

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 "Pile 1° Maggio"

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. 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.....	10
3.1	Riepilogo e quantità delle indagini	10
3.2	Verifiche ai sensi del D.M. 1086	10
3.3	Controlli non distruttivi.....	10
3.3.1	Prove Son.Reb.....	10
3.3.2	Prove con pacometro.....	12
3.3.3	Prove georadar	12
3.4	Prove di carico	12
4	Considerazioni sui risultati ottenuti	13
4.1	Verifiche ai sensi 1086 e controlli non distruttivi	13
5	Documentazione fotografica.....	15

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

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>Indagini georadar</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 "Pile 1° Maggio" 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 Materna Pile 1° Maggio.

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)
 - *Indagine georadar*
 - o Identificazione delle barre di armatura e valutazione del copri ferro
 - Pacometro
 - *Indagine georadar*

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)

- n.1 sezione georadar con antenna da 1.5GHz per ogni lato libero dell'elemento strutturale (minimo 2)

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).



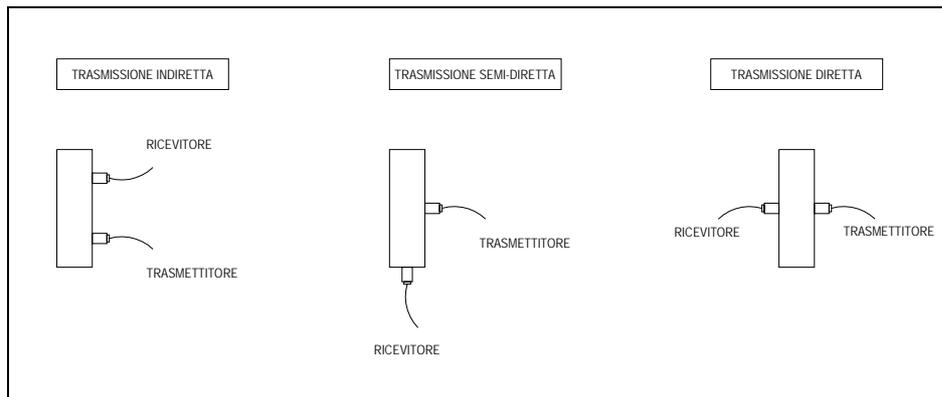
Ultrasuoni

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.

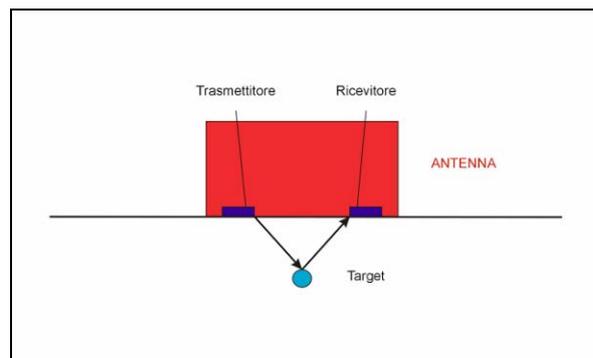
La prova viene effettuata facendo scorrere la sonda sulla superficie dell'elemento in esame fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che indica la posizione della barra di armatura. Quando la sonda individua la posizione, l'unità emette un segnale acustico e visualizza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

Pachometro Profometer 5 modello S (PROCEO)



2.2.2.3 Georadar

La prospezione georadar immette nel terreno degli impulsi elettromagnetici ad alta frequenza e ne misura la risposta. L'antenna (in configurazione monostatica) immette l'impulso nel mezzo e riceve il segnale riflesso dalle discontinuità presenti. L'antenna è in grado di emettere gli impulsi e contemporaneamente ricevere il segnale riflesso poiché contiene due dipoli: il trasmettitore che genera l'impulso e il ricevitore che registra il segnale riflesso o di ritorno.



Gli impulsi trasmessi dall'antenna si ripetono con una determinata frequenza attraverso la quale è possibile valutare la penetrazione dell'impulso e quindi la profondità di investigazione e la risoluzione del metodo. Maggiore sarà la frequenza, più alta sarà la possibilità di identificare oggetti di dimensioni ridotte ma minore sarà la profondità di investigazione.

Il segnale viene riflesso quando incontra un contatto tra materiali differenti che abbiano una diversa costante dielettrica. Maggiore è il contrasto di costante dielettrica e più evidente sarà la riflessione ottenuta.

Le riflessioni possono essere di tipo lineare, quando il riflettore è rappresentato da una superficie continua, oppure di tipo puntuale qualora il riflettore sia un oggetto di dimensioni ridotte o ben definite (es. barre di armatura, sottoservizi). La riflessione di tipo puntuale appare come un'iperbole poiché l'antenna emette impulsi, la cui geometria di trasmissione è paragonabile ad un tronco di cono. Pertanto, gli impulsi potranno essere riflessi anche da target che non sono posti esattamente lungo la verticale. L'antenna inizia a ricevere segnali di ritorno già mentre si avvicina al riflettore e continua a riceverli anche dopo averlo superato.

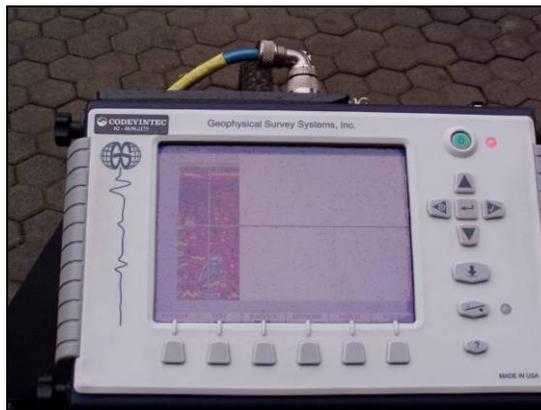
Il segnale riflesso viene digitalizzato da una unità di acquisizione e memorizzato in forma binaria su memoria di massa (hard disk).

