



CITTA' DI VITTORIA

Ufficio Tecnico - Settore LL.PP.

Vittoria, 08 OTT. 2012
di validazione, i dati si prova in linea tecnica
ai c. effetti dell'art. 7 bis della legge 11.04.1994 n° 109,
nel t. del territorio della Regione Siciliana, come modificato,
dall'art. 2 della legge n° 02.08.2002 n° 7 e dalla L.R. 19.05.2003 n° 7.

Vittoria li, 08 OTT. 2012

Il Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Geol. Chiara Garofalo



PROVE INDAGINI E VERIFICHE
TECNICHE PER L'EDILIZIA

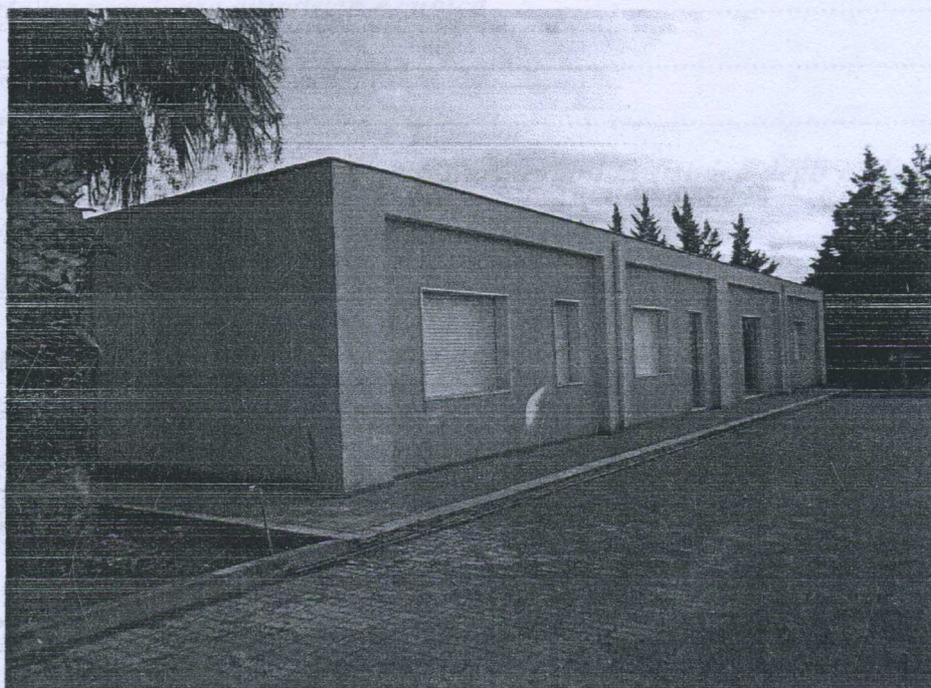
OMNIATEST S.R.L.
SERVIZI PER L'INGEGNERIA

VIA NINA DA MESSINA 18, 98121 MESSINA

TEL/FAX +39 090 346309

EMAIL: INFO@OMNIATEST.IT

INDAGINI SULLE STRUTTURE DELLA SCUOLA MATERNA
BUOZZI DI VITTORIA (RG)



RAPPORTO RELATIVO ALLE INDAGINI

EFFETTUATE NEI GIORNI 20 E 21 DICEMBRE 2011

Il responsabile tecnico della OmniaTest: *Ing. Matteo Mucari*

Il tecnico operatore della OmniaTest: *Ing. Marco Intelisano*

Il tecnico operatore della OmniaTest: *Ing. Giuseppe Occhipinti*



INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. PROVE SUI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO..... | 4 |
| 2.1 Prelievo dei campioni di calcestruzzo..... | 4 |
| 2.2 Determinazione della profondità di carbonatazione..... | 5 |
| 2.3 Prova di compressione monoassiale..... | 11 |
| 2.4 Determinazione della massa volumica apparente..... | 11 |
| 2.5 Rapporto tra resistenza cilindrica e cubica..... | 11 |
| 2.5.1 Servizio Sismico Nazionale..... | 11 |
| 2.5.2 Istruzioni Tecniche – Regione Toscana..... | 12 |
| 2.5.3 Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti – Regione Basilicata..... | 14 |
| 3. PROVE SULLE BARRE DI ARMATURA..... | 23 |
| 3.1 Prelievo della barra di armatura..... | 23 |
| 3.2 Prova di trazione diretta..... | 23 |
| 3.3 Risultati sui prelievi di barre di acciaio..... | 23 |
| 4. PROVE PACHOMETRICHE..... | 29 |
| ALLEGATO A - SCHEMA PLANIMETRICO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI | 32 |

