodotto condizioni di aggressioni molto più severe rispetto a quelle che si realizzano nella prova di espansione accelerata condotta in accordo alla norma UNI 8520/22.

PREVENIRE IL DEGRADO

EVITARE L'INSORGERE DEL FENOMENO DI DEGRADO

aggregati privi di forme alcali-reattive	aggregati non gelivi	cementi pozzolanici a basso contenuto di alcali	cenere volante o fumo di silice in sostituzione parziale del cemento al calcare
--	----------------------	---	---

CONCLUSIONI

Sulla base di:

1. osservazioni visive emerse durante il sopralluogo effettuato ;
2. risultati delle analisi petrografiche condotte sulle sezioni sottili del calcestruzzo e degli aggregati ottenute dalle carote prelevate dalle pavimentazioni

si può concludere che il degrado lamentato per le opere deve essere ricondotto ad un fenomeno di reazione alcali-aggregato in atto.

RESPONSABILITÀ

La causa principale responsabile del degrado lamentato è da ricercarsi nella **SCELTA, DA PARTE DEL PRODUTTORE DEL CALCESTRUZZO, DI AGGREGATI CONTENENTI FORME MINERALOGICHE DI SILICE NON STABILI IN AMBIENTE ALCALINO.**

CASE HISTORY N.2

VASCA IN CALCESTRUZZO PER IL TRATTAMENTO DI ACQUE REFLUE IN KAZAKHISTAN



PREMESSA

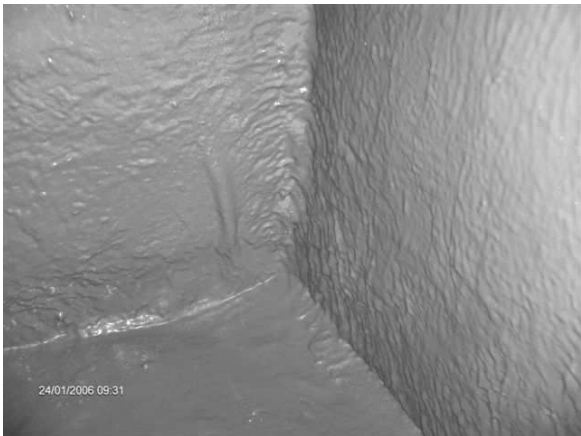
La realizzazione di una vasca in calcestruzzo destinata al trattamento di acque reflue ha come obiettivo quello di realizzare una struttura che, oltre a soddisfare i requisiti di carattere strutturale dell'opera, presenti caratteristiche di tenuta idraulica, per evitare che eventuali perdite di acque reflue possano inquinare gli ambienti circostanti, e di intrinseca resistenza all'aggressione delle sostanze disciolte nelle acque che vengono trattate.

PRESENZA DI DIFETTI DI ESECUZIONE



POLIUREA

La presenza di questi difetti di esecuzione ha indotto l'impresa, al fine di garantire la tenuta della vasca, a realizzare sulla superficie interna degli elementi in calcestruzzo un **RIVESTIMENTO IN POLIUREA CHE GARANTISSE L'IMPERMEABILITÀ ED EVITASSE PERCOLAMENTO DI ACQUA VERSO GLI AMBIENTI CIRCOSTANTI.**



APPARENZA

Apparentemente sembrerebbe che la realizzazione di questo rivestimento sia stata la diretta conseguenza di un'erronea esecuzione delle operazioni di getto di cui ovviamente l'impresa è la diretta responsabile. Tuttavia, ci sono diversi elementi, di cui si discuterà nel seguito, che lasciano indurre a pensare che anche in assenza di soluzioni di continuità derivanti dall'erronea esecuzione delle riprese, questo rivestimento sarebbe risultato indispensabile per garantire sia la durabilità che la tenuta idraulica della vasca.

