

RICERCHE & LABORATORI

Laboratorio Autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n° 45751 del 03.02.2000 ad effettuare prove ai sensi dell'art.20 Legge n. 1086 del 05.11.71

Laboratorio certificato SOA n° 2917/23/00 Categoria OS 21 II° classifica

PROVVEDITORATO ALLE OPERE PUBBLICHE PER LAZIO-ABRUZZO-SARDEGNA

COMUNE DI L'AQUILA

Indagini strutturali ai fini della verifica di agibilità degli edifici scolastici di tipo "B"

Prove di carico statico e accertamenti strutturali integrativi

DOSSIER INDAGINI

Scuola elementare "Pile Direzione"

Via Salaria Antica Est - L'Aquila



RAPPORTO

data	redatto da	approvato da
08.10.09		

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Quartaroli

Direzione Lavori:

Geom. Giampaolini, P.I. Stefanucci, Geom. Placidi

VIA PONTINA VECCHIA KM 33+800 - 00040 ARDEA (ROMA) - TEL/FAX 06 / 9100273
CAP. SOC. EURO 10.330,00 I.V. - C.C.I.A.A. 05558601000 C.F. E P.IVA 05558601000

e-mail: ricercheelaboratori@tiscali.it

Indice

1	Premessa	3
2	Descrizione del piano di indagine	4
2.1	Programma di prove concordato.....	4
2.2	Analisi delle proprietà meccaniche e dello stato di conservazione dei materiali	5
2.2.1	Verifiche ai sensi del D.M. 1086	5
2.2.2	Controlli non distruttivi.....	5
2.3	Prove di carico	8
2.3.1	Procedura di prova.....	9
2.3.2	Gravosità della prova.....	9
2.3.3	Disposizione dei punti di misura	9
2.3.4	Strumentazione.....	11
3	Descrizione delle indagini eseguite e risultati.....	14
3.1	Riepilogo e quantità delle indagini	14
3.2	Verifiche ai sensi del D.M. 1086	14
3.3	Controlli non distruttivi.....	15
3.3.1	Prove Son.Reb.....	15
3.3.2	Prove con pacometro.....	17
3.4	Prove di carico	17
3.4.1	Prova n° 1 su rampa di scale 1-2 piano parte "B".....	17
3.4.2	Prova n° 2 su solaio 1 piano parte "D"	18
3.4.3	Prova n° 3 su solaio 1 piano parte "A"	19
3.4.4	Prova n° 4 su solaio 1 piano parte "B"	20
4	Considerazioni sui risultati ottenuti	22
4.1	Verifiche ai sensi 1086 e controlli non distruttivi	22
4.2	Prove di carico	25
4.2.1	Prova n° 1 su rampa di scale 1-2 piano parte "B".....	25
4.2.2	Prova n° 2 su solaio 1 piano parte "D"	25
4.2.3	Prova n° 3 su solaio 1 piano parte "A"	26
4.2.4	Prova n° 4 su solaio 1 piano parte "B"	27
5	Documentazione fotografica.....	28

Allegati

<i>Descrizione</i>
<i>Planimetria con ubicazione dei punti di prova</i>
<i>Schede monografiche dei punti di prova</i>
<i>Schede prove Son.Reb.</i>
<i>Schede prove pacometro</i>
<i>Certificati prove di laboratorio ai sensi del D.M. 1086</i>
<i>Tabelle dati prove di carico (fasi di attività, letture strumentali, riepilogo risultati)</i>
<i>Documentazione fotografica prove di carico</i>
<i>Certificati di taratura sensori di spostamento</i>
<i>Certificato di calibrazione unità di acquisizione</i>
<i>Verbale di esecuzione delle prove</i>

Lista di distribuzione

<i>Riferimento</i>	<i>n. copie</i>	
	<i>cartacee</i>	<i>digitali</i>
<i>Provveditorato alle Opere Pubbliche per Lazio, Abruzzo, Sardegna</i>		<i>1</i>
<i>Protezione Civile</i>		<i>1</i>
<i>ReLUIS</i>		<i>1</i>
<i>Comune di L'Aquila</i>		<i>1</i>

1 Premessa

Premesso che la scuola elementare Pile Direzione sita in via Salaria Antica Est nel Comune di L'Aquila, nella fase preliminare di accertamento dei danni subiti a seguito dell'evento sismico del 06.04.2009, è risultato classificato come edifici di tipo "B", si è proceduto su incarico del Provveditorato alle Opere Pubbliche per Lazio, Abruzzo e Sardegna ad eseguire gli accertamenti statici necessari al fine di verificare la agibilità di detta struttura da utilizzare per l'imminente anno scolastico 2009–2010.

A tale scopo, il Provveditorato OO.PP., in qualità di Soggetto Attuatore degli interventi di recupero e ripristino di detti edifici, ai sensi del D.P.C.M. 29-Apr-09, art. 4 - comma 5, ha predisposto un piano di accertamenti statici finalizzati alla verifica prestazionale della struttura esistente, in accordo con i tecnici incaricati dalla Protezione Civile.

Le indagini nel plesso scolastico in esame hanno avuto inizio nei mesi Agosto-Settembre 09 con la supervisione della Direzione Lavori.

Le indagini sono state eseguite secondo il protocollo Prove Scuole fornito dal provveditorato.

Nel presente dossier vengono illustrate le metodologie di rilievo, la strumentazione utilizzata, le modalità di esecuzione e risultati delle prove eseguite sull'edificio della Scuola Elementare di Pile Direzione.

2 Descrizione del piano di indagine

2.1 Programma di prove concordato

Come da protocollo delle prove le indagini programmate si pongono due fondamentali obiettivi:

- analisi delle proprietà meccaniche e dello stato di conservazione dei materiali
- verifiche strutturali

Le metodologie di indagine previste sono pertanto:

1. *Analisi delle proprietà meccaniche e dello stato di conservazione dei materiali*

- Prove dirette
 - a. Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo
 - i. Prelievo di carote e analisi della resistenza a compressione in laboratorio
- Prove indirette
 - o Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo
 - Prove Son.Reb. (sclerometro, ultrasuoni)
 - o Identificazione delle barre di armatura e valutazione del copri ferro
 - Pacometro

2. *Prove strutturali*

- Elementi orizzontali – solai - prove di carico statico
- Scale - prove di carico statico

Al fine di ottimizzare il piano di indagine sono previste quindi prove non distruttive per la caratterizzazione dei materiali che integrino i risultati delle prove di laboratorio sulle carote prelevate in sito.

Il programma di prove concordato prescrive le seguenti quantità:

- Prove dirette: si prevede il prelievo di almeno n.1 carota per ogni 300mq di solaio di ogni piano.
- Prove indirette: Si prevede di indagare mediante prove non distruttive un numero di elementi non inferiore a 3 volte i campioni prelevati mediante carotaggio. In ogni caso viene previsto il rilievo non distruttivo su almeno n.5 pilastri e n.5 travi per ogni piano. Per ogni elemento indagato si prevedono:
 - o n.2 prove son.reb. (ad altezze pari a 1.0-2.0m da pavimento per i pilastri; 1/4 -1/2 della luce per le travi).