1. PREMESSA CAMPIONI DI CALCESTRUZZO

La società *OmniaTest s.r.l. – Servizi per l'ingegneria*, con sede in Messina, via Nina da Messina n.18, ha avuto incarico dall'ing. Gaetano Vedda, di effettuare le seguenti indagini sulle strutture della scuola materna Buozzi di Vittoria (RG) e nello specifico:

- n. 6 prelievi di campioni di calcestruzzo;
- n. 6 prove di carbonatazione sui campioni di calcestruzzo prelevati;
- n. 2 prelievi di barre di armatura;
- n. 2 prove pacometriche

Le indagini, effettuate nei giorni 20 e 21 Dicembre 2011, sono state dirette, per conto della Omniatest Srl, dall'ing. Matteo Mucari.

Nel seguito dopo una descrizione delle modalità di prova, si riportano i risultati delle indagini sia in forma numerica che grafica.

Figura 2-1 Eseecuzione del campionaggio per il prelievo di un campione

2. PROVE SUI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO

2.1 Prelievo dei campioni di calcestruzzo

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo è stato effettuato da personale tecnico della ditta tramite carotaggio continuo, negli elementi strutturali indicati dal responsabile della campagna d'indagine, utilizzando una carotatrice ad avanzamento manuale, con raffreddamento ad acqua, dotata di corona diamantata a parete sottile, con diametro interno 94 mm ed esterno 102 mm. Le carote, una volta estratte, sono state contrassegnate con l'indicazione della sigla del prelievo.