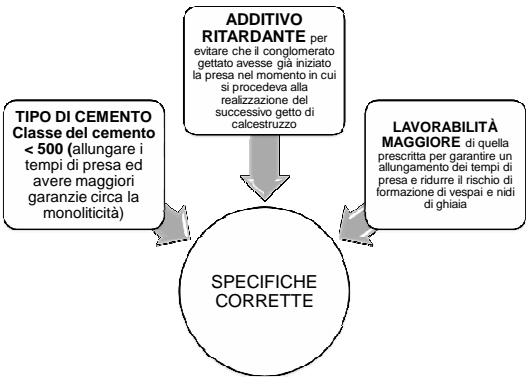
CALCESTRUZZO

RAPPORTO
a/c 0.50

TIPO E DOSAGGIO DI CEMENTO
Cemento classe 500
c = 380 Kg/m³

LAVORABILITÀ
100 ± 25 mm

CONSIDERAZIONI



RESPONSABILITÀ

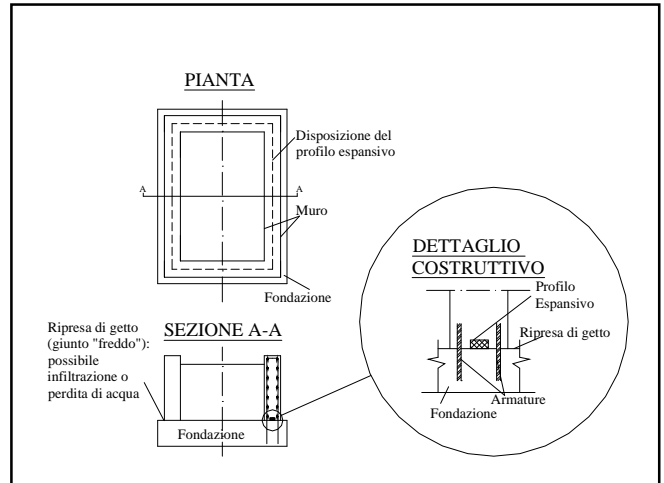
In definitiva, quindi, sebbene apparentemente le soluzioni di continuità in corrispondenza delle riprese di getto siano imputabili all'impresa esecutrice è evidente che la responsabilità di quanto accaduto sia in primo luogo da ascrivere alle deficienze nella prescrizione di capitolato del calcestruzzo, principali responsabili dei difetti lamentati.

TEMPERATURA

E' altrettanto ovvio che queste carenze nelle prescrizioni di capitolato possono essere state ulteriormente accentuate se le operazioni di getto sono avvenute a temperature superiori ai 25 °C. In tal caso si deve concludere che tali prescrizioni debbono ritenersi del tutto erronee in quanto avulse dai reali problemi di betonaggio che si riscontrano a queste temperature.

PUNTI SINGOLARI

Oltre a questo aspetto fondamentale riguardo alla carenze delle specifiche di capitolato, occorre far notare come la vasca, anche impiegando correttamente un calcestruzzo con tempi di presa più lunghi (almeno 3 ore a 20°C) di quelli erroneamente specificati (almeno un'ora dalla posa in opera), avrebbe evidenziato problemi di tenuta idraulica in corrispondenza di alcuni punti singolari quali l'attacco fondazione-muri.



CARENZA DELLA SPECIFICA

Dell'utilizzo di questi accorgimenti costruttivi non si fa alcuna menzione nelle specifiche di capitolato della committenza. Pertanto, ciò induce a ritenere che l'impiego del rivestimento impermeabile in poliurea sarebbe risultato comunque necessario anche in assenza dei difetti lamentati per le strutture in esame.

RITIRO E DOSAGGIO DI CEMENTO

Relativamente al ritiro idraulico, occorre tener presente che anche la prescrizione del dosaggio minimo di cemento può aver favorito un aumento dell'ampiezza delle soluzioni di continuità formatesi a seguito delle riprese di getto.

$$c_{\min} = 380 \text{ Kg/m}^3 > c_{\min\text{-dur}} = 320 \text{ Kg/m}^3 \text{ (EN 206)}$$

per un calcestruzzo a/c = (0.50)

→MAGGIOR RITIRO IDRAULICO.

La contrazione da ritiro, infatti, a pari rapporto a/c aumenta all'aumentare del dosaggio di cemento.

DOSAGGIO DI CEMENTO E FESSURE



$$c_{\min} = 320 \text{ Kg/m}^3$$
$$a/c = 0.50$$

Additivo superfluidificante a dosaggi più spinti rispetto a quelli impiegati .

ADDITIVO E TEMPI DI PRESA

Questo maggior dosaggio avrebbe determinato, grazie all'effetto collaterale ritardante che contraddistingue questi additivi, un beneficio anche sull'allungamento dei tempi di presa e conseguentemente sulla riduzione delle problematiche emerse a seguito delle riprese di getto.

DURABILITÀ

Le acque reflue che vengono in contatto con il calcestruzzo della vasca contengono sostanze aggressive nei confronti sia del conglomerato che delle armature;

- 1. pH = 4 ÷ 8.5
- 2. Contenuto di cloruri 1200 mg/l
- 3. Contenuto di solfati 1000 mg/l
- 4. Contenuto di ammonio 30 mg/l.

Questi sono i valori ammessi da alcuni Regolamenti Italiani vigenti (Piano Regionale del Veneto).

DURABILITÀ

In base a queste concentrazioni la classe di aggressione ambientale per il calcestruzzo in accordo alla norma Europea EN 206-1 risulta essere:

- XA1 per l'ammonio
- XA2 per il solfato
- XA3 per l'acidità delle acque.

Ne consegue che per garantire la durabilità delle strutture sarebbe stato necessario impiegare un calcestruzzo con rapporto a/c non superiore a 0.45 ed un copriferro tenendo presente che la struttura ricade anche nella classe di esposizione XC4 (in accordo agli Eurocodici) non inferiore a 35 + 5-10 mm.

