

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 materna

Colle Capo Croce



RAPPORTO

data	redatto da	approvato da
08.10.09		

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Quartaroli

Direzione Lavori:

Geom. Giampaolini, P.I. Stefanuccu, 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
3	Descrizione delle indagini eseguite e risultati.....	9
3.1	Riepilogo e quantità delle indagini	9
3.2	Verifiche ai sensi del D.M. 1086	9
3.3	Controlli non distruttivi.....	9
3.3.1	Prove Son.Reb.....	9
3.3.2	Prove con pacometro.....	11
4	Considerazioni sui risultati ottenuti	12
4.1	Verifiche ai sensi 1086 e controlli non distruttivi	12
5	Documentazione fotografica	15

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>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 materna di Colle Capo Croce sita 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 Materna di Colle Capo Croce.

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

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).
 - o 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)

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

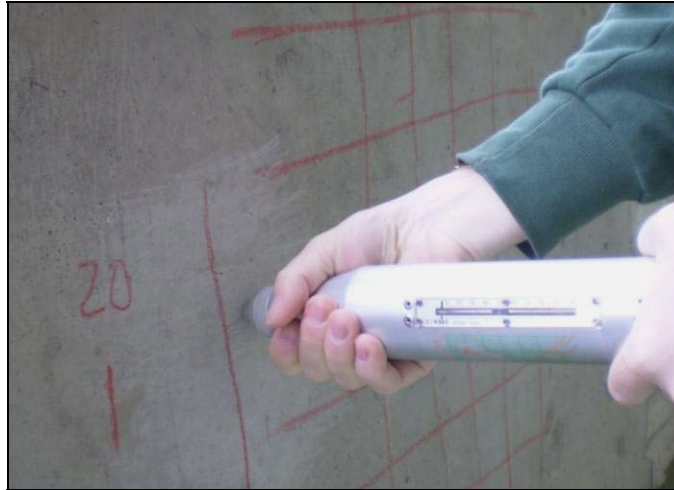
Lo sclerometro misura la durezza della superficie di strutture in calcestruzzo, parametro che permette di valutare la resistenza a compressione, l'uniformità e la qualità del materiale. Il parametro misurato è l'indice di rimbalzo di una massa elastica il quale dipende dalla durezza della superficie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



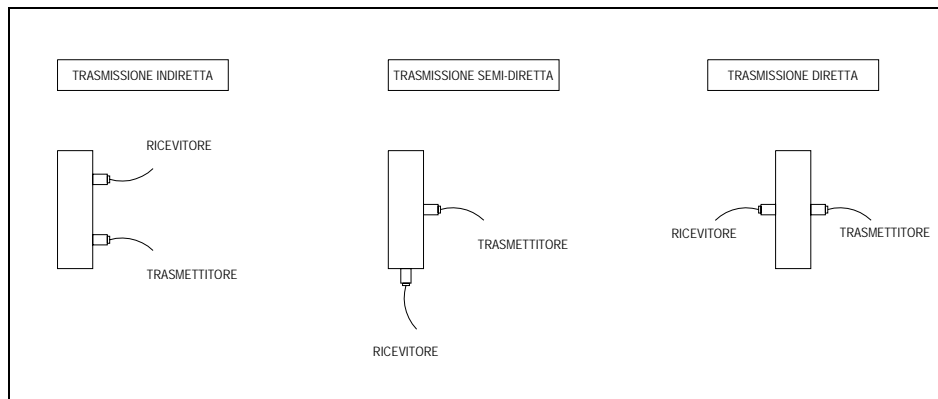
Ultrasuoni

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 digitalizzato 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

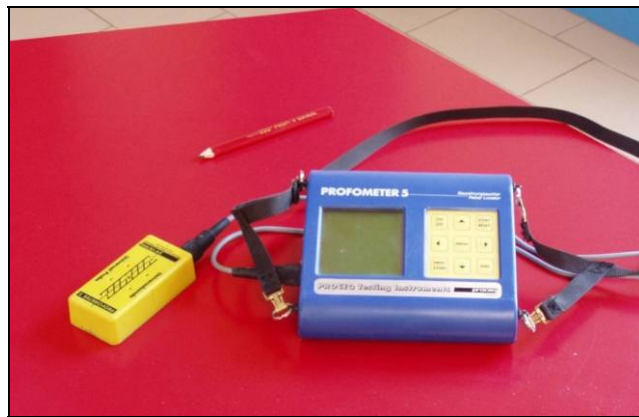
Il rilievo con pachometro consente di localizzare le barre di armatura e misurare lo spessore del copriferro.

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 (PROCEQ)



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
2	16	16	0	0	0

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
Seminterrato	pilastro	2	C.1	15,37
terra	trave	5 ¾	C.1	21,88