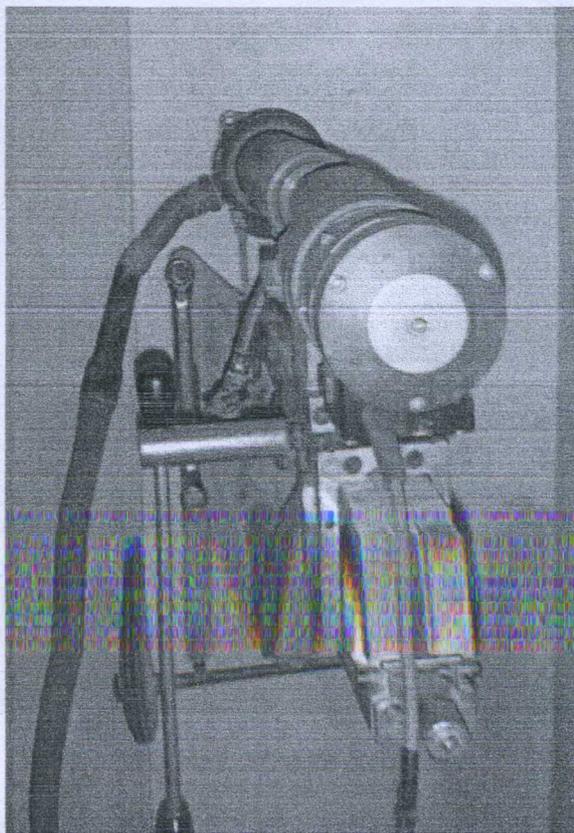


Figura 2-1 Esecuzione del carotaggio per il prelievo di un campione

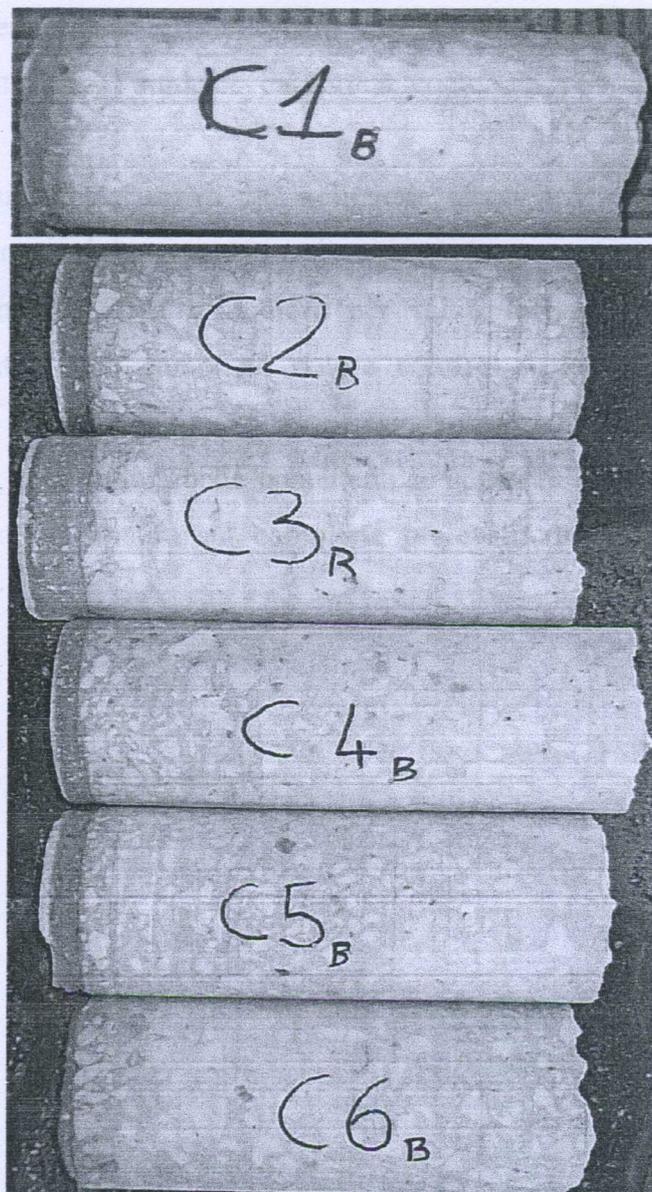


Figura 2-2 Carote prelevate

2.2 Determinazione della profondità di carbonatazione

La carbonatazione ha inizio sulle superfici esposte all'aria e procede verso l'interno con una velocità che dipende essenzialmente dalla permeabilità del calcestruzzo. La carbonatazione produce un abbassamento del Ph del calcestruzzo dai valori usuali, 12.5 - 13.5, a valori 8.3-9, consentendo lo sviluppo della corrosione di eventuali armature presenti.



Le carote prelevate dalla struttura sono state subito sottoposte a prova per evitare che un lungo contatto con l'anidride carbonica contenuta nell'aria potesse falsare i risultati.

Per le prove si è fatto uso di una soluzione alcolica di fenolftaleina all'1% di etanolo, che vira al rosa violetto quando viene a contatto con materiali aventi un Ph superiore a 8 - 9, mentre rimane incolore per valori inferiori. Pertanto le zone di calcestruzzo carbonatate non cambiano colore mentre quelle con materiale integro risultano colorate.

Si riportano di seguito le tabelle contenenti lo spessore dello strato carbonatato e contenenti le foto con la misura sul campione prelevato dello spessore dello strato carbonatato.

Tabella 2-3 Carote prelevate e soggette ad una soluzione alcolica di fenolftaleina all'1% di etanolo

Tabella 2-1 Riassunto dei risultati ottenuti dalla carbonatazione dei campioni prelevati

| Identificativo campione | Localizzazione (struttura) | Spessore strato carbonatato (mm) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 1,00 / 1,50 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 1,00 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 0,50 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 1,00 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 1,00 / 1,50 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 1,00 / 1,50 |