CLASSE XC
DEGRADO DA CARBONATAZIONE

Classe di esposizione	Rapporto a/c max	Classe di resistenza min	Dosaggio di cemento min (Kg/m³)	Copriferro nominale (mm)
XC1	0.60 (0.65) [0.60]	C25/30 (C20/25) [C25/30]	300 (260) [280]	20/30
XC2	0.60 (0.60) [0.60]	C25/30 (C25/30) [C25/30]	300 (280) [280]	30/40
XC3	0.55 (0.55) [0.55]	C28/35 (C30/37) [C30/37]	320 (280) [300]	30/40
XC4	0.50 (0.50) [0.50]	C32/40 (C30/37) [C30/37]	340 (300) [320]	35/45

UNI EN 11104 – (UNI EN 206-1) – [LINEE GUIDA]

CLASSE XA
DEGRADO DA ATTACCO CHIMICO

CLASSE	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE*							(a/c) _{max}	C(x/y) _{min}	C _{min} (Kg/m³)
	TERRENO			ACQUA						
	Acidità Bauman Gully**	SO ₄ ²⁻ (mg/Kg ⁹)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	pH	CO ₂ (mg/l)	NH4+ (mg/l)	Mg++ (mg/l)			
XA1	> 200	≥2000 ≤3000	≥200 ≤600	≤6.5 ≥5.5	≥15 ≤40	≥15 ≤30	≥300 ≤1000	0.55	C28/35	320
XA2	-	>3000 ≤12000	≥600 ≤3000	≤5.5 ≥4.5	>40 ≤100	>30 ≤60	>1000 ≤3000	0.50	C32/40	340
XA3	-	>12000 ≤24000	>3000 ≤6000	≤4.5 ≥4.0	>100	>60 ≤100	>3000	0.45	C35/45	360

(*) Quando due o più agenti conducono a classi di esposizione diverse, l'ambiente deve essere classificato nella classe con il grado di aggressione maggiore.
(**) L'acidità del terreno viene valutata con il metodo DIN 4030-2.
(8) Terreni rocciosi o argillosi con permeabilità inferiore a 10⁻² m/s debbono essere classificati nella classe di esposizione immediatamente inferiore.
(9) Valore in N/m² misurato su provini cubici di cls confezionati con cementi di classe 32.5

IMPERMEABILIZZAZIONE

In base alle considerazioni sopra riportate si evince che la prescrizione di impiegare un calcestruzzo con rapporto a/c di 0.50 non è sufficiente a garantire la durabilità della struttura nei confronti dell'attacco delle sostanze aggressive disciolte nelle acque reflue. Infatti, per il maggior rapporto a/c rispetto a quello suggerito dalle norme europee, il calcestruzzo utilizzato possiede una maggiore porosità e, pertanto, risulta vulnerabile nei confronti delle acque con cui verrà in contatto. Inoltre, per alcune strutture, quali colonne e travi interne, il copriferro previsto risulta di appena 30 mm e, quindi, inferiore rispetto al valore minimo suggerito dalle stesse norme europee (di almeno 40 mm).

CONCLUSIONI

Queste considerazioni inducono a ritenere che la struttura in calcestruzzo della vasca anche in assenza di difetti legati alla presenza di vespai e riprese di getto avrebbe sofferto un degrado precoce per via di una prescrizione di un conglomerato e di un copriferro non in linea con gli standard internazionali. In definitiva, quindi, si può concludere che la protezione impermeabile realizzata in fase postuma impiegando la poliurea sarebbe risultata comunque indispensabile per garantire la durabilità della vasca in calcestruzzo indipendentemente dalla presenza delle soluzioni di continuità derivanti dalle riprese di getto.



CALCESTRUZZO

RESISTENZA CARATTERISTICA

R_{ck} 25 N/mm²

Il contratto sottoscritto dalle parti recita “*Eventuali prelievi di campioni del prodotto consegnato devono essere effettuati, sempre durante lo scarico, in presenza di un rappresentante ScIs (produttore). Il prelievo del campione, la confezione e la stagionatura dei provini deve essere conforme alle norme vigenti*”.

CONTROLLO

L'impresa avrebbe potuto, come stabilito dal contratto, controllare se il calcestruzzo fornito era o meno conforme a quello pattuito (R_{ck} 25 N/mm²). Purtroppo (per tutti), l'impresa non ha ritenuto opportuno effettuare questi prelievi circa il controllo di qualità del calcestruzzo fornito.

OBBLIGATORIETÀ

Il mancato controllo da parte dell' Impresa avrebbe rappresentato semplicemente la volontà di questa di non avvalersi di una clausola del contratto commerciale con ScIs se non fosse che la Legge 1086 (ed il relativo DM esplicativo del 9 gennaio 96) impone (Allegato 2) – attualmente le Norme Tecniche per le costruzioni D.M.14.01.2008 - in calcestruzzo armato (quale è il fabbricato oggetto di causa) l'obbligatorietà dell'effettuazione del controllo da parte del D.L. della R_{ck} del calcestruzzo destinato, nel caso in esame, alla realizzazione delle fondazioni.