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)
Seminterato	Pilastro	A(0,76)	46	42	36	36	39	40	39	38	32	33	40	60,1	55,1	20,00	3527
Seminterato	Pilastro	A(1,65)	30	32	33	33	33	37	35	32	34	35	34	67,7	55,1	20,00	3110
Seminterato	Pilastro	B(0,75)	37	36	32	34	34	37	30	35	33	40	36	59,4	55,1	20,00	3571
Seminterato	Pilastro	B(1,75)	44	40	46	36	38	37	36	36	40	35	40	70,7	55,1	20,00	2972
Seminterato	Pilastro	C(0,75)	36	46	44	40	39	44	42	47	46	45	44	48,0	55,1	20,00	4484
Seminterato	Pilastro	C(1,75)	46	44	39	34	30	42	41	35	40	42	41	68,7	55,1	20,00	3063
Terra	Pilastro	A(1)	52	48	48	53	48	44	34	49	42	48	49	98,0	54,5	40,00	4202
Terra	Pilastro	A(2)	50	44	46	49	46	47	44	51	41	50	48	99,6	54,5	40,00	4132
Terra	Pilastro	B(1)	46	44	54	44	39	39	40	44	42	38	44	120,5	54,5	38,00	3229
Terra	Pilastro	B(2)	38	46	52	40	40	40	44	46	37	40	44	114,0	54,5	38,00	3417
Terra	Pilastro	C(1)	44	46	50	51	42	40	44	33	44	49	46	110,3	54,5	40,00	3721
Terra	Pilastro	C(2)	46	46	54	48	48	49	50	50	50	46	49	110,0	54,5	40,00	3731
Terra	Pilastro	D(1)	58	47	44	51	47	50	50	48	36	54	51	103,6	54,5	40,00	3968
Terra	Pilastro	D(2)	46	50	32	50	51	48	51	49	49	47	49	109,8	54,5	40,00	3738
Terra	Pilastro	E(1)	40	38	39	36	42	36	38	48	46	49	43	64,3	54,5	25,00	4065
Terra	Pilastro	E(2)	52	36	44	40	44	47	43	38	48	47	46	66,8	54,5	25,00	3906

Prove su travi

Si ricorda che per le travi il punto di misura (1) e (2) si trovano rispettivamente a ¼ e ½ 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)
Seminterato	Trave	1(1/4)	36	38	39	43	37	39	35	47	34	42	40	69,4	55,1	25,00	3788
Seminterato	Trave	1(3/4)	44	34	39	36	41	46	50	33	34	40	41	73,1	55,1	25,00	3587
Seminterato	Trave	2(1/4)	48	44	46	40	43	48	47	48	50	48	47	67,8	55,1	25,00	3882
Seminterato	Trave	2(3/4)	42	46	45	50	52	41	46	47	40	42	46	66,1	55,1	25,00	3987
Seminterato	Trave	3(1/4)	30	36	40	50	50	46	46	42	41	44	45	67,0	55,1	25,00	3931
Seminterato	Trave	3(3/4)	40	44	42	43	44	48	45	50	51	49	47	55,9	55,1	20,00	3810
Terra	Trave	1(1/4)	49	45	45	44	41	45	43	44	46	44	45	64,3	54,5	25,00	4065
Terra	Trave	1(3/4)	44	43	45	46	41	39	39	47	48	42	45	65,3	54,5	25,00	4000
Terra	Trave	2(1/4)	53	48	51	50	49	50	50	52	41	40	50	64,1	54,5	25,00	4078
Terra	Trave	2(3/4)	48	53	52	48	51	51	51	48	48	48	50	64,2	54,5	25,00	4072
Terra	Trave	3(1/4)	42	44	44	44	36	44	50	36	43	50	45	65,6	54,5	25,00	3981
Terra	Trave	3(3/4)	47	46	40	46	44	43	45	44	44	48	46	64,3	54,5	25,00	4065
Terra	Trave	4(1/4)	42	45	38	45	39	45	48	40	45	42	44	69,0	54,5	20,00	3021
Terra	Trave	4(3/4)	47	49	50	49	46	48	51	48	46	53	49	62,6	54,5	25,00	4181
Terra	Trave	5(1/4)	42	45	43	49	45	47	46	48	42	47	46	64,2	54,5	25,00	4072
Terra	Trave	5(3/4)	36	43	44	45	41	45	42	46	40	44	44	62,7	54,5	25,00	4174

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.

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
Seminterrato	pilastro	2	15,37
terra	trave	5 ¾	21,88

Prove Son.Reb.

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

	PILASTRI		TRAVI	
	lr	V (m/sec)	lr	V (m/sec)
<i>media</i>	43,9	3677	45,7	3918
<i>minimo</i>	34,0	2972	40,1	3021
<i>massimo</i>	50,6	4484	50,4	4181
<i>dev.st</i>	4,9	441,9	2,8	284,0

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 43,9 MPa per i pilastri e 45,7 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:

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

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>
Seminterato	Pilastro	A(0,76)	27,89
Seminterato	Pilastro	A(1,65)	17,50
Seminterato	Pilastro	B(0,75)	25,87
Seminterato	Pilastro	B(1,75)	18,40
Seminterato	Pilastro	C(0,75)	56,57
Seminterato	Pilastro	C(1,75)	20,60
Seminterato	Trave	1(1/4)	33,76
Seminterato	Trave	1(3/4)	30,42
Seminterato	Trave	2(1/4)	42,73
Seminterato	Trave	2(3/4)	44,47
Seminterato	Trave	3(1/4)	41,60
Seminterato	Trave	3(3/4)	40,24
Terra	Pilastro	A(1)	53,45
Terra	Pilastro	A(2)	50,34
Terra	Pilastro	B(1)	25,25
Terra	Pilastro	B(2)	28,58
Terra	Pilastro	C(1)	37,56
Terra	Pilastro	C(2)	40,52

			SON.REB.
PIANO	ELEMENTO	ID punto	<i>DI LEO</i>
Terra	Pilastro	D(1)	48,37
Terra	Pilastro	D(2)	40,71
Terra	Pilastro	E(1)	42,64
Terra	Pilastro	E(2)	41,69
Terra	Trave	1(1/4)	45,56
Terra	Trave	1(3/4)	43,03
Terra	Trave	2(1/4)	51,45
Terra	Trave	2(3/4)	51,11
Terra	Trave	3(1/4)	43,16
Terra	Trave	3(3/4)	45,83
Terra	Trave	4(1/4)	21,40
Terra	Trave	4(3/4)	53,51
Terra	Trave	5(1/4)	46,81
Terra	Trave	5(3/4)	46,89

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.

5 Documentazione fotografica



Ulteriori immagini sono riportate in calce agli allegati