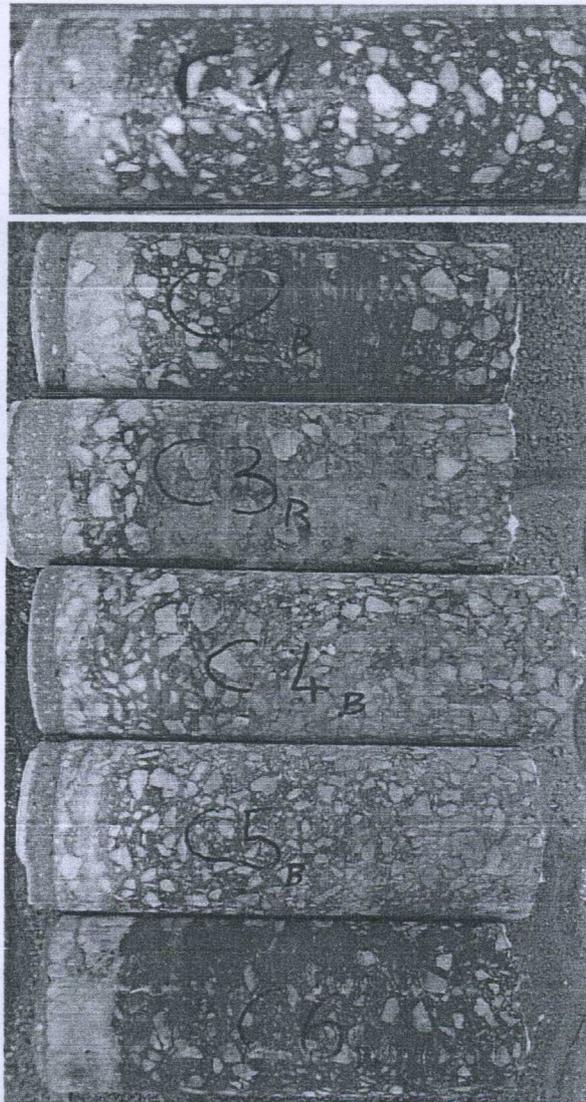


Figura 2-3 Carote prelevate e soggette ad una soluzione alcolica di fenolftaleina all'1% di etanolo

Tabella 2-1 Riepilogo dei risultati ottenuti dalla carbonatazione dei campioni prelevati

| Identificazione campione | Identificazione campione | Spessore strato iniziale carbonatato [cm] |
|--------------------------|--------------------------|---|
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 3,00 / 3,50 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 3,00 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 0,50 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 1,00 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 2,00 / 2,50 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 3,00 / 3,50 |