- n.2 prove con pacometro (ad altezze pari a 1.0-2.0m da pavimento per i pilastri; 1/4 - 3/4 della luce per le travi)
- Prove strutturali: per ogni singolo edificio sono previste n.1 prova di carico su solaio e n.1 prova di carico su una rampa di scale

In seguito vengono riportate le specifiche tecniche per ogni singolo metodo di indagine.

2.2 Analisi delle proprietà meccaniche e dello stato di conservazione dei materiali

2.2.1 Verifiche ai sensi del D.M. 1086

Vengono prelevati campioni di calcestruzzo mediante carotatura avente diametro pari 100mm. I campioni prelevati ove possibile vengono prelevati con lunghezza pari a 25cm al fine di ottenere due campioni con rapporto lunghezza/diametro pari a 1 da sottoporre a prova di rottura in di laboratorio per la determinazione della resistenza a compressione.

Il prelievo delle carote viene effettuato mediante carotatrice elettrica Hilti e corona diamantata con diametro interno pari 100mm.

2.2.2 Controlli non distruttivi

2.2.2.1 Prove Son.Reb.

Il metodo Son.Reb. è una combinazione di misure ultrasoniche e sclerometriche. Tale combinazione consente di ottenere risultati più attendibili sulla resistenza del calcestruzzo. Ad esempio viene ridotta, rispetto all'indagine ultrasonica, l'influenza della granulometria degli inerti, del dosaggio e del tipo di cemento e degli eventuali additivi impiegati per il getto del calcestruzzo. Rispetto alle prove sclerometriche, viene invece rilevata la variazione di qualità tra strati superficiali e strati profondi del conglomerato. Inoltre il metodo Son.Reb. annulla l'incidenza che il contenuto di umidità e il grado di maturazione del calcestruzzo possono avere sui risultati delle analisi, poiché sia umidità sia maturazione, a parità di resistenza a rottura, producono effetti opposti sulla velocità di propagazione degli ultrasuoni e sul valore dell'indice di rimbalzo.

Nel caso specifico dei calcestruzzi, è possibile confrontare le resistenze Son.Reb. con quelle ottenute dalle prove di schiacciamento dei campioni, al fine di mettere a punto la taratura di un sistema di correlazione tra prove dirette (eseguite su campioni) e prove indirette (eseguite sia in sito che su campioni). Ciò consente di estendere in sito i risultati ricavati in laboratorio.

Sclerometro

Lo sclerometro misura la durezza della superficie di strutture in calcestruzzo, parametro che permette di valutare la resistenza a compressione, l'uniformità e la qualità del materiale. Il parametro misurato è l'indice di rimbalzo di una massa elastica il quale dipende dalla durezza della superficie contro la quale viene scagliata.

Lo sclerometro misura la durezza della superficie rilasciando un percussore caricato a molla che impatta contro il calcestruzzo e misura la distanza di rimbalzo.

L'indice di rimbalzo (la distanza di rimbalzo tra il martello e il percussore) permette di calcolare la resistenza a compressione mediante una curva di taratura sperimentale (fornita dal costruttore dello sclerometro).

Questa metodologia di indagine fornisce indicazioni unicamente sulle caratteristiche superficiali del calcestruzzo; pertanto i valori di resistenza sono influenzati dalla presenza di barre di armatura, vuoti o inerti grossa pezzatura.

Sclerometro modello 58-C0181/N (CONTROLS).



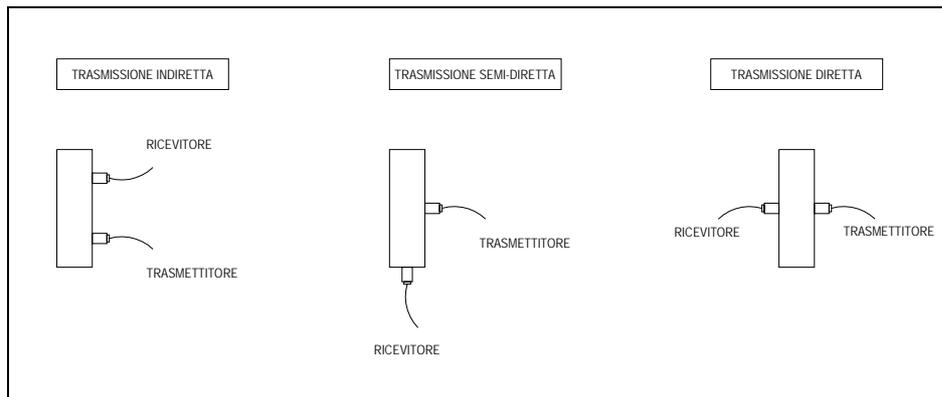
Ultrasuoni

Il funzionamento del sistema si basa sulla capacità delle onde sonore (frequenza inferiore a 20 KHz) e ultrasonore (frequenza superiore a 20 KHz) di attraversare mezzi solidi, liquidi o gassosi.

La prova si esegue applicando i trasduttori sulla superficie dell'elemento da analizzare; viene poi attivato il generatore d'impulsi e quindi digitalizzata la forma d'onda in arrivo sulla sonda ricevente. Viene poi calcolata la velocità di propagazione delle onde dalla sonda trasmittente a quella ricevente e l'attenuazione di energia determinata dalla porzione del mezzo indagato.

La velocità con cui le onde si propagano attraverso l'oggetto indagato risulta funzione della sua elasticità e resistenza e quindi della eventuale presenza di disomogeneità, fessurazioni, cavità.

Nell'ambito delle indagini ultrasoniche, l'impiego di onde a basse frequenze consente di esaminare superfici ruvide o materiali aventi grana grossa (murature, litoidi, terracotta, legno, cls); le alte frequenze sono invece indicate per l'analisi di precisione di spessori limitati o di materiali metallici.



La strumentazione è composta da:

- unità di acquisizione dati RP5000 CSD dotata di 2,5 MHz A/D converter e 24 MB flash card; filtri analogici e amplificazione manuale
- trasduttori piezoelettrici 27 kHz
- trasduttori piezoelettrici 50 kHz
- materiale accoppiante
- set di connessioni d'uso



unità di acquisizione dati RP5000



trasduttori piezoelettrici

2.2.2.2 Pacometro

Il rilievo con pachometro consente di localizzare le barre di armatura e misurare lo spessore del copriferro.

Il pachometro è uno strumento magnetometrico il cui funzionamento si basa sul principio delle "eddy current" ed è costituito da una sonda collegata ad una unità di elaborazione digitale e acustica.

