

**INDAGINI E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI
SULLE STRUTTURE DELLA SCUOLA PRIMARIA DI RIVE D'ARCANO (UD)**



Rapporto Tecnico: 1527 MIC

Opera: Scuola Primaria

Località: Via Roma, 6, 33030 Rive D'arcano UD

Data esecuzione dei controlli: 12 febbraio 2018

Committente: Comune di Rive D'Arcano

Equipe d'intervento:

dott. Massimiliano La Porta
dott. Roberto Chiappini
arch. Francesco Viviani

Il Direttore Tecnico:

dott. Massimiliano La Porta

IN SITU s.r.l.
Località Gropada n° 117
34149 TRIESTE TS
P. IVA 01133420321

IN SITU S.r.l. - Località Gropada n° 117 - 34149 TRIESTE - Tel. 040 2451621 - Fax. 040 9890893
CF e PIVA 01133420321 - I.R. CCIAA - TS - 01133420321
Capitale Sociale € 15'000,00 I.V.
www.proveinsitu.it info@proveinsitu.it



Personale qualificato esperto III livello in Prove e Monitoraggi su strutture in calcestruzzo, calcestruzzo armato e precompresso, muratura e strutture metalliche.



1. GENERALITÀ	3
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	3
3. METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
METODO ELETTROMAGNETICO	5
MICROSCASSO	8
PROVA COLORIMETRICA	9
MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO (UNI EN 12504-2: 2012)	10
METODO PULL-OUT (UNI EN 12504-3: 2005)	12
ENDOSCOPIA E VIDEOISPEZIONE	13
MARTINETTI PIATTI	15
PENETROMETRO DA MALTA	20
4. ACQUISIZIONE DATI	22
PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE	23
RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE	24
5. RISULTATI SPERIMENTALI	26
CALCESTRUZZI - RISULTATI INDAGINI	26
MURATURE - RISULTATI INDAGINI	32
SOLAI - RISULTATI INDAGINI	39
6. CERTIFICAZIONE PERSONALE	41
7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	43

1. GENERALITÀ

Il Comune di Rive D'Arcano ha incaricato la società IN SITU s.r.l. - SERVIZI TECNICI PER L'INGEGNERIA - di eseguire una campagna di indagini multidisciplinari per la verifica delle strutture in ca e muratura della scuola elementare sita in via Roma 6, Rive d'Arcano (UD).

Le indagini in cantiere sono state eseguite il 12 febbraio 2018.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le specifiche attività per lo svolgimento delle indagini in oggetto sono state le seguenti:

- identificazione delle strutture da indagare;
- preparazione delle aree di prova;
- preparazione dell'attrezzatura;
- numerazione zone di prova;
- effettuazione delle prove e dei rilievi;
- analisi dei risultati;
- redazione della relazione tecnica.

La Committenza, allo scopo di valutare le caratteristiche costruttive degli elementi strutturali del manufatto, ha richiesto una campagna conoscitiva multidisciplinare di indagini.

Per l'individuazione dei ferri d'armatura negli elementi in c.a. (controllo richiesto per la verifica delle armature e propedeutico all'esecuzione delle verifiche) è stata utilizzata **l'indagine pachometrica** (metodologia d'indagine elettromagnetica in conformità alle normative BS1881: 201 e 204, DIN 1045 e ASTM C876).

Per i controlli della resistenza delle strutture in ca e muratura del loro stato di fatto e del numero e tipologia di armature impiegate nel confezionamento del c.a., si sono utilizzate le seguenti metodologie:

- **Microscasso** per l'individuazione di tipologia e diametri dell'armatura delle strutture verificate.
- **Indagine sclerometrica** al fine di valutare in modo indiretto la resistenza del calcestruzzo su un numero di elementi considerato rappresentativo dell'intera struttura in conformità alle norme UNI EN 12504-2: 2012.
- **Prova pull out** (estrazione di inserti) in conformità alle norme UNI EN 12504-3.
- **Prova colorimetrica**.

Per i controlli sulle tipologie di murature in pietra o mattoni sono state utilizzate le seguenti metodologie:

- **Definizione della tessitura muraria** aperture intonaco 1x1m.
- **Definizione dell'immorsamento** della muratura aperture intonaco nell'intersezione delle murature.
- **Indagine videoendoscopica** per definizione spessore e presenza murature a "sacco".