Carotaggio C1B

Elemento soggetto a prova

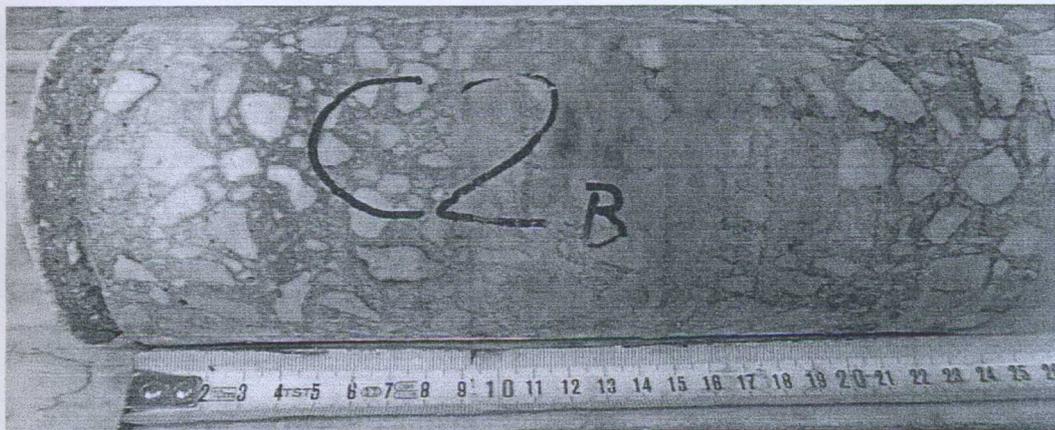
Pilastro - Piano Terra



Carotaggio C2B

Elemento soggetto a prova

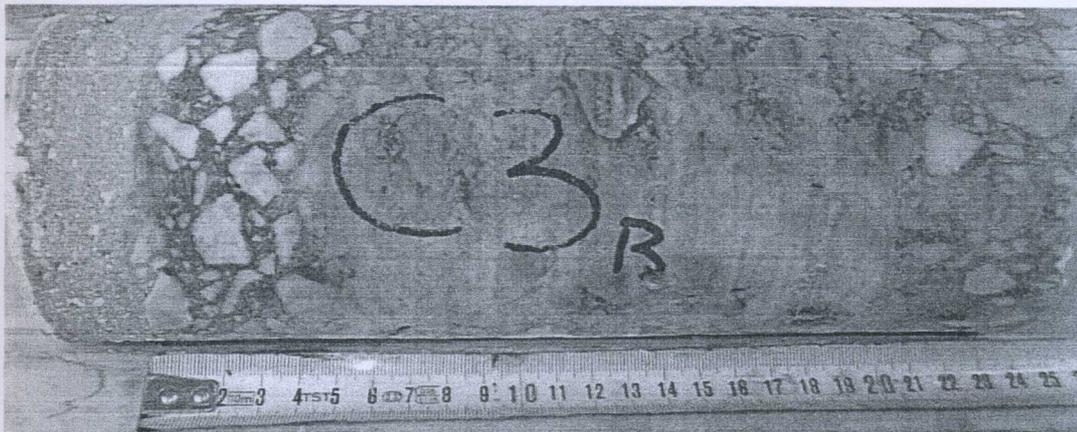
Trave - Piano Terra



Carotaggio C3B

Elemento soggetto a prova

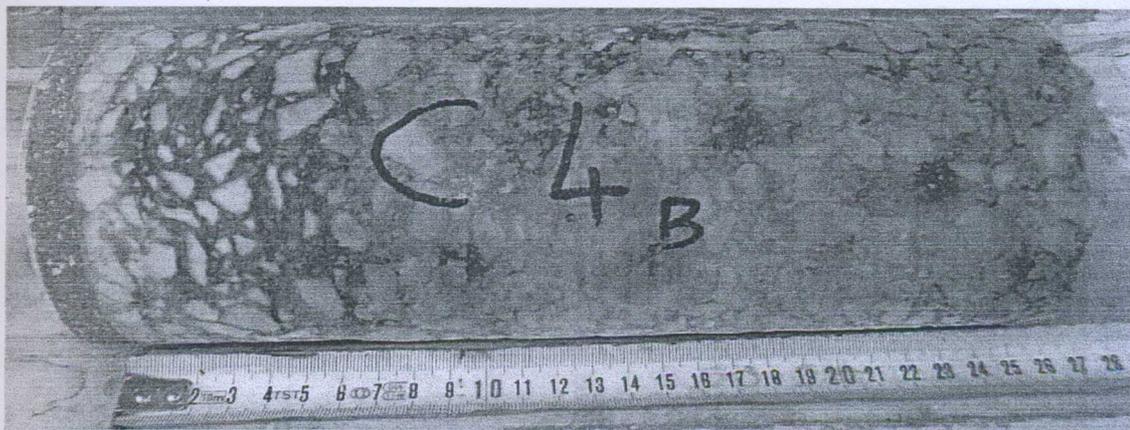
Pilastro - Piano Terra



Carotaggio C4B

Elemento soggetto a prova

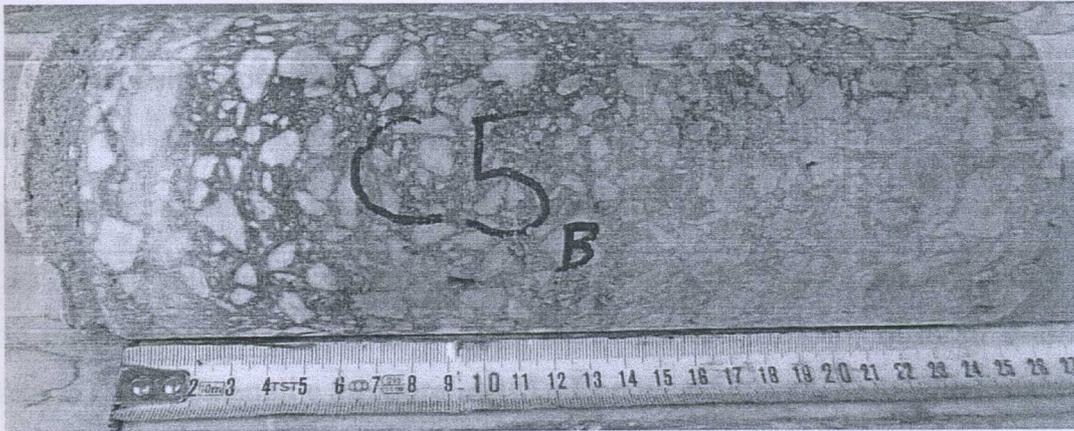
Pilastro - Piano Terra



Carotaggio C5B

Elemento soggetto a prova

Trave - Piano Terra



Carotaggio C6B

Elemento soggetto a prova

Trave - Piano Terra





2.3 Prova di compressione monoassiale

Le carote prelevate, dopo essere state rettificata a cilindri, sono state inviate presso il 'Laboratorio Prove Materiali e Strutture' dell'Università degli Studi di Reggio Calabria. Sui provini è stata eseguita prova per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale applicando un carico verticale mediante macchina universale RMU Testing Equipment con gradiente di carico pari a circa $0.49 + 0.19$ MPa/sec.

I risultati delle prove sono riportati negli allegati certificati che costituiscono parte integrante del presente rapporto.

2.4 Determinazione della massa volumica apparente

La massa volumica apparente sui provini rettificati è stata determinata come rapporto tra la massa ed il volume dei provini cilindrici rettificati, misurati presso il 'Laboratorio Prove Materiali e Strutture' dell'Università degli Studi di Reggio Calabria.

2.5 Rapporto tra resistenza cilindrica e cubica

In letteratura esistono diverse relazioni per rapportare la resistenza della carota a quella che si otterrebbe da provini cilindrici prelevati dallo stesso getto. Di seguito si riportano alcune formulazioni tra le più accreditate ed avanzate norme e linee guida presenti oggi in Italia. Tutti i metodi presenti in letteratura per la valutazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo attribuiscono a ciascuno dei fattori importanza diversa, ne consegue che i vari procedimenti possono portare allo stesso risultato numerico o, al contrario, a risultati numerici differenti in base al valore attribuito ad ogni parametro.

