

**INDAGINI SPERIMENTALI EFFETTUATE SULLE STRUTTURE DELLA
R.S.A. "EMANUELE E GIUSEPPINA CORDIOLI"
MARMIROLO – MANTOVA**

INTERPERTAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE

PREMESSA

Su incarico della Fondazione Onlus "Mons. Arrigo Mazzali" con sede in Via Trento n.10 a Mantova, nei giorni 21 e 22 giugno 2010, alla presenza del sottoscritto Ingegnere, la Ditta 4Emme Service sede di Verona, ha effettuato una serie di indagini sperimentali sulle strutture e sui materiali della R.S.A. "Emanuele e Giuseppina Cordioli" posta in Via Gavioli n.10 a Marmirolo (MN), di proprietà del Comune di Marmirolo ed attualmente gestita dalla Fondazione Onlus "Mons. Arrigo Mazzali" stessa.

Si tratta di un edificio di quattro piani (terra, primo, secondo, sottotetto), realizzato con un telaio in getto di c.a. in opera e solai di tipo tradizionale misti in laterizio e c.a.; il progetto strutturale è dell'Ing. Guido Ortolani, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Como al n. 651, ed il deposito della denuncia delle opere strutturali al Comune di Marmirolo è avvenuto in data 08 luglio 1999 con protocollo 11017.

Lo scopo delle indagini effettuate è stato quello di verificare la corrispondenza tra le opere strutturali realizzate e quelle progettate, in particolare per quanto riguarda la resistenza del calcestruzzo e la portata dei solai.

La scelta delle zone in cui effettuare sondaggi e prove è stata condizionata dall'esigenza di non arrecare troppo disturbo alla normale attività della residenza; sono state pertanto escluse a priori le stanze di degenza, e le indagini si sono concentrate nelle zone comuni e nel sottotetto.

In particolare, sono stati effettuati dei prelievi di campioni di calcestruzzo da travi e pilastri dei vari piani, sono state eseguite delle indagini ultrasoniche, è stata effettuata una prova di carico sul solaio della sala da pranzo al primo piano e sono state effettuate delle indagini pachometriche.

Le modalità d'esecuzione delle prove e delle indagini e le caratteristiche della strumentazione utilizzata sono dettagliatamente riportate nella relazione della 4Emme Service (Prove n. 3722÷3724/VR), che si considera parte integrante del presente documento.

PROVE SUL CALCESTRUZZO

Sono state prelevate delle carote di calcestruzzo per effettuare delle prove di compressione in laboratorio e sono state effettuate delle indagini ultrasoniche sia sugli elementi strutturali sia sui campioni estratti.

Per quanto possibile, i carotaggi per prelevare i campioni di calcestruzzo sono stati distribuiti tra i vari piani in modo uniforme, ed infatti sono stati effettuati quattro carotaggi

Fondazione Mons. A. Mazzali - ONLUS
Protocollo n. 000 6745 del 16/10/2010



8.1.7

nel sottotetto, quattro carotaggi nei pilastri a doppia altezza tra primo e secondo piano, quattro carotaggi al piano terra.

Le posizioni in cui sono stati prelevati i campioni sono riportate nella relazione della 4Emme Service, alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

I provini cilindrici estratti sono stati sottoposti a prova di compressione in laboratorio, i risultati delle prove sono riassunti nella tabella seguente; in essa, nelle ultime tre colonne, è riportata la resistenza cubica valutata secondo tre diverse normative.

CAMPIONE	Ubicazione Prova	Rcil [N/mm ²]	h [mm]	d [mm]	h/d	Rcub ASTM [N/mm ²]	Rcub BS [N/mm ²]	Rcub DM2008 [N/mm ²]
C1	Sottotetto	39,50	148	74	2	47,59	49,38	47,59
C2	Sottotetto	27,20	148	74	2	32,77	34,00	32,77
C4	Sottotetto	32,90	147	74	1,99	39,64	41,07	39,64
C6	Sottotetto	33,40	147	74	1,99	40,24	41,70	40,24
C8	Piano 2°	35,60	148	74	2	42,89	44,50	42,89
C9	Piano 2°	32,10	148	74	2	38,67	40,13	38,67
C10	Piano 1°	21,90	148	74	2	26,39	27,38	26,39
C12	Piano 1°	31,30	147	74	1,99	37,71	39,08	37,71
C15	Piano terra	51,70	148	74	2	62,29	64,63	62,29
C16	Piano terra	35,70	148	74	2	43,01	44,63	43,01
C17	Piano terra	30,00	74	74	1	32,89	30,00	36,14
C18	Piano terra	39,50	148	74	2	47,59	49,38	47,59