RESPONSABILITÀ

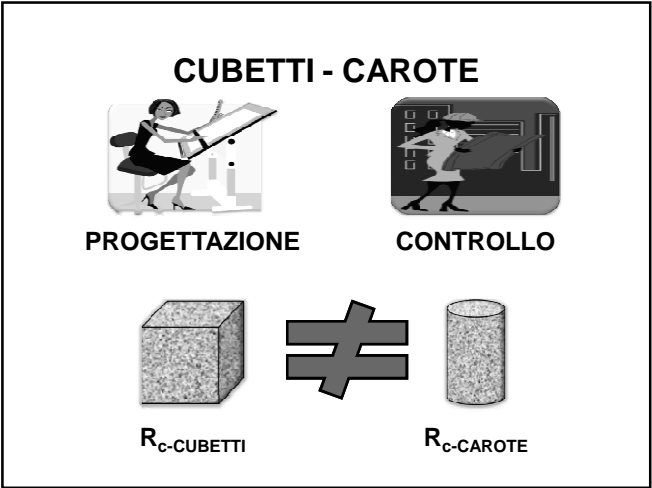
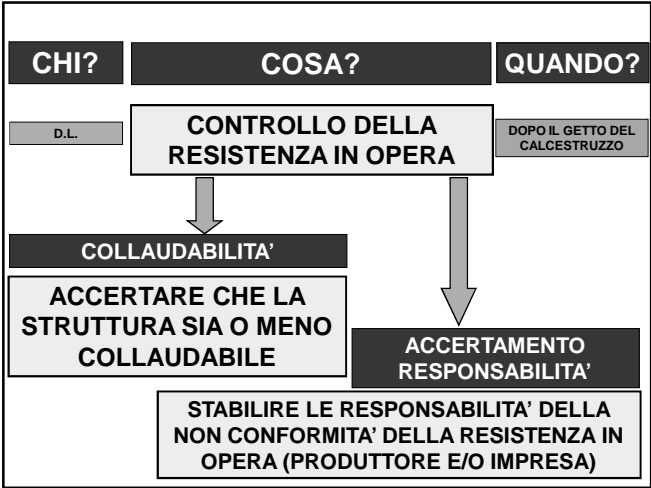
Il Direttore Lavori del fabbricato e l'Impresa, negligenemente e disattendendo le norme di legge, non hanno effettuato il controllo di accettazione previsto dall'Allegato 2 al DM 9/1/96 per la verifica della R_{ck} del calcestruzzo fornito da ScIs.

ARGOMENTI PRETESTUOSI

A getto avvenuto delle fondazioni, l'Impresa mostra delle perplessità sulla qualità del calcestruzzo fornito.

Perché queste perplessità non sono emerse prima (al momento della fornitura) quando, cioè, sarebbe stato possibile prelevare i cubetti e valutarne la conformità alla R_{ck} pattuita????

E' lecito pensare che queste perplessità postume celino la sussistenza di argomenti pretestuosi oppure più semplicemente confermano che l'Impresa e la stessa Direzione Lavori non conoscano le norme di legge sulle costruzioni.



CONSIDERAZIONI

Il valore medio emerso dalla campagna di carotaggi effettuati è risultato pari a

$R_{cm-opera} \ 23.6 \text{ N/mm}^2 > 21.3 \text{ N/mm}^2 = 25 \cdot 0.85 = 85\% \ R_{ck-PROGETTO}$

Il calcestruzzo fornito da possedeva sicuramente la R_{ck} 25 N/mm² pattuita qualora correttamente l'impresa avesse determinato la resistenza a compressione, come le norme di legge imponevano di fare, sui prelievi a bocca di betoniera.

CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti ovviamente decade qualsiasi necessità di effettuare verifiche dei calcoli strutturali e si può concludere che le strutture non necessitano di alcun intervento di consolidamento strutturale in quanto perfettamente collaudabili.

AGGIUNTA DI ACQUA

Si fa notare, infine, che molte delle betoniere pervenute sul cantiere sono state oggetto di aggiunte di acqua effettuata deliberatamente su specifica richiesta dell'impresa. L'aggiunta d'acqua conferma, se ce ne fosse ulteriore bisogno, la negligenza dell'impresa in quanto è notorio (arcinoto mi verrebbe da dire) che le aggiunte di acqua in cantiere pregiudicano la qualità del calcestruzzo in quanto l'aumento conseguente del rapporto acqua/cemento provoca una diminuzione sia delle resistenze meccaniche che della durabilità dell'impasto.

ABBATTIMENTO RESISTENZA

L'aggiunta di acqua, come si evince dai documenti di trasporto, è stata mediamente di 11 Kg/m³ di calcestruzzo. Questa aggiunta di acqua può determinare diminuzioni della resistenza a compressione dell'ordine dell'8% circa.

CONFORMITÀ

Il calcestruzzo fornito da SCLS non solo era congruente con il valore pattuito di 25 N/mm², ma con ottime probabilità possedeva resistenze meccaniche superiori a quelle richieste che sono state penalizzate dall'imperizia e dalla negligenza dell'impresa nel ricorrere a deleterie aggiunte di acqua, peraltro testimoniate e confermate dalla segregazione rilevata sulle carote estratte di plinti.

CONCLUSIONI

In definitiva, quindi, si può concludere che, anche in assenza dei risultati resistenza meccanica a compressione sui cubetti che negligenzemente l'impresa non ha prelevato al momento dell'esecuzione dei getti, il calcestruzzo fornito da SCLS possedeva R_{ck} superiore a quella richiesta dall'impresa.

CONCLUSIONI

Nonostante la penalizzazione determinata dalle aggiunte di acqua la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera può ritenersi sufficiente per resistere agli sforzi a cui sarà assoggettato in servizio. Pertanto, le strutture di fondazione non necessitano di alcun intervento di consolidamento.