La sonda genera un campo magnetico in grado di magnetizzare le barre di armatura e indurvi delle correnti parassite (correnti di Foucault). L'unità di acquisizione misura l'entità delle correnti prodotte dall'induzione magnetica. L'intensità delle correnti è funzione delle dimensioni delle barre, della distanza della barra dalla sonda e dall'orientazione della

sonda rispetto alla barra. La sonda ha infatti la massima sensibilità quando è posizionata con il suo asse maggiore parallelamente alla barra di armatura e la minima quando è ortogonale a quest'ultima.

La prova viene effettuata facendo scorrere la sonda sulla superficie dell'elemento in esame fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che indica la posizione della barra di armatura. Quando la sonda individua la posizione, l'unità emette un segnale acustico e visualizza il valore di copriferro misurato.

Pachometro Profometer 5 modello S (PROCEO)



2.3 Prove di carico

Per ogni edificio (inteso come "corpo di fabbrica") le prescrizioni prevedono una prova di carico su solaio e una prova di carico su una rampa di scale. Nel presente plesso, in funzione della tipologia degli stessi sono state eseguite:

- n.3 prove di carico su solaio
- n.1 prova di carico su rampa di scale

L'ubicazione delle prove è stata decisa congiuntamente alla Direzione Lavori in funzione degli eventuali danni subiti (e conseguenti interventi di ripristino) e in conseguenza degli aspetti logistici.

Per le prove su solai viene previsto l'impiego di vasche, mentre per le prove su scale si prevede l'impiego di sacchi di cemento. Per le fasi di carico e scarico nelle prove con vasche ci si è avvalsi dell'intervento dei VV.FF. con autobotti e pompe sommerse.

L'ubicazione degli elementi testati è riportata nelle tavole allegate.

2.3.1 Procedura di prova

Per entrambe le tipologie di prova è stata seguita la seguente procedura prevedendo un carico di esercizio pari a 400kg/mq:

- Ciclo 1:
 - 50%carico di esercizio
 - stabilizzazione
 - 100% carico di esercizio
 - stabilizzazione
 - 150% carico di esercizio
 - Scarico totale
 - Stabilizzazione

- Ciclo 2
 - 50%carico di esercizio
 - stabilizzazione
 - 100% carico di esercizio
 - stabilizzazione
 - 150% carico di esercizio
 - Scarico totale
 - Stabilizzazione

2.3.2 Gravosità della prova

Prova su solaio

Il carico di prova è stato applicato mediante l'impiego di una vasca avente dimensioni 3.5x3.5m.

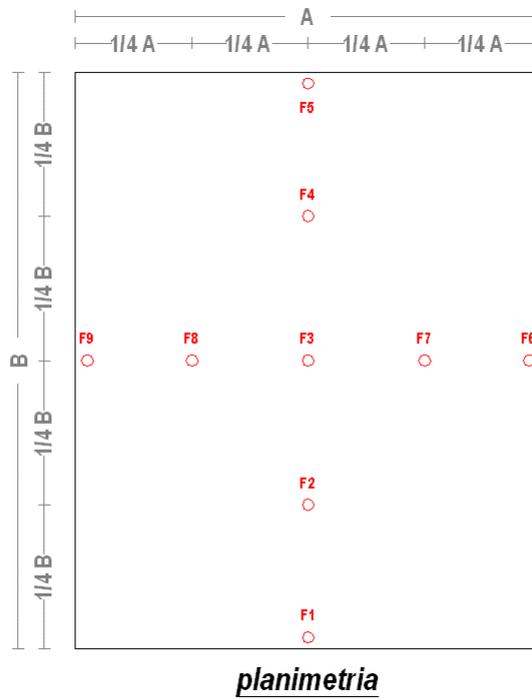
Prova su rampa di scale

Il carico di prova è stato applicato mediante l'impiego di sacchi di cemento sull'intera rampa di scale. Ne deriva che il carico applicato è effettivamente corrispondente al 150% del carico di esercizio.

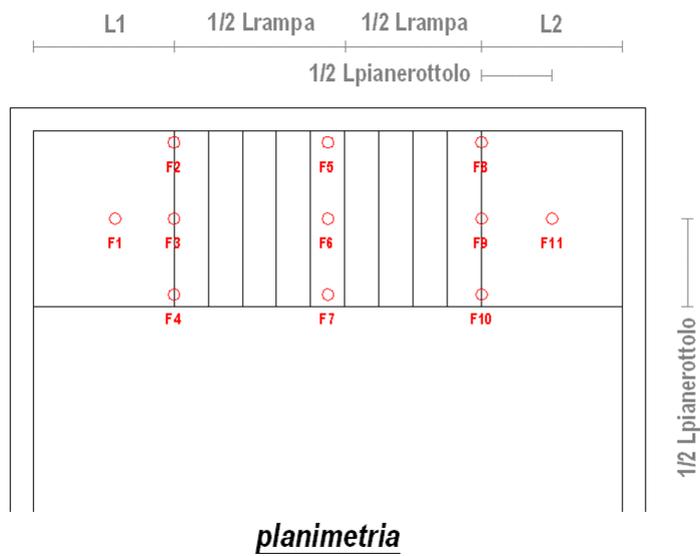
2.3.3 Disposizione dei punti di misura

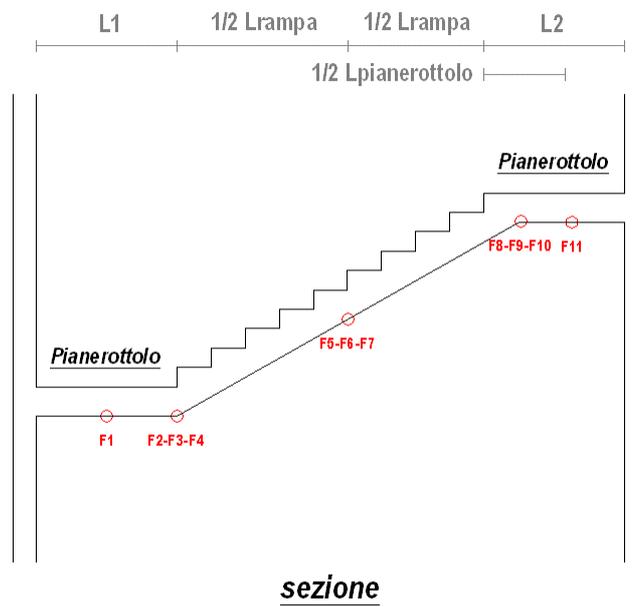
Negli schemi seguenti viene rappresentato lo schema generico della posizione dei punti di misura, l'ubicazione specifica viene riportata negli schemi allegati.