2.5.1 Servizio Sismico Nazionale

La letteratura più recente (Servizio Sismico Nazionale – Rapporto Finale – Convenzione per l'individuazione delle tipologie di prove e degli Enti erogatori dei servizi per il progetto di laboratorio di prove sperimentali del Servizio Sismico Nazionale – febbraio 2000; Associazione Italiana Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica – Il giornale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica n.1/2002, pagg. 34-44)

sulla base di numerose prove sperimentali, consiglia di adottare la seguente relazione per rapportare la resistenza della carota a quella che si otterrebbe da provini cilindrici prelevati dallo stesso getto.

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = (1,5 \cdot K \cdot R(\text{carota})) / (1,5 + 1/n)$$

in cui

K = 2 per perforazioni verticali

K = 1,84 per perforazioni orizzontali

n = rapporto h/d carota

Definita la resistenza cilindrica in funzione di quella della carota estratta bisogna apportare un'ulteriore correzione per ottenere la resistenza cubica.

La resistenza cubica R_c può essere assunta pari a $f_c/0,83$. Questo è dovuto al fatto che le dimensioni dei provini cubici sono superiori a quelle dei provini cilindrici e che nei primi subentrano effetti di 'cerchiatura' che ne esaltano la resistenza a compressione. La resistenza cubica a compressione del materiale in opera può, in conclusione porsi pari a:

$$R_c = (1,5 \cdot K \cdot R(\text{carota})) / [0,83 \cdot (1,5 + 1/n)]$$

2.5.2 Istruzioni Tecniche – Regione Toscana

La Regione Toscana, Giunta Regionale Settore - Servizio Sismico Regionale, nel luglio 2004 ha emanato delle linee guida inerenti la vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato e in particolare "Istruzioni Tecniche - Criteri per lo svolgimento di indagini diagnostiche finalizzate alla valutazione della qualità dei materiali in edifici esistenti in cemento armato".