I dati acquisiti sono successivamente trasferiti su computer ed elaborati al fine di ottenere le radargrafie, ovvero rappresentazioni continue, con opportuna scala colore, degli impulsi elettromagnetici emessi dall'antenna, riflessi in vario modo nel mezzo indagato e ricevuti dalla stessa antenna.

L'attrezzatura di prova sarà costituita dai seguenti componenti:

1. modello SIR3000 della GSSI con le seguenti caratteristiche
 - a. risoluzione 16 bit
 - b. possibilità di collegamento encoder distanze
 - c. monitor a colori
2. set di antenne radar, dotate di amplificatore di potenza; la frequenza dell'antenna utilizzata sarà funzione degli obiettivi delle indagini, della profondità di investigazione e delle caratteristiche dei materiali indagati. Viene previsto l'impiego di una antenna con frequenza centrale pari a 1.500MHz
3. cavo schermato di collegamento tra l'unità di acquisizione e l'antenna

Georadar SIR 3000 della GSSI Instruments



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
1	10	10	5	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
terra	trave	2 ¼	C.1	17,37

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	lr	TEMPO μ s	TARATURA μ s	DISTANZA cm	V m/s
Terra	Pilastro	1 (1)	24	38	22	25	19	28	20	14	18	26	25	78,2	55,2	20,00	2677
Terra	Pilastro	1 (2)	34	29	38	29	32	26	22	22	29	23	30	74,0	55,2	20,00	2837
Terra	Pilastro	2 (1)	30	31	24	22	22	26	32	34	31	34	30	71,6	55,2	20,00	2937
Terra	Pilastro	2 (2)	32	20	38	30	36	22	30	22	26	18	30	77,8	55,2	20,00	2692
Terra	Pilastro	3 (1)	28	23	24	32	31	25	29	20	30	31	29	59,9	55,2	20,00	3546
Terra	Pilastro	3 (2)	30	23	20	20	25	21	16	14	18	24	23	79,2	55,2	20,00	2642
Terra	Pilastro	4 (1)	21	30	23	24	34	24	28	22	36	35	29	82,9	55,2	20,00	2519
Terra	Pilastro	4 (2)	29	28	34	18	26	29	22	28	29	22	28	83,1	55,2	20,00	2513
Terra	Pilastro	5 (1)	23	22	19	12	12	19	19	21	16	21	20	102,6	55,2	20,00	2018
Terra	Pilastro	5 (2)	26	22	26	24	28	23	19	20	22	19	24	125,7	55,2	20,00	1637

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	lr	TEMPO μ s	TARATURA μ s	DISTANZA cm	V m/s
Terra	Trave	1 (1/4)	18	17	22	18	20	16	17	18	22	20	19	110,8	55,2	20,00	1864
Terra	Trave	1 (3/4)	14	20	22	28	14	20	26	28	24	18	23	90,5	55,2	20,00	2299
Terra	Trave	2 (1/4)	12	14	16	12	12	18	14	14	18	16	15	77,2	55,2	20,00	2714
Terra	Trave	2 (3/4)	16	18	18	15	13	24	18	16	18	12	18	74,4	55,2	20,00	2821
Terra	Trave	3 (1/4)	16	13	14	18	16	18	21	16	20	12	17	69,8	55,2	20,00	3017
Terra	Trave	3 (3/4)	16	15	16	14	12	18	12	20	13	14	16	78,7	55,2	20,00	2660
Terra	Trave	4 (1/4)	18	20	20	16	15	18	14	21	18	18	19	76,0	55,2	20,00	2759
Terra	Trave	4 (3/4)	20	16	20	18	20	18	20	14	18	16	19	73,6	55,2	20,00	2853
Terra	Trave	5 (1/4)	18	22	16	21	22	16	16	20	16	18	19	137,2	55,2	20,00	1496
Terra	Trave	5 (3/4)	22	16	20	20	20	21	19	22	23	20	21	82,8	55,2	20,00	2522

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.

3.3.3 Prove georadar

Per gli elementi testati (travi e pilastri) sono state eseguite almeno due sezioni georadar (una per lato disponibile) su tutto lo sviluppo dell'elemento strutturale

3.4 Prove di carico

Per la scuola in esame non è stata eseguita alcuna prova di carico su solaio

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.1	17,37

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>	26,8	2602	18,6	2,500
<i>minimo</i>	20,0	1637	15,3	1,496
<i>massimo</i>	30,3	3546	23,3	3,017
<i>dev.st</i>	3,6	5123	2,3	481,5

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 26,8 MPa per i pilastri e 18,6 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:

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

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

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.

SCLEROMETRO				SON.REB.
EDIFICIO	PIANO	ELEMENTO	ID punto	<i>DI LEO</i>
materna	Terra	Pilastro	1 (2)	12,24
materna	Terra	Pilastro	2 (1)	13,43
materna	Terra	Pilastro	3 (1)	20,19

Indagine georadar

Le indagini georadar non mostrano evidenze di lesioni e/o vespai all'interno dei getti di calcestruzzo.

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



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