ERRORI RICORRENTI

Il CTU afferma che “... *il solo campione C4 ha una resistenza che supera i 25 MPa, mentre per altri due campioni (C2 e C5) i valori... sono assai vicini al valore prescritto dal progettista. I valori del campione C1 e del campione C3 sono... del 15% circa inferiori ai 25 MPa richiesti*”.

COMMENTI

E' evidente che il CTU sta comparando valori di resistenza misurati su carote estratte dalla struttura con il valore prescritto dal progettista. Il CTU dovrebbe però evidenziare che questo confronto viene effettuato soltanto ai fini della collaudabilità della struttura e non per stabilire se valori di resistenza inferiori a quello prescritto dal progettista siano da attribuire a responsabilità del produttore di calcestruzzo.

CASE HISTORY N.4

Interpretazione dei risultati di una campagna sperimentale condotta su alcune travi a cassone realizzate dall'Impresa Piotti impiegando un conglomerato cementizio prodotto dalla Cuzzi SpA presso l'impianto di Abeto.

INDAGINI

Le indagini condotte sono consistite nella misura dell'indice di rimbalzo mediante sclerometro e della velocità di propagazione delle onde ultrasonore su alcune travi (contrassegnate con i numeri 110, 126, 127, 128 e 129) che allo scassero avevano evidenziato alcune difettosità superficiali. Per confronto le stesse misurazioni sono state effettuate su una trave esente da suddetti difetti (trave numero 109).



CONTESTAZIONE

L'impresa Piotti inoltrava formale contestazione alla Cuzzi SpA relativamente alla fornitura del calcestruzzo effettuata nei giorni 21 e 22 Novembre u.s. "lamentando la cattiva qualità del calcestruzzo fornito..." in quanto la mattina successiva al getto del conglomerato contestato le travi "...presentavano evidenti fenomeni di segregazione.... tali da rendere i manufatti non accettabili".

PATTUIZIONE CONTRATTUALE

Non è obiettivo quello di entrare nel merito delle responsabilità oggettive circa la responsabilità dei difetti lamentati, tuttavia, si fa notare come la rispondenza del calcestruzzo fornito alle pattuizioni contrattuali deve essere effettuata al momento della consegna del conglomerato presso l'impianto di prefabbricazione attraverso la valutazione delle caratteristiche reologiche richieste.

SEGREGAZIONE E POSA IN OPERA

Non si può, infatti, attribuire al produttore del calcestruzzo, come, invece, si vuole sostenere la responsabilità della segregazione lamentata sul manufatto. E' notorio che anche un conglomerato coesivo e privo di segregazione può manifestare smiscelazione degli ingredienti per errori nelle operazioni di posa in opera e compattazione che sono di esclusiva competenza dell'impresa esecutrice dei manufatti.

INDAGINE

Misurazione dell'indice di rimbalzo o sclerometrico mediante il martello di Schimdt e nella misurazione della velocità di propagazione delle ultra ultrasonore sia sulle travi oggetto di contestazione che su una trave che non aveva evidenziato alcuna problematica in termini di segregazione e di difettosità superficiali. In particolare, l'indagine è stata condotta:

- sulla trave n.109 (trave di riferimento integra e priva di difetti);
- sulle travi n. 110, 126, 127, 128, e 129 che presentavano difetti superficiali.

ESAME COMPARATIVO

La necessità di condurre l'indagine sia sulle travi contestate che sulla trave (n. 109) integra, discende dal fatto, come verrà meglio chiarito nel seguito, che queste prove non distruttive dipendendo da una serie di fattori non possono essere ritenute valide per stabilire i valori assoluti delle caratteristiche elasto-meccaniche del calcestruzzo, ma hanno un puro scopo comparativo. Pertanto, solo il raffronto con un calcestruzzo di caratteristiche ritenute accettabili, quali quelle del calcestruzzo della trave 109 può dare un significato alla indagine condotta.

Trave N°	I
109	39
110	39
126	39
127	39
128	44
129	41

CONCLUSIONI

Come si può notare i valori medi dell'indice di rimbalzo ottenuto per le travi oggetto di contestazione sono uguali o superiori a quelli misurati per la trave di riferimento. Si può sostenere, sulla base dei valori ottenuti per l'indice sclerometrico, che nei punti di misurazione il calcestruzzo in opera delle travi contestate è sostanzialmente di qualità uguale o leggermente migliore rispetto a quello della trave di riferimento di comprovata qualità. Si deve, quindi, concludere che la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera per le travi contestate deve ritenersi uguale o maggiore di quella della trave priva di difetti.

INDAGINE ULTRASONORA

L'indagine ultrasonica si basa sulla misurazione del tempo necessario per le onde di compressione a propagarsi nel calcestruzzo. Nota la distanza tra le sonde (quella eccitante e quella ricevente) è possibile calcolare la velocità con cui le onde si trasmettono nel mezzo. La velocità di propagazione, come ben noto, risulta funzione della densità del mezzo oltre che del modulo di elasticità dinamica del materiale.