Solaio: schema planimetrico



Rampa di scale: schema planimetrico e sezione

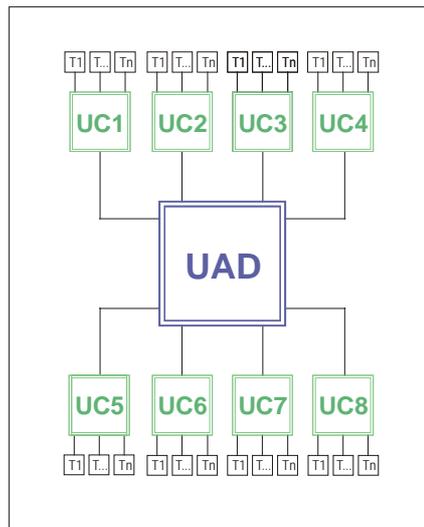




2.3.4 Strumentazione

Per il rilievo è stato impiegato un sistema costituito da un'unità centrale di acquisizione dati (UAD) collegata mediante cavi multipolari a unità di condizionamento periferiche (UC).

Tutti i segnali vengono acquisiti in modalità dinamica e visualizzati in real time grazie alle elevate capacità del sistema di acquisizione dati.



Schema esemplificativo del sistema di acquisizione

L' UAD da 64 canali viene collegata in rete (ethernet) e gestite in remoto da notebook. In tale sistema il dato acquisito risiede fisicamente su hard-disk dell'UAD.

L'UAD è dotata di pc di tipo industriale con hard disk da 80GB con scheda ethernet e A/D converter IO-TECH ad elevata dinamica. E' protetta in enclosure del tipo PELI con grado di protezione IP65 e alimentate a 220V AC. L'unità è dotata di n. 4 connettori multipolari di tipo militare per l'ingresso di n. 16 canali ciascuno.

La scheda di acquisizione(A/D converter) presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- canali in acquisizione: 128 (2x64);
- dinamica: 16 bit;
- sampling rate: 2.0MHz complessivi;
- gain: x1, x2, x4, x8;
- possibilità di decimazione del segnale;
- logiche di trigger in manuale o su evento (superamento di soglia)

L'unità di acquisizione dati viene stata gestita da software appositamente sviluppato in grado di:

- configurare il setup di acquisizione
 - etichette canali
 - gain
 - sampling rate
 - decimazione
 - autozero

- visualizzare i dati in acquisizione in forma tabellare
- visualizzare i dati in acquisizione in forma grafica su tutta la durata della prova
- definire i valori di "delta parametro" su singolo canale individuando mediante cursore la finestra temporale di intervallo

Le UC multicanale sono anch'esse ingegnerizzate in valigie PELI a protezione IP65 e sono dotate ognuna di n.16 condizionatori di segnale montate su zoccolino removibile permettendo la possibilità di riconfigurare ogni singola UC.

Sensori di misura

Nel presente paragrafo sono riportati i sensori di misura installati e monitorati durante l'esecuzione delle prove statiche.

- *Trasduttori di spostamento*

Per la misura degli spostamenti sono stati utilizzati trasduttori di spostamento (CELESCO mod. PT1DC) a filo INVAR in classe 1 (risoluzione pari allo 0.1% del fondo scala); di tipo elettrico, a 3 poli, alimentati a 24 Volt, con una corsa di 50.8 mm. Sono trasduttori con un segnale in uscita in tensione (V).

- *Sonde di temperatura*

Il monitoraggio della temperatura è stato effettuato mediante trasduttori SISGEO mod. 0T111PT1000 aventi le seguenti caratteristiche:

- range: -50/+150 °C
- risoluzione: 0.1 °C
- accuratezza: 0.5 °C

3 Descrizione delle indagini eseguite e risultati

Nel presente capitolo vengono riportate le quantità di prove eseguite e i risultati ottenuti.

3.1 Riepilogo e quantità delle indagini

In relazione al programma delle indagini richiesto ed alle caratteristiche dell'edificio sono state eseguite le seguenti prove:

PRELIEVO CAROTE	SON.REB.	PACOMETRO	GEORADAR	PROVA DI CARICO SOLAIO	PROVA DI CARICO SCALE
6	26	26	0	3	1

3.2 Verifiche ai sensi del D.M. 1086

Nella tabella seguente vengono indicati i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati in sito:

PIANO	ELEMENTO STRUTTURALE	CODICE	CAROTA	RESISTENZA A COMPRESSIONE CILINDRICA N/mm ²
terra	pilastro	C	C.1	23,46
			C.2	27,26
terra	pilastro	H	C.1	25,84
			C.2	29,50
terra	pilastro	E	C.1	23,11
primo	pilastro	A	C.1	22,91
primo	pilastro	D	C.1	22,82
			C.2	23,18
primo	pilastro	G	C.1	23,12

Le carote sono state prelevate con velocità di avanzamento previste dalla carotatrice Hilti utilizzata.

In allegato vengono riportati i certificati delle prove eseguite con documentazione fotografica delle carote.

3.3 Controlli non distruttivi

3.3.1 Prove Son.Reb.

Nelle tabelle di seguito vengono riportati i risultati dell'indice sclerometrico sclerometro e i dati di velocità ultrasonora.

Prove su pilastri

Si ricorda che per i pilastri il punto di misura (1) e (2) si trovano ad un'altezza da piano calpestabile rispettivamente pari a 1m e 2m.

SCLEROMETRO														ULTRASUONI			
PIANO	ELEMENTO	ID punto	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Ir	TEMPO (µs)	TARATURA (µs)	DISTANZA (cm)	V (m/s)
Terra	Pilastro	A (1)	44	40	49	40	46	48	39	39	39	53	45	38,0	55,5	12,50	3655
Terra	Pilastro	A (2)	37	39	35	34	38	35	45	35	41	38	39	41,8	55,5	14,00	3684
Terra	Pilastro	B (1)	38	39	40	36	47	39	36	36	37	45	40	34,6	55,5	14,00	4545
Terra	Pilastro	B (2)	37	47	39	38	34	35	30	30	37	48	39	33,0	55,5	14,00	4795
Terra	Pilastro	C (1)	37	37	45	44	50	31	35	37	39	45	42	43,3	55,5	14,50	3671
Terra	Pilastro	C (2)	38	43	49	38	37	44	38	39	40	39	41	35,7	55,5	14,00	4389
Terra	Pilastro	D (1)	37	37	40	35	36	44	33	48	39	40	40	28,6	55,5	11,00	4435
Terra	Pilastro	D (2)	34	40	37	29	30	25	25	36	34	27	33	36,2	55,5	12,50	3858
Terra	Pilastro	E (1)	32	29	23	34	25	24	28	20	44	36	32	CAROTA			
Terra	Pilastro	E (2)	40	28	33	32	41	30	29	36	28	30	34	36,7	55,5	12,50	3799
Terra	Pilastro	F (1)	38	32	36	26	44	29	28	32	30	35	35	37,2	55,5	12,50	3743
Terra	Pilastro	F (2)	26	35	30	31	23	29	28	38	39	34	33	32,9	55,5	13,00	4467
Terra	Pilastro	G (1)	46	48	43	42	50	44	46	50	47	48	47	40,4	55,5	13,00	3552
Terra	Pilastro	G (2)	44	39	38	38	39	39	48	42	40	41	42	33,0	55,5	13,00	4452
Terra	Pilastro	H (1)	46	35	47	39	35	37	38	49	37	37	41	34,7	55,5	12,00	3883
Terra	Pilastro	H (2)	36	36	42	36	38	32	42	45	31	40	39	RICOPERTO			
Terra	Pilastro	I (1)	52	44	50	52	41	44	45	35	52	42	48	30,4	55,5	13,00	4887
Terra	Pilastro	I (2)	48	40	48	44	50	34	46	44	44	49	47	31,9	55,5	13,50	4804
Primo	Pilastro	A (1)	32	45	36	32	34	34	35	33	32	32	35	24,8	55,5	12,50	5952
Primo	Pilastro	A (2)	25	30	30	31	24	26	39	36	25	33	31	28,1	55,5	12,00	4938
Primo	Pilastro	B (1)	35	38	41	45	37	42	43	48	35	48	43	36,6	55,5	15,50	4726
Primo	Pilastro	B (2)	36	32	42	26	50	38	42	40	29	35	39	51,6	55,5	15,00	3138
Primo	Pilastro	C (1)	34	36	37	32	37	36	33	36	36	36	36	54,6	55,5	17,00	3346
Primo	Pilastro	C (2)	29	30	33	28	32	38	36	34	34	36	34	42,7	55,5	15,50	3985
Primo	Pilastro	D (1)	34	34	42	22	33	30	40	41	37	31	37	80,2	55,5	12,00	1571
Primo	Pilastro	D (2)	31	35	35	38	34	34	42	36	34	32	36	40,1	55,5	15,00	4132
Primo	Pilastro	E (1)	40	41	41	38	38	38	44	39	38	40	40	47,0	55,5	17,00	3935