Personale qualificato esperto III livello in Prove e Monitoraggi su strutture in calcestruzzo, calcestruzzo armato e precompresso, muratura e strutture metalliche.



- **Martinetto piatto singolo e doppio** per la determinazione della tensione di esercizio, del limite elastico, del modulo elastico e del limite di rottura di una porzione di muratura portante dell'edificio.
- **Indagine penetrometrica su malta** per avere una stima della resistenza.

Per la verifica dei solai sono state utilizzate le seguenti metodologie:

- **Verifica controsoffitti** tipologia e pendinatura.

Per la ricostruzione geometrica delle strutture e la determinazione dei rapporti tra esse, si è eseguita una campagna di **misure, rilievi visivi e fotografici**.

3. METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

METODO ELETTROMAGNETICO

Il Pachometro è uno strumento utilizzato per localizzare in modo rapido ed accurato la presenza e l'orientamento delle barre nel calcestruzzo armato e misurare, con buona precisione, lo spessore di copriferro ed il diametro dei ferri d'armatura.

Tale metodologia di prova è regolamentata dalle seguenti normative: BS1881: 201 e 204, DIN 1045 e ASTM C876.



Il rilievo dei ferri d'armatura con il metodo elettromagnetico risulta l'indispensabile ed imprescindibile fase preliminare per qualunque altra tipologia di controllo su strutture in c.a. in quanto evita che la prova che venga eseguita a ridosso della carpenteria di una struttura.

Indagini sclerometriche, ultrasuono, pull-out, carotaggi, ecc..., eseguite senza una precedente indagine pachometrica non possono essere ritenute valide considerato che i risultati possono essere stati influenzati dalla presenza delle armature.

Il rilievo dei ferri d'armatura nelle strutture in C.A. (barre e staffe) viene quindi

utilizzato sia per l'individuazione di zone libere utili all'esecuzione delle prove non invasive (metodo microsismico) e semidistruttive (pull out, carotaggi, ...), sia per verificare la geometria della carpenteria metallica all'interno di una struttura in cls. Spesso, infatti, si opera su manufatti per i quali non si hanno dati sulla disposizione delle armature, sull'esecuzione delle strutture e sulle caratteristiche dei materiali impiegati ed il quesito che, il più delle volte viene posto agli specialisti del settore, è quello di conoscere l'effettiva disposizione delle barre di armatura, il loro numero, il loro



diametro e la misura dello spessore del copriferro senza danneggiare la struttura in esame.

Lo strumento sfrutta il principio delle *correnti passive*: un conduttore massiccio, come può essere un'armatura, sottoposto ad un campo d'induzione magnetica dissipa una certa quantità di potenza in funzione della sua resistività e geometria. Tale metodologia d'indagine si avvale del principio della misurazione dell'assorbimento del campo magnetico, prodotto dalla stessa apparecchiatura.

La posizione dei ferri è determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra.

Un sistema d'informazione direzionale indica se la sonda si avvicina o si allontana dalla barra permettendo di raggiungere precisioni molto elevate, dell'ordine del millimetro.

La posizione delle barre viene sempre individuata con estrema precisione e rapidità grazie alla presenza di dispositivi ottici (LED ultraluminoso e barra di intensità del segnale) e spie audio a frequenza variabile, distinguibili in modo chiaro anche in ambienti rumorosi.

L'individuazione delle barre d'armatura sugli elementi in c.a. è stata eseguita con un Pachometro Multifunzione Elcometer Covermaster P331-H.

In alternativa alla strumentazione sopra descritta, per una ricostruzione di maggior dettaglio delle strutture indagate è stato utilizzato il Ferroskan FS200 S della Hilti.

Il Ferroskan di Hilti, a differenza della maggior parte degli altri pachometri che si basano indifferentemente o sul principio delle correnti parassite (eddy currents) o su quello dell'induzione magnetica (magnetic induction), li sfrutta entrambi risultando così immune da interferenze elettriche, magnetiche, termiche e non subendo condizionamenti dovuti ad effetti ionici dell'umidità nel calcestruzzo stagionato.



Pachometro Ferroskan HILTI PS 200 S

Come conseguenza di ciò, durante il rilievo e nella successiva elaborazione, si ha una buona precisione e riproducibilità dei dati.