Secondo il D.M. 14.01.2008, la resistenza cubica è ottenuta a partire da quella cilindrica attraverso la relazione $R_{cub} = R_{cil}/0.83$; le norme A.S.T.M. introducono un fattore correttivo F_c e la relazione che lega la resistenza su cilindri a quella su cubi è $R_{cub} = F_c \cdot R_{cil}/0.83$ in cui F_c assume i valori della seguente tabella:

h/d	F_c
2	1
1.75	0.99
1.5	0.97
1.25	0.94
1	0.91

La resistenza cubica può essere ricavata a partire da quella cilindrica anche mediante la relazione $R_{cub} = R_{cil} \cdot 2.5 / (1.5 + d/h)$ delle norme British Standard.

Per valutare la resistenza del calcestruzzo si determina la resistenza di ciascun prelievo che, a favore di sicurezza, si considera costituito dai due provini che ad ogni piano hanno fornito la resistenza minore (il primo ed il secondo piano vengono considerati un piano unico in quanto i pilastri oggetto di carotaggio sono a doppia altezza).

Si ottengono le resistenze del prelievo R indicate nella tabella che segue:

Ubicazione Prova	R ASTM [N/mm ²]	R BS [N/mm ²]	R DM2008 [N/mm ²]
Sottotetto	36,21	37,54	36,21
Piano 1° e 2°	32,05	33,23	32,05
Piano terra	37,95	37,32	39,58

La resistenza minima dei prelievi è $R1 = 32.05 \text{ N/mm}^2$ (secondo la correlazione delle norme A.S.T.M.), mentre la resistenza media dei prelievi è $Rm = 35.40 \text{ N/mm}^2$ (sempre secondo la correlazione delle norme A.S.T.M.).

Il progetto prevede l'utilizzo di calcestruzzo con $R_{ck} 28 \text{ N/mm}^2$, pertanto in base ai risultati delle prove di schiacciamento condotte ed a quanto sopra esposto si ottiene:

$$R1 > 28 - 3.5 = 24.5 \text{ N/mm}^2$$

$$Rm > 28 + 3.5 = 31.5 \text{ N/mm}^2$$

Le condizioni di cui alla tabella 11.2.I del D.M. 14.01.2008 sono entrambe soddisfatte, quindi si può ritenere il calcestruzzo messo in opera conforme a quanto stabilito dal progetto.

I risultati delle indagini ultrasoniche sulle strutture sono riportati nella tabella seguente.

CAMPIONE	Ubicazione Prova	Velocità media [m/s]
U1	Sottotetto	4347
U3	Sottotetto	3923
U5	Sottotetto	4323
U7	Sottotetto	4278
U10	Piano 1°	4010
U11	Piano 1°	3970
U12	Piano 1°	4228
U13	Piano 1°	3938
U14	Piano 1°	3900

Nella tabella che segue sono riportati i risultati delle indagini ultrasoniche sulle carote estratte .

CAMPIONE	Ubicazione Prova	Velocità media [m/s]
C1	Sottotetto	4192
C2	Sottotetto	3732
C4	Sottotetto	3890
C6	Sottotetto	3944
C8	Piano 2°	4370
C9	Piano 2°	4351
C10	Piano 1°	4015

SL

C12	Piano 1°	4120
C15	Piano terra	4863
C16	Piano terra	4307
C17	Piano terra	4203
C18	Piano terra	4597

La media dei valori misurati della velocità di propagazione è di 4167 m/s, che corrisponde all'incirca al valore della velocità di propagazione dei provini C1 e C12 i quali hanno fornito, rispettivamente, valori di resistenza su cubi pari a 47.5 N/mm² e 37.7 N/mm².

Anche in base ai risultati delle prove ultrasoniche è quindi possibile asserire che il calcestruzzo messo in opera è conforme a quanto stabilito dal progetto.

PROVA DI CARICO

La prova di carico è stata effettuata sul primo solaio e in base a quanto è stato possibile verificare in sito si tratta di una porzione di solaio con luce di 5.00m, appoggiato su due travi in spessore di solaio.