RICERCHE & LABORATORI S.r.l

 Laboratorio Autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n° 45751 del 03.02.2000 ad effettuare prove ai sensi dell'art.20 Legge n. 1086 del 05.11.71
 Laboratorio certificato SOA n° 2917/23/00 Categoria OS 21 II° classifica

SCLEROMETRO														ULTRASUONI			
PIANO	ELEMENTO	ID punto	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Ir	TEMPO (µs)	TARATURA (µs)	DISTANZA (cm)	V (m/s)
Primo	Pilastro	E (2)	37	29	38	40	30	36	38	40	38	48	39	38,0	55,5	13,00	3801
Primo	Pilastro	F (1)												32,6	55,5	14,50	5035
Primo	Pilastro	F (2)												48,7	55,5	14,50	3229
Primo	Pilastro	G (1)	40	36	53	38	39	51	39	37	39	37	42	CAROTA			
Primo	Pilastro	G (2)	36	49	36	39	32	42	36	40	42	28	40	39,7	55,5	15,85	4415
Primo	Pilastro	H (1)	41	30	40	29	24	50	29	32	40	48	39	32,0	55,5	11,50	4078
Primo	Pilastro	H (2)	37	34	39	26	32	39	40	48	48	39	41	54,6	55,5	14,00	2756
Primo	Pilastro	I (1)	36	40	46	36	42	33	38	48	40	40	41	38,4	55,5	14,50	4191
Primo	Pilastro	I (2)	36	42	46	40	39	46	38	46	50	44	44	39,9	55,5	16,00	4432

Prove su travi

 Si ricorda che per le travi il punto di misura (1) e (2) si trovano rispettivamente a $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ della luce.

SCLEROMETRO														ULTRASUONI			
PIANO	ELEMENTO	ID punto	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Ir	TEMPO (µs)	TARATURA (µs)	DISTANZA (cm)	V (m/s)
Terra	Trave	A (1/4)	28	45	26	37	35	36	41	34	28	35	36	76,0	55,5	30,00	4155
Terra	Trave	A (3/4)	31	44	35	42	37	34	39	41	38	42	40	79,0	55,5	30,00	3989
Terra	Trave	B (1/4)	37	35	33	42	41	36	32	29	38	31	37	79,0	55,5	30,00	3989
Terra	Trave	B (3/4)	39	44	34	40	31	43	50	36	39	46	42	74,0	55,5	30,00	4274
Terra	Trave	C (1/4)	46	35	37	46	38	28	45	42	35	36	41	58,0	55,5	14,00	2583
Terra	Trave	C (3/4)	38	36	26	44	42	34	42	32	32	33	38	46,0	55,5	14,00	3318
Terra	Trave	D (1/4)	39	32	34	40	44	47	41	44	42	33	41	77,0	55,5	30,00	4098
Terra	Trave	D (3/4)	36	30	30	36	34	38	33	29	35	37	35	75,0	55,5	30,00	4213
Terra	Trave	E (1/4)	31	37	40	30	32	32	49	38	36	36	38	81,8	55,5	30,00	3846
Terra	Trave	E (3/4)	38	40	41	36	36	35	44	36	46	37	40	77,9	55,5	30,00	4049
Terra	Trave	F (1/4)	40	33	35	36	39	40	38	38	41	39	39	58,0	55,5	13,50	2491
Terra	Trave	F (3/4)	30	35	38	37	36	36	34	34	35	30	36	64,0	55,5	13,50	2243
Terra	Trave	G (1/4)	32	28	28	30	32	28	25	23	28	28	29	80,0	55,5	30,00	3937
Terra	Trave	G (3/4)	65	65	29	64	33	26	29	32	35	35	45	82,0	55,5	30,00	3836
Terra	Trave	H (1/4)	34	44	28	31	34	35	37	29	27	29	34	80,0	55,5	30,00	3937
Terra	Trave	H (3/4)	38	32	32	31	36	32	33	32	36	32	34	81,0	55,5	30,00	3886
Terra	Trave	I (1/4)	36	32	36	36	36	35	38	44	37	29	37	73,0	55,5	14,00	2023
Terra	Trave	I (3/4)	37	39	32	32	25	32	24	37	31	41	35	64,0	55,5	16,50	2741

3.3.2 Prove con pacometro

Le misurazioni con pacometro hanno mostrato valori di copriferro superiori a 30mm e distribuzione regolare dei ferri di armatura. In taluni casi è stata riscontrata un valore di interferro tale per cui non è possibile prelevare campioni di calcestruzzo senza interessare i ferri di armatura. I dati misurati vengono riportati nelle schede allegate.

