

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DI EDIFICI DEL COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA

OPCM 3274/2003

OPCM 3362/2004

Scuola Media "UGO FOSCOLO"

| | | |
|---|---|---|
| Allegato n. 1B.R3 | Elaborato: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | Scala: Data: Febbraio 2010 |
| Attività tecnico amministrative di supporto: Ing. Attilio Rocco Bixio (Capogruppo) Ing. Antonio Bixio Ing. Gennaro Di Iorio Ing. Giuseppe Di Iorio Ing. Francesco Emanuele Franculli Ing. Rocco Vito Mistrulli | | |
| Il Dirigente dell'Ufficio Tecnico: <i>Ing. Sabino Germinario</i> | Il R.U.P.: <i>Ing. Sabino Germinario</i> | |

INTRODUZIONE

Per la caratterizzazione dei materiali strutturali, l'Amministrazione Comunale aveva già a disposizione i risultati di alcune indagini strutturali, effettuate nel 2003 dal laboratorio autorizzato "ISPEC Puglia" di Barletta (cfr. Rapporto di Prova n. 95409 del 22/5/2003), consistenti in:

- n. 2 prove a compressione su provini cilindrici prelevati in situ;
- n. 20 indagini sclerometriche ed ultrasoniche, i cui risultati sono stati elaborati con il metodo "SONREB"

Ad integrazione di tali indagini, il laboratorio GIEPI ha svolto, nel 2009, una serie di ulteriori indagini, consistenti in:

- n. 9 prove a compressione su cilindrici prelevati in situ;
- n. 1 prova a trazione su una barra di armatura anch'essa prelevata in situ;
- n. 17 test sclerometrici e n. 10 ultrasonici, i cui risultati sono stati in seguito elaborati secondo il metodo "SONREB".

In base al numero di saggi ed alle prove effettuate sulla struttura, ed in relazione alla disponibilità degli elaborati strutturali completi e dei certificati di prova dei materiali originali, si può assegnare ad essa il livello di conoscenza **LC2**, per cui il fattore di confidenza da utilizzare nelle verifiche è pari ad **1.20**.

Prove distruttive (carotaggi)

Le resistenze misurate direttamente dallo schiacciamento delle carote risentono di diversi fattori, con risultati generalmente differenti da quelli ottenuti su provini standard. In particolare, esse sono influenzate da:

- modalità di preparazione e di stagionatura;
- posizione del campione nell'elemento strutturale;
- disturbo arrecato al campione durante le operazioni di prelievo;
- dimensioni delle carote;
- eventuale presenza di armature nel campione.

Alcuni fattori tendono a far sottostimare ed altri a sovrastimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Per correggere tali differenze si è fatto ricorso a coefficienti correttivi opportunamente calibrati, mostrati di seguito.

Pertanto, per convertire le N resistenze ottenute sulle carote $f_{car,i}$ nelle corrispondenti resistenze in-situ $f_{cis,i}$ è stata adottata la seguente relazione:

$$f_{cis,i} = (C_{h/D} * C_{dia} * C_a * C_d) f_{car,i}$$

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 ed ottenuto per interpolazione per diametri intermedi;

C_a è il coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, pari ad 1 in assenza di armature e variabile tra 1.03 per barre di piccolo diametro (ϕ 10) a 1.13 per barre di diametro elevato (ϕ 20).

C_d è il coefficiente correttivo per tener conto del disturbo arrecato alla carota nelle operazioni di estrazione, pari ad 1.20 per $f_{car} < 20$ MPa e ad 1.10 per $f_{car} > 20$ MPa.

Dalle resistenze cilindriche $f_{cis,i}$ così ottenute è stato possibile ricavare la resistenza cilindrica media sull'intera struttura f_{cm} . Tutti i valori calcolati e i coefficienti utilizzati sono riportati nella tabella 1.

Tabella 2.1 – Risultati delle prove distruttive (carotaggi)