Trave N°	V (m/s)	Riduzione rispetto alla V della trave N°109 (%)
109	4638	-
110	4223	8.9
126	4438	4.3
127	4244	8.5
128	4504	2.9
129	4454	4.0

INTERPRETAZIONE

Come si può notare la velocità di propagazione delle onde (V) nelle travi contestate risulta inferiore rispetto a quella misurata nella trave di riferimento. Tuttavia, la diminuzione di velocità di propagazione degli impulsi in queste travi risulta contenuta al di sotto del 9%. Questa riduzione deve ritenersi non sostanziale, ma inclusa nell'indice di variabilità della prova stessa.

VARIAZIONI

Le variazioni della velocità di propagazione delle onde su provini di calcestruzzo di resistenza meccanica a compressione di 40 N/mm² sono della stessa entità (8-10%) di quelle registrate per i calcestruzzi delle strutture in esame. Generalmente, si ritiene che le variazioni di V connesse con la presenza di difetti significativi nel calcestruzzo in opera della struttura oggetto di indagine si attestino nell'intervallo 15-20%.

CONCLUSIONI

In sostanza quindi, le indagine ultrasoniche confermano quanto già emerso dall'esame dei risultati relativi all'indagine sclerometrica e cioè che le prestazioni elasto-meccaniche del calcestruzzo delle travi contestate debbono ritenersi sostanzialmente equivalenti a quelle del calcestruzzo della trave di riferimento di comprovata qualità.

CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati dell'indagine sclerometrica e di quella ultrasonora condotta con il metodo indiretto si può concludere che la qualità del calcestruzzo in opera delle travi contestate (n. 110, 126, 127, 128 e 129) deve ritenersi sostanzialmente equivalente a quella della trave di riferimento priva di difetti. I dati ottenuti indicano, in sostanza, sia pur indirettamente, che le prestazioni elasto-meccaniche del calcestruzzo nei punti oggetto di indagine sono sostanzialmente equivalenti a quello della trave non contestata.

CONCLUSIONI

Le prove effettuate, tuttavia, per loro intrinseca natura non consentono di risalire al valore assoluto della resistenza a compressione del conglomerato in opera. Tuttavia, se la trave di riferimento è ritenuta accettabile allo stesso modo si deve ritenere accettabile la qualità del conglomerato nei punti oggetto di analisi per le travi contestate.

CASE HISTORY N.5

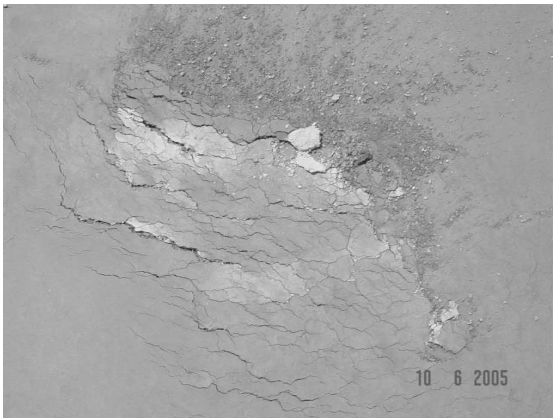
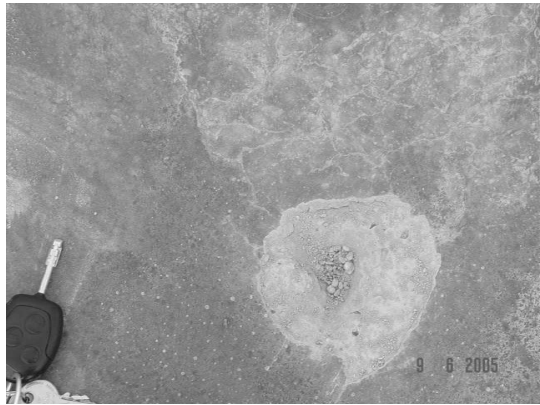
Analisi delle cause che hanno determinato una serie di difettosità, consistenti in cavillature e distacco di porzioni dello strato di usura, di una pavimentazione carrabile in calcestruzzo realizzata dalla COA. srl per conto di COAT srl sulla copertura del fabbricato commerciale a Collegno (TO).

FORNITURE 1 - 2
calcestruzzo R_{ck} 30 XF3

DITTA FORNITRICE	IMPIANTO	DATE	QUANTITATIVI (m ³)
Ceal spa	Grusco	08/06/2005	92
		10/06/2005	102
	Stua	11-13-16/06/2005	RESTANTE

CONTESTAZIONE

COAT ha contestato le sole forniture dell'8 e 10 giugno in quanto il conglomerato fornito dalla Cecal, prodotto nella centrale di Grusco, sarebbe stato responsabile di anomale cavillature e distacchi dello strato di usura a spolvero di quarzo e cemento. Nessuna contestazione è stata, invece, sollevata relativamente alle forniture dei giorni successivi effettuate da Cecal dalla centrale di Stua.