In tali linee guida, All. M.2 – Metodo diretto (Carotaggio), sono riportate alcune formulazioni, presenti in letteratura, che attraverso dei coefficienti correttivi applicati alla resistenza della carota prelevata in situ, consentono di ottenere sia il valore di resistenza del cls in situ, ovvero resistenza di un provino cubico standard al momento del carotaggio sulla struttura esaminata, sia la resistenza cubica convenzionale, ovvero la resistenza del calcestruzzo a 28 giorni, ottenuta da cubi confezionati al momento del getto in opera e maturati in condizioni standard.

A - METODO PROPOSTO DALLE BRITISH STANDARD (BS) 1881 PART. 120:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ del cls:

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = R1 \cdot R(\text{carota})$$

in cui R1 è un fattore correttivo che tiene conto della snellezza della carota, variabile da 0,92 (per rapporti di snellezza pari a 1) ed 1 (per rapporti di snellezza pari a 2), desunto dalla curva fornita dalle BS 1881

$$R_c = 1,25 \cdot R1 \cdot R(\text{carota})$$

B - METODO PROPOSTO DALLA CONCRETE SOCIETY:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ e la Resistenza Cubica Convenzionale del cls:

$$R_c = 1,25 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

in cui:

n è il rapporto di snellezza della carota ($n = H/\phi$), variabile tra 1 e 2;

il coefficiente a numeratore vale 2 per il passaggio alla resistenza cilindrica a partire da quella della carota;

$$R_{c,\text{conv}} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

C - METODO RIPORTATO SULL'ARTICOLO DI CESTELLI GUIDI:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ e la Resistenza Cubica Convenzionale del cls:

$$R_c = 1,2 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

in cui:

n è il rapporto di snellezza della carota ($n = H/\phi$), variabile tra 1 e 2;

il coefficiente 2 fornisce la resistenza cilindrica a partire da quella della carota;

$$R_{c,\text{conv}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

Si ricorda che la normativa tecnica italiana non richiede espressamente l'utilizzo di una delle tre formule, né specifica se utilizzare come valore di riferimento la Resistenza cubica in situ o la Resistenza cubica convenzionale. L'Ufficio Regionale della Regione Toscana ritiene preferibile considerare il valore ottenuto dalla Resistenza cubica in situ, che fornisce un dato più vicino alla reale condizione del calcestruzzo in opera. Spetta

comunque al Professionista o all'Ufficio Tecnico competente valutare e adottare la formula che meglio illustri la situazione.

2.5.3 Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti – Regione Basilicata

La Regione Basilicata nell'ottobre del 2005 ha emanato delle linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti. Nell'appendice C – *Indagini e metodi per la stima della resistenza del calcestruzzo in situ*, par. C.4 – La stima della resistenza del calcestruzzo in situ, è presente la procedura di elaborazione da adottare per ottenere la resistenza del calcestruzzo in esame

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = (C_{h/D} \cdot C_{\text{dia}} \cdot C_a \cdot C_d) \cdot R(\text{carota})$$

dove:

$C_{h/D}$ è il coefficiente correttivo per rapporti h/D diversi da 2, pari a $C_{h/D} = 2/(1.5 + D/h)$;

C_{dia} è il coefficiente correttivo relativo al diametro, da assumere pari a 1.06, 1.00 e 0.98 per D pari, rispettivamente, a 50, 100 e 150 mm;

C_a è il coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, variabile tra 1.03 per barre di piccolo diametro ($\varnothing 10$) a 1.13 per barre di diametro elevato ($\varnothing 20$).

C_d è il coefficiente correttivo per tener conto del disturbo arrecato alla carota nelle operazioni di estrazione, che si suggerisce di assumere pari a $C_d = 1.20$ per $f_{\text{car}} < 20$ MPa, e $C_d = 1.10$ per $f_{\text{car}} > 20$ MPa.