Lo strumento è in grado di effettuare una rapida analisi in sito, consentendo di determinare diversi parametri legati alla struttura stessa, come la direzione, la distanza tra ferri, la posizione, il diametro e lo spessore del copriferro. La profondità massima di rilevamento del copriferro è di 160 mm con una precisione di ± 3 mm, mentre per la definizione dei diametri delle armature la profondità massima si riduce a 60 mm (il range del diametro ferro min-max rilevabile va da 6 - 36 mm).

Lo strumento restituisce sostanzialmente una immagine simile ad una rappresentazione radiografica. Il software di elaborazione dedicato, a seguito di analisi del segnale relativo all'immagine acquisita, permette di visualizzare la disposizione, il diametro delle barre di armatura e lo spessore di copriferro direttamente in cantiere, per mezzo di apposito pc portatile dotato di display, che oltre ad elaborare in sito i dati acquisiti, ha anche la funzione di immagazzinare numerose scansioni su scheda di memoria.

Effettuata l'elaborazione, basta posizionare il puntatore nelle zone verificate dal software (aree blu), per ottenere informazioni speditive di massima relative al diametro, alla profondità e alla posizione rispetto alle altre barre di armatura (es. passo staffe).

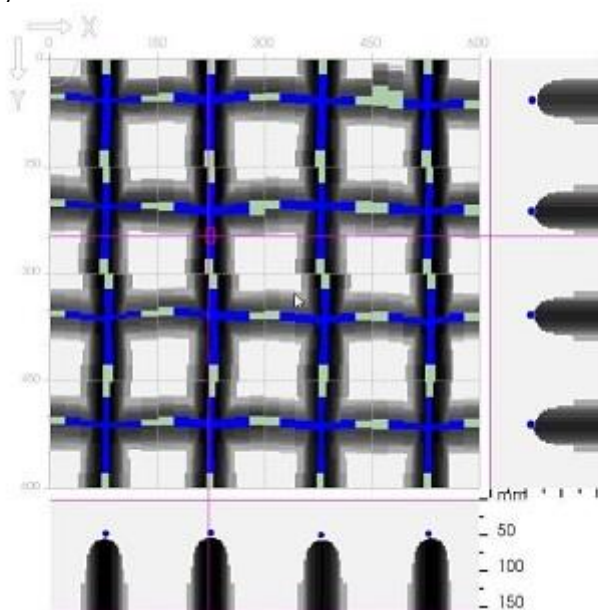
Successivamente, in fase di post-processazione dei dati, è possibile approfondire i risultati dell'indagine attraverso il software PROFIS, che consente la visualizzazione ed elaborazione delle

scansioni, al fine di estrarre tutte le informazioni necessarie a ricostruire le armature presenti (diametri, copriferro, posizione delle armature etc.) con la maggiore precisione possibile.



Tablet PSA 200 per il post-processo.