3.4 Prove di carico

Per ognuna delle prove di carico eseguite nei paragrafi successivi vengono riportate le tabelle relative a:

- attività di cantiere – fasi di carico e scarico e relativi orari
- letture ai trasduttori di spostamento in corrispondenza delle fasi del carico/scarico

3.4.1 Prova n° 1 su rampa di scale 1-2 piano parte "B"

La prova è stata eseguita in data 22.08.09 utilizzando sacchi di cemento. L'impronta di carico corrisponde all'intera rampa. La temperatura durante la prova è stata misurata con sonda Pt100 verificando un range di temperature tra i 20 e i 24°C

ATTIVITA' CANTIERE		
Ora	Attività	carico %
12.04	inizio prova	0
I° CICLO		
12.07	I° step di carico	50%
12.37	II° step di carico	100%
13.07	III° step di carico	150%
14.01	scarico totale	0
II° CICLO		
15.04	I° step carico	50%
15.32	II° step carico	100%
16.11	III° step di carico	150%
16.58	scarico totale	0

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo	step di carico	carico %	carico (kg/mq)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1° CICLO CARICO	-	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	I°	50%	200	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,14	-0,10	0,39	-0,01	-0,01
	II°	100%	400	-0,01	-0,02	-0,04	-0,01	-0,19	-0,09	0,66	-0,01	-0,01
	III°	150%	600	-0,03	-0,03	-0,04	-0,02	-0,29	-0,53	0,69	-0,05	-0,02
	-	0		-0,03	-0,04	-0,06	-0,02	-0,31	-0,46	1,09	-0,05	-0,02
2° CICLO CARICO	-	0		-0,03	-0,04	-0,06	-0,02	-0,31	-0,46	1,09	-0,05	-0,02
	I°	50%	200	-0,03	-0,04	-0,07	-0,02	-0,34	-0,45	1,22	-0,05	-0,02
	II°	100%	400	-0,04	-0,04	-0,07	-0,02	-0,36	-0,42	1,11	-0,06	-0,02
	III°	150%	600	-0,05	-0,07	-0,07	-0,02	-0,74	-0,36	1,32	-0,06	-0,02
	-	0		-0,06	-0,07	-0,07	-0,02	-0,75	-0,31	1,53	-0,06	-0,02

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento.

3.4.2 Prova n° 2 su solaio 1 piano parte "D"

La prova è stata eseguita in data 23.08.09 utilizzando vasche d'acqua su solaio isostatico con impronta 3.5x3.5m contro una dimensione del campo di solaio pari a 5.85x6.30m.

La temperatura durante la prova è stata misurata con sonda Pt100 verificando un range di temperature tra i 20 e i 26°C

ATTIVITA' CANTIERE

Ora	Attività	carico %
15.37	inizio prova	0
I° CICLO		
15.42	I° step di carico	50%
15.59	II° step di carico	100%
16.17	III° step di carico	150%
16.39	scarico totale	0
II° CICLO		
17.17	I° step carico	50%
17.34	II° step carico	100%
17.50	III° step di carico	150%
18.04	scarico totale	0

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo	step di carico	carico %	carico (kg/mq)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1° CICLO CARICO	-	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	I°	50%	200	-0,04	-0,20	-0,27	-0,12	0,06	-0,30	-2,12	-0,17	-0,02
	II°	100%	400	-0,10	-0,37	-0,26	-0,27	0,02	-0,56	-4,53	-0,33	-0,05
	III°	150%	600	-0,14	-0,63	-0,89	-0,47	-0,03	-0,92	-7,38	-0,57	-0,07
	-	0		-0,01	-0,31	-0,51	-0,29	0,00	-0,78	-3,62	-0,29	-0,07
2° CICLO CARICO	-	0		-0,01	-0,31	-0,51	-0,29	0,00	-0,78	-3,62	-0,29	-0,07
	I°	50%	200	-0,14	-0,31	-0,51	-0,29	-0,01	-0,76	-0,49	-0,29	-0,07
	II°	100%	400	-0,14	-0,43	-0,64	-0,32	0,00	-0,71	-4,35	-0,40	-0,07
	III°	150%	600	-0,14	-0,62	-0,91	-0,49	-0,02	-0,67	-0,64	-0,58	-0,07
	-	0		-0,14	-0,35	-0,54	-0,33	-0,01	-0,60	-3,20	-0,34	-0,07

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento.

3.4.3 Prova n° 3 su solaio 1 piano parte "A"

La prova è stata eseguita in data 25.08.09 utilizzando vasche d'acqua su solaio isostatico con impronta 3.5x3.5m contro una dimensione del campo di solaio pari a 5.85x6.30m.

La temperatura durante la prova è stata misurata con sonda Pt100 verificando un range di temperature tra i 20 e i 25°C

ATTIVITA' CANTIERE		
Ora	Attività	carico %
9.03	inizio prova	0
I° CICLO		
9.08	I° step di carico	50%
9.28	II° step di carico	100%
9.53	III° step di carico	150%
11.54	scarico totale	0
II° CICLO		
13.15	I° step carico	50%
14.21	II° step carico	100%
14.37	III° step di carico	150%
14.51	scarico totale	0

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo	step di carico	carico %	carico (kg/mq)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1° CICLO CARICO	-	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	I°	50%	200	-0,07	-0,19	-0,25	-0,15	-0,01	-0,02	-0,18	-0,09	-0,02
	II°	100%	400	-0,11	-0,28	-0,27	-0,27	-0,02	-0,03	-0,34	-0,24	-0,07
	III°	150%	600	-0,20	-0,50	-0,80	-0,50	-0,06	-0,12	-0,61	-0,48	-0,094
	-	0		-0,12	-0,20	-0,41	-0,37	-0,06	-0,12	-0,45	-0,29	-0,14
2° CICLO CARICO	-	0		-0,12	-0,20	-0,41	-0,37	-0,06	-0,12	-0,45	-0,29	-0,14
	I°	50%	200	-0,14	-0,18	-0,46	-0,37	-0,07	-0,12	0,45	-0,29	-0,14
	II°	100%	400	-0,19	-0,30	-0,64	-0,42	-0,07	-0,12	-0,52	-0,36	-0,14
	III°	150%	600	-0,22	-0,46	-0,84	-0,53	-0,08	-0,14	-0,65	-0,50	-0,17
	-	0		-0,22	-0,17	-0,44	-0,40	-0,08	-0,14	-0,48	-0,30	-0,17

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento.

3.4.4 Prova n° 4 su solaio 1 piano parte "B"

La prova è stata eseguita in data 25.08.09 utilizzando vasche d'acqua su solaio isostatico con impronta 3.5x3.5m contro una dimensione del campo di solaio pari a 5.85x6.30m.

La temperatura durante la prova è stata misurata con sonda Pt100 verificando un range di temperature tra i 20 e i 26°C

ATTIVITA' CANTIERE		
Ora	Attività	carico %
16.13	inizio prova	0
I° CICLO		
16.18	I° step di carico	50%
16.38	II° step di carico	100%
16.54	III° step di carico	150%
17.15	scarico totale	0
II° CICLO		
18.32	I° step carico	50%
18.44	II° step carico	100%
18.57	III° step di carico	150%
19.15	scarico totale	0

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo	step di carico	carico %	carico (kg/mq)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1° CICLO CARICO	-	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	I°	50%	200	0,00	-0,07	-0,22	-0,08	0,00	0,02	-0,19	-0,14	0,00
	II°	100%	400	0,00	-0,27	-0,48	-0,11	0,00	-0,02	-0,37	-0,30	-0,01
	III°	150%	600	0,00	-0,46	-0,72	-0,17	-0,01	-0,03	-0,51	-0,46	-0,04
	-	0		0,00	-0,05	-0,51	-0,03	-0,05	-0,04	-0,23	-0,22	-0,05
2° CICLO CARICO	-	0		0,00	-0,05	-0,51	-0,03	-0,05	-0,04	-0,23	-0,22	-0,05
	I°	50%	200	0,00	-0,08	-0,51	-0,02	-0,04	-0,04	-0,23	-0,21	-0,05
	II°	100%	400	0,00	-0,26	-0,52	-0,01	-0,04	-0,04	-0,43	-0,42	-0,05
	III°	150%	600	0,00	-0,41	-0,68	-0,03	-0,04	-0,04	-0,43	-0,42	-0,06
	-	0		0,00	-0,01	-0,47	0,03	-0,04	-0,03	-0,19	-0,18	-0,05

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento.