Nelle tabelle riepilogative relative ai prelievi di calcestruzzo vengono riportati i valori di resistenza cubica ottenuti applicando le relazioni suddette ai valori di resistenza a rottura a compressione misurati sui campioni prelevati nel corso delle indagini.

Tabella 2-2 Riepilogo dei Risultati di Laboratorio ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Massa [kg] | Dimensioni provino [cm] | | Area sezione [cm ²] | Tensione di rottura [N/mm ²] |
|--------------------------------------|------------------------|------------|-------------------------|---------|---------------------------------|--|
| | | | diametro | altezza | | |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 2,876 | 9,4 | 18,8 | 69,36 | 26,64 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 2,872 | 9,4 | 18,9 | 69,36 | 22,71 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 2,775 | 9,4 | 18,9 | 69,36 | 12,11 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 2,240 | 9,4 | 16 | 69,36 | 9,82 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 2,787 | 9,4 | 18,8 | 69,36 | 17,91 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 2,864 | 9,4 | 18,9 | 69,36 | 25,69 |

Tabella 2-3 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini Elaborazione Sistema Sismico Nazionale

| Sistema Sismico Nazionale | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Tensione di rottura [N/mm ²] | f _c [N/mm ²] | R _{cm} [N/mm ²] |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 26,64 | 36,77 | 44,30 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 22,71 | 31,38 | 37,80 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 12,11 | 16,73 | 20,16 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 9,82 | 12,98 | 15,64 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 17,91 | 24,71 | 29,77 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 25,69 | 35,50 | 42,77 |

Tabella 2-4 . Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

Elaborazione Regione Toscana

| Regione Toscana | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Tensione di rottura [N/mm ²] | Resistenza media in situ | | Resistenza media convenzionale | |
| | | | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 26,64 | 26,98 | 32,50 | 37,95 | 45,72 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 22,71 | 23,02 | 27,73 | 32,39 | 39,02 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 12,11 | 12,28 | 14,79 | 17,27 | 20,81 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 9,82 | 9,58 | 11,55 | 13,40 | 16,14 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 17,91 | 18,13 | 21,84 | 25,50 | 30,73 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 25,69 | 26,04 | 31,38 | 36,64 | 44,15 |

Tabella 2-5 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

Elaborazione Regione Basilicata

| Regione Basilicata | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Tensione di rottura [N/mm ²] | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 26,64 | 29,31 | 35,31 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 22,71 | 25,01 | 30,13 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 12,11 | 14,55 | 17,53 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 9,82 | 11,29 | 13,60 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 17,91 | 21,49 | 25,89 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 25,69 | 28,30 | 34,09 |

Tabella 2-4 . Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

Elaborazione Regione Toscana

| Regione Toscana | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Tensione di rottura [N/mm ²] | Resistenza media in situ | | Resistenza media convenzionale | |
| | | | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 26,64 | 26,98 | 32,50 | 37,95 | 45,72 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 22,71 | 23,02 | 27,73 | 32,39 | 39,02 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 12,11 | 12,28 | 14,79 | 17,27 | 20,81 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 9,82 | 9,58 | 11,55 | 13,40 | 16,14 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 17,91 | 18,13 | 21,84 | 25,50 | 30,73 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 25,69 | 26,04 | 31,38 | 36,64 | 44,15 |

Tabella 2-5 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

Elaborazione Regione Basilicata

| Regione Basilicata | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| Sigla di identificazione del provino | Elemento strutturale | Tensione di rottura [N/mm ²] | fc [N/mm ²] | Rcm [N/mm ²] |
| C1B | Pilastro - Piano Terra | 26,64 | 29,31 | 35,31 |
| C2B | Trave - Piano Terra | 22,71 | 25,01 | 30,13 |
| C3B | Pilastro - Piano Terra | 12,11 | 14,55 | 17,53 |
| C4B | Pilastro - Piano Terra | 9,82 | 11,29 | 13,60 |
| C5B | Trave - Piano Terra | 17,91 | 21,49 | 25,89 |
| C6B | Trave - Piano Terra | 25,69 | 28,30 | 34,09 |