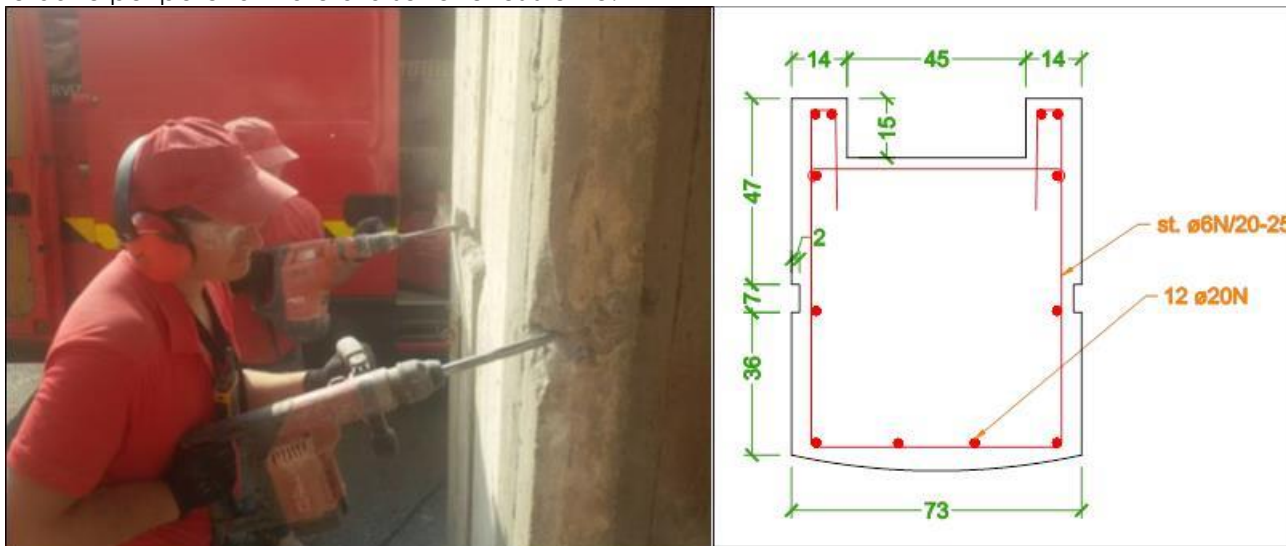
Per la semplice ricerca della posizione delle barre e dello spessore di copriferro, si procede facendo scorrere lo scanner in modo parallelo prima alle staffe. Una volta individuate e tracciate quest'ultime, si passa nuovamente lo scanner tra due di esse (sempre parallelamente al verso delle barre di cui si vuole effettuare la ricerca) e si segna la posizione dei ferri longitudinali. Lo strumento alla presenza di elementi metallici emette un suono quanto più si è vicini ad esso, visualizzando contemporaneamente sul display dello scanner sia l'intensità di segnale (per determinare l'esatta posizione della barra) che lo spessore del copriferro. Per una analisi più approfondita, ovvero per la determinazione dei diametri, dello spessore del copriferro e dell'esatta disposizione delle armature, si procede effettuando delle scansioni su una griglia preimpostata con maglia 15x15 cm. Ogni singola scansione consente di coprire un'area massima di 60 x 60 cm. Nel caso in cui sia necessario verificare una superficie maggiore, per mezzo di un'altra funzione fornita dallo strumento, si procede a scansioni multiple ovvero all'acquisizione di più scansioni singole, che il software provvede poi ad assemblare secondo la sequenza stabilita dall'operatore (superficie massima scansionabile 240 x 240 cm).



Scansione con Ferroskan post elaborazione del software

MICROSCASSO

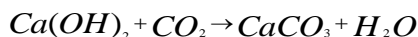
Per evidenziare il diametro e la tipologia delle barre d'armatura di strutture in cls la fase successiva all'indagine pacometrica è l'esecuzione di microscassi. Viene asportato il copriferro e messe in luce le barre per poter arrivare alla sezione resistente.



Nelle immagini sono riportate le fasi di demolizione e di restituzione della sezione strutturale. Fasi che saranno seguite dal ripristino strutturale con materiali fibro-rinforzati e trattati in allegato.

PROVA COLORIMETRICA

La carbonatazione è un processo chimico per il quale l'anidride carbonica presente nell'aria viene assorbita dal cls, trasformando l'idrossido di calcio (fortemente basico), in carbonato di calcio secondo la reazione:



Tale reazione determina un abbassamento del pH del cls da valori prossimi a 12 a valori inferiori a 9, con la conseguente eliminazione della naturale barriera alcalina passivante dei ferri d'armatura. Infatti, un conglomerato cementizio correttamente proporzionato, presenta un ambiente fortemente alcalino (pH 12-13) che inibisce le reazioni di ossidazione delle armature.



Nel momento in cui la carbonatazione raggiunge l'armatura, avviene dunque in quest'ultima il pericoloso fenomeno della corrosione, con tutte le dannose conseguenze ad esso associate (rigonfiamento delle barre e distacco del copriferro, perdita di sezione utile, ...).

La prova può essere effettuata direttamente sull'elemento strutturale, in corrispondenza di una prova di pull out, asportando il copriferro di uno spigolo, all'interno di un foro o su un provino cilindrico estratto mediante carotaggio dall'elemento stesso.

La misura della profondità di carbonatazione è stata determinata con il metodo del viraggio chimico, spruzzando sulla superficie del conglomerato cementizio una soluzione di fenolftaleina all'1% in alcool etilico.

La fenolftaleina vira al viola al contatto con materiale il cui pH sia maggiore di circa 9.2 e rimane incolore per valori di pH minori.

La misura della profondità di carbonatazione, secondo la normativa, deve essere rilevata con precisione di 1 mm.