| Data | Provino | D [cm] | H [cm] | f_{car} [MPa] | $C_{h,d}$ | C_{dia} | C_a | C_d | $f_{cis,i}$ [MPa] | f_{cm} [MPa] |
|------------|---------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-------------------|
| 22/05/2003 | C1 | 7.5 | 14.9 | 30 | 0.998 | 1.025 | 1 | 1.1 | 33.8 | 22.18 |
| 22/05/2003 | C2 | 7.5 | 12.6 | 11.1 | 0.955 | 1.025 | 1 | 1.2 | 13.0 | |
| 10/09/2009 | C01 | 9.5 | 23.9 | 24.95 | 1.054 | 1.004 | 1 | 1.1 | 29.0 | |
| 10/09/2009 | C02 | 9.5 | 17.3 | 16.3 | 0.976 | 1.004 | 1 | 1.2 | 19.2 | |
| 10/09/2009 | C03 | 9.5 | 22 | 26.22 | 1.035 | 1.004 | 1 | 1.1 | 30.0 | |
| 10/09/2009 | C04 | 9.5 | 22.2 | 27.78 | 1.037 | 1.004 | 1 | 1.1 | 31.8 | |
| 10/09/2009 | C05 | 9.5 | 24.4 | 18.5 | 1.059 | 1.004 | 1 | 1.2 | 23.6 | |
| 10/09/2009 | C06 | 9.5 | 16.3 | 12.05 | 0.960 | 1.004 | 1 | 1.2 | 13.9 | |
| 10/09/2009 | C07 | 9.5 | 22.8 | 9.14 | 1.043 | 1.004 | 1 | 1.2 | 11.5 | |
| 10/09/2009 | C08 | 9.5 | 23.7 | 10.56 | 1.052 | 1.004 | 1 | 1.2 | 13.4 | |
| 10/09/2009 | C09 | 9.5 | 23.9 | 19.42 | 1.054 | 1.004 | 1 | 1.2 | 24.7 | |

Prove distruttive: armature

Le caratteristiche tipologiche e meccaniche degli acciai sono state determinate attraverso il prelievo di n° 1 barra di armatura sottoposta a prova di trazione; nella *Tabella 2* è riportato il relativo risultato.

Tabella 2 –Caratteristiche meccaniche degli acciai prelevati.

| N° | TIPO DI BARRA | DIAMETRO | TENSIONE DI SNERVAMENTO (f_y) | TENSIONE ROTTURA (f_t) | f_t/f_y | ALLUNGAM. A ROTTURA (A5) |
|----------------|---------------|----------|---|----------------------------------|-----------|-----------------------------|
| | | [mm] | [MPa] | [MPa] | | [%] |
| F ₁ | Tonda liscia | 13.80 | 457.01 | 666.80 | 1,46 | 21 |

Prove non distruttive (Metodo SonReb)

Ad integrazione e completamento dei risultati delle prove di schiacciamento sulle carote, sono state eseguite alcune prove non distruttive, consistenti in test sclerometrici ed ultrasonici, i cui risultati sono stati in seguito elaborati secondo il metodo "SONREB".

Le prove sclerometriche consistono nella misurazione dell'altezza di rimbalzo di una massa battente in acciaio proiettata con una data energia verso la superficie di prova. Si ottiene così un indice di rimbalzo **Ir**, da cui si risale alla resistenza del calcestruzzo mediante relazioni che legano le due.

Nel caso in esame, le prove sono state effettuate eseguendo una serie di dodici letture su ogni elemento strutturale oggetto di prova e calcolando la media dei relativi indici di rimbalzo, dopo aver scartato i due valori estremi.

Le prove ultrasoniche vengono effettuate misurando il tempo impiegato da una serie di onde di frequenza assegnata per attraversare un mezzo compreso tra due trasduttori: un trasmettente ed un ricevente. Essendo nota la distanza tra i due trasduttori, si ottiene la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo, dalla quale si riesce a risalire alla resistenza, mediante relazioni che correlano queste due grandezze.

I risultati delle prove ultrasoniche sono influenzati da una serie di fattori, tra cui soprattutto il contenuto di umidità, l'età del calcestruzzo, lo stato di sollecitazione, il tipo e la dimensione degli inerti e la presenza di armature.

Il metodo SonReb è basato sulla combinazione di prove ultrasoniche e sclerometriche (SONic + REBound).

I risultati delle prove sclerometriche sono essenzialmente legati alle proprietà dello strato superficiale; quelli delle prove ultrasoniche, al contrario, sono fortemente influenzati dalle caratteristiche interne del materiale.

Inoltre l'indice sclerometrico diminuisce all'aumentare del contenuto di umidità ed aumenta con l'età del conglomerato, viceversa la velocità ultrasonica aumenta con il contenuto di umidità e diminuisce con l'età del calcestruzzo. Pertanto, l'uso delle due metodologie in maniera combinata, secondo il metodo SONREB, permette di compensare gli errori inevitabilmente commessi utilizzandole separatamente.