4 Considerazioni sui risultati ottenuti

4.1 Verifiche ai sensi 1086 e controlli non distruttivi

Prove di laboratorio

I valori di rottura dei provini prelevati verificano valori medi per elemento riportati in tabella:

PIANO	ELEMENTO STRUTTURALE	CODICE	RESISTENZA A COMPRESSIONE CILINDRICA N/mm ²
terra	pilastro	C	25,36
terra	pilastro	H	27,67
terra	pilastro	E	23,11
primo	pilastro	A	22,91
primo	pilastro	D	23,00
primo	pilastro	G	23,12

Prove Son.Reb.

Nella tabella seguente viene illustrata una analisi statistica relativa ai dati derivanti dalle prove Son.Reb.

	PILASTRI		TRAVI	
	Ir	V (m/sec)	Ir	V (m/sec)
<i>media</i>	39,2	4069	39,9	3534
<i>minimo</i>	31,3	1571	29,3	2023
<i>massimo</i>	47,6	5952	42,0	4274
<i>dev.st</i>	4,3	782,7	3,61	805,1

I dati rilevati mostrano una bassa dispersione del dato sclerometrico (deviazione standard inferiore al 10%) contro una dispersione maggiore del dato di velocità ultrasonora soprattutto per quanto riguarda le misure su travi (deviazione standard pari a circa il 20%).

Il dato sclerometrico indica un valore di Rck pari a 39,2 MPa per i pilastri e 39,9 MPa per le travi.

L'applicazione del metodo Son.Reb. permette il calcolo della resistenza a compressione del calcestruzzo (R) attraverso formule sperimentali di tipo:

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

In bibliografia vengono fornite diverse espressioni per l'applicazione del metodo:

$$R_c = 1.20 \cdot 10^{-9} \cdot V^{2.446} \cdot I^{1.058} \quad \text{Di Leo-Pascale}$$

$$R_c = 9.27 \cdot 10^{-11} \cdot V^{2.6} \cdot I^{1.4} \quad \text{Norme RILEM}$$

Dove:

I = indice di rimbalzo

V = velocità sonica

Poichè l'applicazione del metodo è sconsigliabile per i calcestruzzi di bassa qualità (sia questa una condizione iniziale o di degrado successivo) è preferibile fornire l'interpretazione Son.Reb. qualora il dato originale (da sclerometro e/o da dato ultrasonoro) verifichi i presupposti necessari (ad esempio valore dell'indice di rimbalzo superiore a 20).

Nella tabella seguente si riporta pertanto la valutazione di resistenza tramite metodo Son.Reb. (curva "Di Leo-Pascale") unicamente per i punti di misura per i quali viene rispettata la condizione sopra esposta.

			SON.REB.
PIANO	ELEMENTO	ID punto	<i>DI LEO</i>
Terra	Pilastro	A (1)	34,82
Terra	Pilastro	A (2)	30,19
Terra	Pilastro	B (1)	52,73
Terra	Pilastro	B (2)	58,89
Terra	Pilastro	C (1)	32,60
Terra	Pilastro	C (2)	49,83
Terra	Pilastro	D (1)	49,66
Terra	Pilastro	D (2)	29,05
Terra	Pilastro	E (2)	28,43
Terra	Pilastro	F (1)	27,94
Terra	Pilastro	F (2)	41,10

			SON.REB.
PIANO	ELEMENTO	ID punto	<i>DI LEO</i>
Terra	Pilastro	G (1)	34,38
Terra	Pilastro	G (2)	51,93
Terra	Pilastro	H (1)	36,94
Terra	Pilastro	I (1)	75,47
Terra	Pilastro	I (2)	70,77
Primo	Pilastro	A (1)	88,58
Primo	Pilastro	A (2)	49,57
Primo	Pilastro	B (1)	62,01
Primo	Pilastro	B (2)	20,88
Primo	Pilastro	C (1)	22,23
Primo	Pilastro	C (2)	32,19
Primo	Pilastro	D (2)	37,23
Primo	Pilastro	E (1)	37,06
Primo	Pilastro	E (2)	33,37
Primo	Pilastro	G (2)	48,94
Primo	Pilastro	H (1)	38,97
Primo	Pilastro	I (1)	44,51
Primo	Pilastro	I (2)	54,81
Terra	Trave	A (1/4)	38,16
Terra	Trave	A (3/4)	37,94
Terra	Trave	B (1/4)	34,92
Terra	Trave	B (3/4)	47,74
Terra	Trave	C (3/4)	22,80
Terra	Trave	D (1/4)	42,28
Terra	Trave	D (3/4)	37,76
Terra	Trave	E (1/4)	32,62
Terra	Trave	E (3/4)	39,33
Terra	Trave	G (1/4)	26,55
Terra	Trave	G (3/4)	39,08
Terra	Trave	H (1/4)	31,26
Terra	Trave	H (3/4)	30,04

Verifica della posizione delle barre di armatura e del copriferro

Le misurazioni con pacometro hanno mostrato valori di copriferro superiori a 30mm e distribuzione regolare dei ferri di armatura.

4.2 Prove di carico

4.2.1 Prova n° 1 su rampa di scale 1-2 piano parte "B"

Nella tabella seguente vengono riportati per singolo punto di misura i valori di massimo abbassamento, residui a struttura scarica e residui percentuali sia per il ciclo 1 che per il ciclo 2.

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	<i>freccia massima</i>	-0,03	-0,03	-0,04	-0,02	-0,29	-0,53	0,69	-0,05	-0,02
	<i>residuo</i>	-0,03	-0,04	-0,06	-0,02	-0,31	-0,46	1,09	-0,05	-0,02
	<i>residuo %</i>	100%	115%	162%	113%	105%	87%	158%	102%	107%
2	<i>freccia massima</i>	-0,02	-0,03	0,00	0,00	-0,43	0,10	0,23	0,00	0,00
	<i>residuo</i>	-0,02	-0,03	0,00	0,00	-0,45	0,15	0,44	0,00	0,00
	<i>residuo %</i>	104%	104%	133%	150%	104%	152%	190%	100%	100%

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento..

In colore rosso viene riportato il punto con maggiore abbassamento.