Poiché nella documentazione allegata alla denuncia dei c.a. mancano proprio i disegni relativi al primo solaio, non è possibile stabilire se la struttura realizzata corrisponde a quella progettata.

La prova di carico è stata condotta applicando una forza concentrata, calcolata in modo da produrre lo stesso momento flettente in mezzeria prodotto da un carico distribuito di 5 KN/m².

Per i solai di piano il progetto prevede (coerentemente con le prescrizioni normative) che, oltre al peso proprio ed ai carichi permanenti, agisca un carico variabile di 3 KN/m², pertanto durante la prova è stato applicato un carico superiore del 66% a quello di progetto.

La forza concentrata è stata applicata utilizzando un martinetto che ha trasferito il peso del solaio superiore lungo la linea di carico del solaio esaminato.

Al piano terra sono stati posizionati su aste telescopiche i sensori di spostamento, mediante i quali sono stati misurati gli abbassamenti del solaio durante l'applicazione del carico.

Sono stati effettuati 4 cicli di carico-scarico facendo crescere la forza applicata dal valore 0 al valore massimo di 30 KN con incrementi di 5 KN per ogni passo di carico.

Le modalità di applicazione della forza, le caratteristiche degli strumenti utilizzati ed i risultati della prova sono riportati nella relazione della 4Emme Service sopra citata, alla quale si rimanda per ogni dettaglio.

Poiché durante la prova le deformazioni sono cresciute all'incirca proporzionalmente ai carichi applicati; poiché nel corso della prova non si sono prodotte lesioni, deformazioni o

dissesti che abbiano compromesso la sicurezza e la conservazione dell'opera; poiché la freccia massima misurata in mezzeria è pari a 0.20mm cioè 1/25000 della luce; poiché la deformazione residua nella mezzeria del solaio alla fine della prova è pari a 0.01mm, cioè il 5% di quella massima misurata (pari a 0.20mm), il sottoscritto ritiene che il solaio oggetto della prova sia staticamente idoneo per resistere ai carichi di progetto.

INDAGINI PACHOMETRICHE

Nelle posizioni 16-17-18, che corrispondo a muri in c.a. del piano terra, così come riportate nelle planimetrie della relazione della 4Emme Service, con l'ausilio di un pachometro, è stata rilevata la posizione delle armature ed è stato stimato il diametro delle stesse.

In base a quanto riportato nei disegni di progetto, l'armatura dei muri in oggetto dovrebbe essere costituita da 1Ø12 ogni 25cm in verticale (pari a $4.52 \text{ cm}^2/\text{m}$) e da 1Ø8 ogni 30cm in orizzontale (pari a $1.67 \text{ cm}^2/\text{m}$).

Dall'indagine effettuata risulta quanto segue:

Elemento 16:	Armatura verticale	1Ø(14÷16)/48 pari a $3.20 \div 4.18 \text{ cm}^2/\text{m}$
	Armatura orizzontale	1Ø(12÷14)/50 pari a $2.26 \div 3.08 \text{ cm}^2/\text{m}$
Elemento 17:	Armatura verticale	2Ø(14÷16)/65 pari a $4.74 \div 6.18 \text{ cm}^2/\text{m}$
	Armatura orizzontale	1Ø(12÷14)/56 pari a $2.01 \div 2.75 \text{ cm}^2/\text{m}$
Elemento 16:	Armatura verticale	1Ø(18÷20)/35 pari a $7.27 \div 8.97 \text{ cm}^2/\text{m}$
	Armatura orizzontale	non rilevata

In base a quanto rilevato, si può asserire che i quantitativi d'armatura sono conformi a quelli previsti dal progetto, ma che il diametro dei tondini ed il loro passo non corrisponde con le prescrizioni progettuali.

CONCLUSIONI

Visti i risultati delle indagini sperimentali effettuate, in base all'interpretazioni dei risultati ed alle valutazioni sopra riportate, il sottoscritto Ingegnere ritiene che il calcestruzzo impiegato per realizzare l'opera sia conforme alle prescrizioni di progetto; che il solaio oggetto della prova sia staticamente idoneo per resistere ai carichi di progetto; che i quantitativi d'armatura dei muri al piano terra siano conformi alle previsioni del progetto anche se il diametro dei tondini ed il loro passo non corrispondono con le prescrizioni progettuali.

Mantova, li 30.07.2010



Ing. STEFANO MAZZOCCHI

STUDIO di INGEGNERIA