CAUSE DEI DIFETTI

La tipologia dei difetti lamentati non lascia alcun dubbio circa le cause che li hanno generati, *ascrivibili unicamente ad un rapido essiccamento della superficie del pavimento per effetto dell'eccessiva evaporazione di acqua dal calcestruzzo verso l'ambiente esterno determinate da una evidente imperizia da parte dell'impresa esecutrice delle opere e non già ad una presunta scadente qualità del calcestruzzo come controparte cerca di sostenere*

CONDIZIONI CLIMATICHE

Nella relazione dell’Arch. Mezo (Punto 5) vengono riportati i dati di temperatura, umidità relativa e velocità del vento rilevati presso il centro meteo di Torino Caselle nei giorni in cui sono stati effettuati i getti per la realizzazione del pavimento in questione. Per comodità questi dati vengono riassunti nella Tabella 1 che segue.

Data	Temperatura (°C)	Umidità relativa (%)	Velocità del vento (Km/h)
8 giugno 2005	17-18	48-45	7.4
10 giugno 2005	18	29	7.4 - 11.1
11 giugno 2005	15-22	72-43	7.4 - 13
13 giugno 2005	17-18	59	7.4
16 giugno 2005	23	56-60	3.7 - 7.4

CONDIZIONI GRAVOSE

Dall’esame dei dati riportati in Tabella 1 si può rilevare come nei giorni in cui è stata effettuata la posa in opera del conglomerato esistevano delle condizioni particolarmente sfavorevoli relativamente alla velocità di evaporazione dell’acqua dal calcestruzzo. La velocità di evaporazione, infatti, aumenta al diminuire dell’U.R. e all’aumentare della velocità del vento.

TEMPERATURA DEL CALCESTRUZZO

Inoltre, la velocità di evaporazione dell’acqua dal calcestruzzo aumenta, a pari temperatura ambientale, all’aumentare della temperatura del calcestruzzo. Quanto affermato può rilevarsi dall’abaco desunto dalle raccomandazioni statunitensi ACI 305R-77.

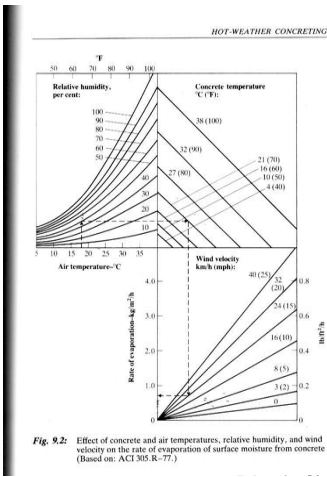


Fig. 9.2: Effect of concrete and air temperatures, relative humidity, and wind velocity on the rate of evaporation of surface moisture from concrete. (Based on: ACI 305R-77.)

CRITICITÀ MAGGIORI

In accordo con quanto sopra affermato analizzando i dati dei parametri ambientali di Tabella 1 emerge chiaramente come le situazioni più critiche in termini di velocità di evaporazione dell’acqua si sono realizzate proprio durante i giorni - 8 e 10 giugno - allorquando si sono verificati gli inconvenienti lamentati.

Data	Velocità di evaporazione dell'acqua (kg/(m ² ·h))
8 giugno 2005	0.60
10 giugno 2005	0.80
11 giugno 2005	0.50
13 giugno 2005	0.45
16 giugno 2005	0.40

MATURAZIONE

Questi difetti, tuttavia, si sarebbero potuti eliminare ricorrendo ad una protezione della superficie del pavimento dall'evaporazione dell'acqua. Ad esempio, bagnando la superficie con acqua oppure stendendo dei teli di geotessile irrorati ad intermittenza con acqua proprio per prevenire l'eccessiva evaporazione di acqua dal calcestruzzo verso l'ambiente esterno. Questi provvedimenti avrebbero eliminato alla radice il problema impedendo che per effetto dell'evaporazione si generassero gli stati tensionali di trazione responsabili del quadro fessurativo lamentato.

RESPONSABILITÀ

E' inutile sottolineare che queste operazioni erano di esclusiva competenza dell'impresa esecutrice che avrebbe dovuto essere a conoscenza di questo tipico problema legato alla lavorazione del calcestruzzo nei periodi caldi e asciutti come quelli che si sono realizzati durante l'esecuzione del pavimento in esame.

GETTO NELLE ORE SERALI

In alternativa, l'impresa esecutrice avrebbe potuto anche effettuare il getto in serata beneficiando del naturale raffrescamento delle ore notturne evitando l'aumento della temperatura del calcestruzzo, per effetto dell'insolazione giornaliera, e, conseguentemente, riducendo la velocità di evaporazione dell'acqua responsabile del quadro fessurativo lamentato. E' inutile ribadire che anche questa decisione ricadeva sotto la diretta e unica responsabilità dell'impresa esecutrice e non poteva certo essere decisa da Cecal quale mero fornitore del conglomerato.

NON ECCEZIONALITÀ

Si fa anche presente, come lo stesso Arch. Mezo sostiene (punto 7b) "*Queste condizioni termo-igrometriche...rientravano nella media stagionale*". In sostanza, il Mezo conferma che queste condizioni climatiche non potevano ritenersi eccezionali per il periodo in cui sono stati eseguiti i getti. Pertanto, l'impresa esecutrice e/o la direzione lavori non possono accampare, a difesa della protezione umida non effettuata, una presunta eccezionalità delle condizioni climatiche.