4.2.2 Prova n° 2 su solaio 1 piano parte "D"

Nella tabella seguente vengono riportati per singolo punto di misura i valori di massimo abbassamento, residui a struttura scarica e residui percentuali sia per il ciclo 1 che per il ciclo 2.

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	<i>freccia massima</i>	-0,14	-0,63	-0,89	-0,47	-0,03	-0,92	-7,38	-0,57	-0,07
	<i>residuo</i>	-0,01	-0,31	-0,51	-0,29	0,00	-0,78	-3,62	-0,29	-0,07
	<i>residuo %</i>	10%	49%	57%	61%	0%	85%	49%	51%	96%
2	<i>freccia massima</i>	-0,13	-0,32	-0,40	-0,21	-0,02	0,11	2,98	-0,29	0,00
	<i>residuo</i>	-0,13	-0,04	-0,03	-0,04	-0,01	0,18	0,43	-0,05	0,00
	<i>residuo %</i>	101%	13%	7%	20%	26%	159%	14%	16%	0%

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento..

In colore rosso viene riportato il punto con maggiore abbassamento. Appare evidente come nel secondo ciclo di carico i valori dei residui percentuali diminuiscano notevolmente (14% per il punto F7 – abbassamento massimo).

4.2.3 Prova n° 3 su solaio 1 piano parte "A"

Nella tabella seguente vengono riportati per singolo punto di misura i valori di massimo abbassamento, residui a struttura scarica e residui percentuali sia per il ciclo 1 che per il ciclo 2.

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *

ciclo		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	<i>freccia massima</i>	-0,20	-0,50	-0,80	-0,50	-0,06	-0,12	-0,61	-0,48	-0,094
	<i>residuo</i>	-0,12	-0,20	-0,41	-0,37	-0,06	-0,12	-0,45	-0,29	-0,14
	<i>residuo %</i>	63%	40%	51%	72%	102%	102%	73%	59%	145%
2	<i>freccia massima</i>	-0,10	-0,26	-0,43	-0,17	-0,02	-0,02	-0,21	-0,21	-0,04
	<i>residuo</i>	-0,09	0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02	-0,04
	<i>residuo %</i>	98%	-12%	6%	18%	100%	106%	16%	9%	100%

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento..

In colore rosso viene riportato il punto con maggiore abbassamento. Appare evidente come nel secondo ciclo di carico i valori dei residui percentuali diminuiscano notevolmente (6% per il punto F3 – abbassamento massimo).

4.2.4 Prova n° 4 su solaio 1 piano parte "B"

Nella tabella seguente vengono riportati per singolo punto di misura i valori di massimo abbassamento, residui a struttura scarica e residui percentuali sia per il ciclo 1 che per il ciclo 2.

LETTURE AI TRASDUTTORI SPOSTAMENTO *										
ciclo		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	<i>freccia massima</i>	0,00	-0,46	-0,72	-0,17	-0,01	-0,03	-0,51	-0,46	-0,04
	<i>residuo</i>	0,00	-0,05	-0,51	-0,03	-0,05	-0,04	-0,23	-0,22	-0,05
	<i>residuo %</i>	-50%	11%	71%	15%	450%	129%	45%	49%	138%
2	<i>freccia massima</i>	0,00	-0,36	-0,17	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,20	0,00
	<i>residuo</i>	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00
	<i>residuo %</i>	100%	-11%	-26%	-5300%	200%	-200%	-20%	-20%	-100%

(*) Misure espresse in mm. Con segno negativo si intende abbassamento.

In colore rosso viene riportato il punto con maggiore abbassamento. Appare evidente come nel secondo ciclo di carico i valori dei residui percentuali diminuiscano notevolmente (-26% per il punto F3 – abbassamento massimo).

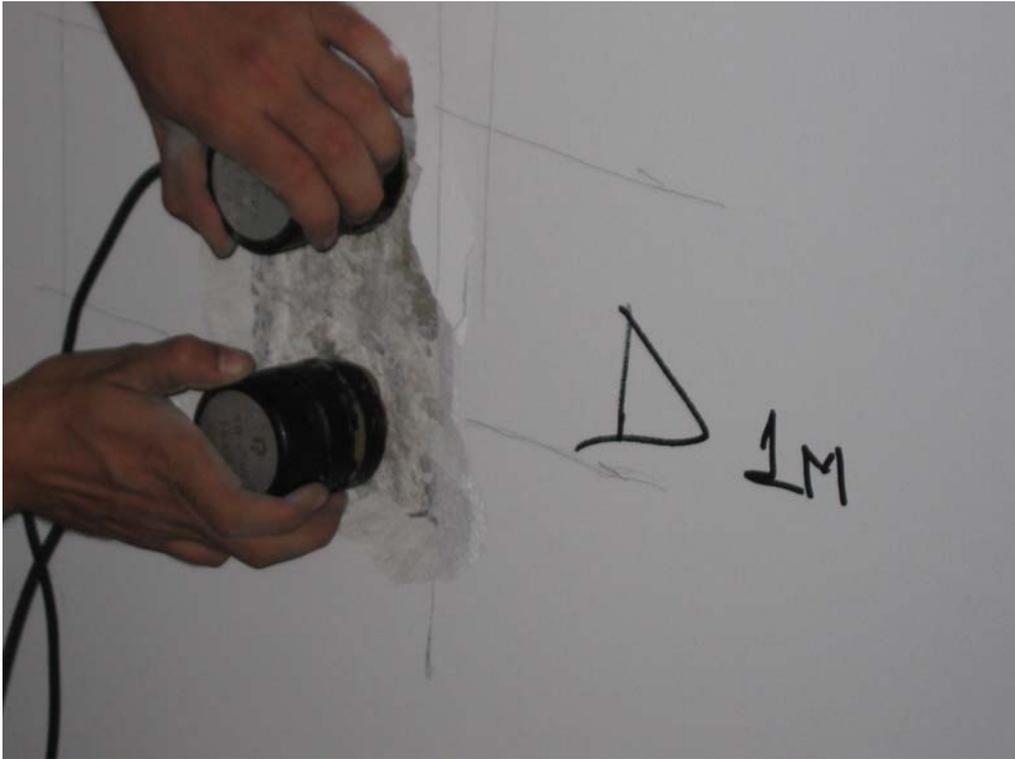
5 Documentazione fotografica



RICERCHE & LABORATORI S.r.l

Laboratorio Autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n° 45751 del 03.02.2000 ad effettuare prove ai sensi dell'art.20 Legge n. 1086 del 05.11.71
Laboratorio certificato SOA n° 2917/23/00 Categoria OS 21 II° classifica





RICERCHE & LABORATORI S.r.l

Laboratorio Autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n° 45751 del 03.02.2000 ad effettuare prove ai sensi dell'art.20 Legge n. 1086 del 05.11.71
Laboratorio certificato SOA n° 2917/23/00 Categoria OS 21 II° classifica



Ulteriori immagini sono riportate in calce agli allegati.