Il metodo combinato comporta la valutazione, sugli stessi elementi strutturali, dei valori locali sia della velocità ultrasonica, sia dell'indice sclerometrico, a partire dai quali è possibile ottenere la resistenza cubica a compressione del calcestruzzo R_c [N/mm²] mediante espressioni del tipo:

$$R_c = a \cdot Ir^b \cdot V^c$$

Dove **Ir** è l'indice di rimbalzo, **V** è la velocità delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo in m/s, mentre a, b e c sono dei coefficienti ricavati sperimentalmente e disponibili in letteratura, i cui valori vengono posti pari a (Del Monte et al., 2004):

$$a = 4.4 \times 10^{-7}$$

$$b = 1.127$$

$$c = 1.690$$

Con la succitata relazione è possibile stimare le resistenze R_c , e dunque anche le resistenze cilindriche f_{cis} anche nei punti in cui siano state effettuate solo prove non distruttive, in modo da determinare il valore medio della resistenza del calcestruzzo in esame utilizzando un campione più ampio e rappresentativo.

I risultati delle prove non distruttive in termini di indice di rimbalzo e velocità ultrasonica sono riportati nella tabella 3.

Tabella 3 – Risultati delle prove non distruttive (SONREB)

| DATA | TEST | INDICE MEDIO DI RIMBALZO (S) | VELOCITA' ULTRASUONI (V) | R _c | f _c |
|------------|-------------|------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| | | | [m/sec] | [MPa] | [MPa] |
| 22/05/2003 | Pilastro 1 | 31.5 | 3478.3 | 20.75 | 17.28 |
| 22/05/2003 | Pilastro 2 | 31.6 | 3538.3 | 21.43 | 17.85 |
| 22/05/2003 | Pilastro 3 | 34.1 | 3802.3 | 26.37 | 21.97 |
| 22/05/2003 | Pilastro 4 | 35.2 | 3571.3 | 24.59 | 20.48 |
| 22/05/2003 | Pilastro 5 | 36.3 | 3691 | 26.91 | 22.42 |
| 22/05/2003 | Pilastro 6 | 35.2 | 3591.3 | 24.82 | 20.67 |
| 22/05/2003 | Pilastro 7 | 39.2 | 4026 | 33.99 | 28.31 |
| 22/05/2003 | Pilastro 8 | 43.2 | 5509.3 | 64.43 | 53.67 |
| 22/05/2003 | Pilastro 9 | 42.6 | 4991.3 | 53.68 | 44.71 |
| 22/05/2003 | Pilastro 10 | 43.3 | 4735.6 | 50.02 | 41.67 |
| 22/05/2003 | Pilastro 11 | 42.1 | 4093 | 37.88 | 31.55 |
| 22/05/2003 | Pilastro 12 | 40.8 | 4233.6 | 38.71 | 32.24 |
| 22/05/2003 | Pilastro 13 | 36 | 3921 | 29.53 | 24.60 |
| 22/05/2003 | Pilastro 14 | 36.6 | 3343.3 | 22.98 | 19.14 |
| 22/05/2003 | Pilastro 15 | 39.3 | 3336.6 | 24.82 | 20.67 |
| 22/05/2003 | Pilastro 16 | 42.2 | 3637.3 | 31.11 | 25.91 |
| 22/05/2003 | Pilastro 17 | 42.1 | 4115 | 38.22 | 31.84 |
| 22/05/2003 | Pilastro 18 | 43.2 | 4199.6 | 40.73 | 33.92 |
| 22/05/2003 | Pilastro 19 | 40.4 | 4070 | 35.81 | 29.83 |
| 22/05/2003 | Pilastro 20 | 41.7 | 4107.6 | 37.70 | 31.40 |
| 10/09/2009 | SC1-U1 | 36.9 | 3980 | 31.14 | 25.94 |
| 10/09/2009 | SC2-U2 | 33.6 | 3390 | 21.36 | 17.80 |
| 10/09/2009 | SC3-U3 | 32.6 | 4110 | 28.59 | 23.82 |
| 10/09/2009 | SC4-U4 | 34.8 | 4160 | 31.41 | 26.17 |
| 10/09/2009 | SC5-U5 | 34.4 | 3650 | 24.86 | 20.70 |
| 10/09/2009 | SC6-U6 | 25.9 | 3570 | 17.39 | 14.48 |
| 10/09/2009 | SC7-U7 | 27.4 | 3030 | 14.04 | 11.70 |
| 10/09/2009 | SC8-U8 | 28.7 | 3340 | 17.44 | 14.53 |
| 10/09/2009 | SC9-U9 | 26.2 | 4260 | 23.75 | 19.78 |
| 10/09/2009 | SC10-U10 | 31 | 3480 | 20.39 | 16.99 |
| | | | MEDIA | 30.49 | 25.40 |