CAUSE DEI DIFETTI

Alla luce di quanto sopra affermato si intuisce anche perché i difetti si siano manifestati nei soli giorni dell'8 e 10 giugno, mentre le difettosità non sono apparse nei giorni successivi (11, 13 e 16 giugno). In queste ultime tre giornate, infatti, le condizioni climatiche, dal punto di vista dell'evaporazione di acqua sono risultate meno avverse.

ESCLUSIVITA' DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Pertanto, è solo in questa variazione dei parametri ambientali che deve ricercarsi il perché del fatto i difetti si siano manifestati solo l'8 e il 10 giugno e non, come controparte vorrebbe surrettiziamente sostenere, quando la fornitura del calcestruzzo inizialmente proveniente dalla centrale di betonaggio di Grusco, sia poi avvenuta da quella di Stua.

RICETTA E TEMPI DI PRESA

L'Arch. Mezo conclude al punto 5 della sua relazione che la “...*situazione climatica-ambientale suddetta.....poteva rappresentare un fattore che avrebbe dovuto consigliare molta prudenza circa la ricetta dell'impasto, soprattutto per quanto riguarda la capacità del calcestruzzo impiegato di mantenere in superficie una sufficiente capacità di presa*”.

RICETTA E VELOCITA' DI EVAPORAZIONE

La velocità di evaporazione dell'acqua dal conglomerato, infatti, è poco influenzata dalla “ricetta” e l'unico modo per poterla ridurre, impedendo che si formino le fessurazioni, è quello di proteggere le superfici esposte mediante una accurata maturazione umida da realizzarsi con una delle tecniche sopramenzionate.

AFFERMAZIONI ERRONEE

Quest'ultimo non ha potuto beneficiare dell'apporto di acqua (ormai esauritosi per effetto della rapida evaporazione) dalla sottostante piastra di calcestruzzo. Alla luce di quanto sopra affermato appare del tutto fuori luogo quanto scritto dal Mezzo (P.to 8) “*I responsabili della Coat hanno riferito che il tempo per le operazioni di fratazzatura.....fu perfettamente allineato ai tempi ordinari.....Pare quindi da escludere anchel'eventualità della eccessiva durata dell'azione della macchina.... Pertanto risulta arduo individuare delle responsabilità che non siano riconducibili alle caratteristiche intrinseche del materiale fornito da Cecal*”.

TEMPI ALLINEATI CON QUELLI ORDINARI

Mi preme precisare che, al contrario di quanto sostenuto da Mezo, *da queste affermazioni si intuiscono senza ombra di dubbio le responsabilità dell'impresa*. Infatti, se la stessa come sostiene Mezzo ha realizzato le operazioni di finitura in “tempi allineati con quelli ordinari” è sicuramente incorsa in un errore di valutazione in quanto, nel contesto climatico sopradescritto, i tempi per l'esecuzione delle operazioni di fratazzatura, alla luce dell'insolazione, della bassa umidità relativa e della rilevante ventilazione, dovevano essere necessariamente anticipati se si voleva evitare il lamentato mancato incorporo dello spolvero nel sottostante pavimento in calcestruzzo.

ERRORE DI ESECUZIONE

I tempi di inizio presa, infatti, nel contesto in cui si è operato sono stati abbreviati rispetto a quelli di un calcestruzzo analogo utilizzato per la realizzazione di un pavimento all'interno di un capannone industriale anche di un paio d'ore. Pertanto, se, come è verosimile, l'impresa ha operato con i tempi canonici per le operazioni di fratazzatura, essa è intervenuta alla semina e al successivo incorporo quando ormai il calcestruzzo già in presa non poteva più ricevere lo strato di usura. In conclusione, quindi, contrariamente a quanto sostenuto dal Mezzo, alla luce dei suddetti elementi risulta arduo individuare responsabilità che non siano esclusivamente riconducibili all'impresa esecutrice.

CONCLUSIONI

Quindi le fessurazioni e i distacchi dello strato di usura sono esclusivamente riconducibili ad operazioni ricadenti sotto la responsabilità dell'impresa esecutrice delle opere

CONCLUSIONI

Alla decisione erronea dell'impresa esecutrice di effettuare i getti durante le ore più calde del giorno. Alla luce delle condizioni climatiche, non eccezionali per il periodo, correttamente si sarebbe dovuto procedere alla realizzazione del pavimento nelle ore serali/notturne per beneficiare del naturale raffrescamento evitando di esporre il pavimento alla diretta insolazione;

CONCLUSIONI

All'errore commesso dall'impresa esecutrice di non proteggere la superficie del pavimento dall'eccessiva evaporazione di acqua conseguente alla particolari condizioni climatiche esistenti durante la realizzazione dell'opera. La protezione avrebbe impedito la nascita degli stati tensionali responsabili dei quadri fessurativi lamentati;

CONCLUSIONI

All'errore di valutazione da parte dell'impresa esecutrice circa i tempi di presa del calcestruzzo, abbreviatisi a seguito delle condizioni climatiche esistenti in cantiere, e alla tardiva esecuzione delle operazioni di fratazzatura e incorporo dello spolvero. Il ritardo da parte dell'impresa nell'esecuzione di queste operazioni ha determinato una scarsa compenetrazione dello strato di usura alla sottostante pavimentazione e il conseguente distacco dello stesso dal calcestruzzo.

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**