CARBONATATO	NON CARBONATATO

La velocità di penetrazione della carbonatazione all'interno del cls, nella maggior parte dei calcestruzzi, segue un andamento di tipo parabolico secondo la formula sotto riportata diminuendo all'aumentare del tempo.

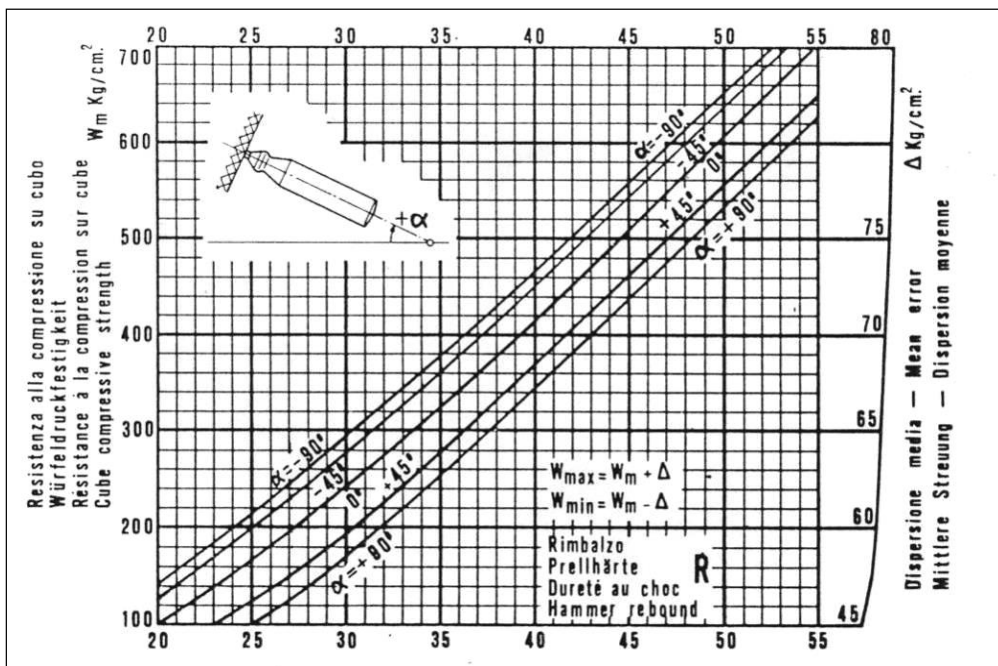
$$S = K\sqrt{t}$$

dove:

S è lo spessore dello strato carbonatato; t è il tempo; K è un coefficiente di carbonatazione che può essere assunto come un indice della velocità di penetrazione della carbonatazione. Esso dipende dalle caratteristiche del cls (permeabilità, composizione, ecc.) e dalle condizioni ambientali (umidità, concentrazione di anidride carbonica nell'aria, ecc.).

MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO (UNI EN 12504-2: 2012)

L'indagine sclerometrica, o prova sclerometrica, è una prova non distruttiva atta alla valutazione della resistenza residua a compressione di un'area di calcestruzzo indurito. Tale valutazione è



effettuata con lo sclerometro, ovvero un apparecchio meccanico consistente in un maglio di acciaio caricato a molla che, quando viene rilasciato, colpisce un pistone di acciaio a contatto con la superficie del calcestruzzo indagato. La distanza di rimbalzo del martello viene misurata su una scala lineare applicata al telaio dello strumento e fornisce un numero,

Curve di correlazione tra indice di rimbalzo e resistenza a compressione del cls.

l'indice di rimbalzo, che successivamente viene correlato, mediante apposite curve sperimentali, alla resistenza del calcestruzzo indagato. La prova si basa sulla corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione e la durezza superficiale del calcestruzzo misurata, quest' ultima, in



termini di energia elastica residua a seguito dell'urto di una massa mobile con la superficie dell'elemento da indagare. Tale prova è normata dalla UNI EN 12504-2:2012 "Prova sul calcestruzzo indurito nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico". L'indagine sclerometrica deve essere preceduta da un'accurata indagine pacometrica al fine di evitare di eseguire le battute nelle aree interessate dal passaggio delle armature o in vicinanza dei cavi e dei fili di precompressione. Al fine di verificare la perfetta funzionalità dello sclerometro, la fase di misura deve essere sempre

preceduta dalla calibrazione dello strumento su apposito incudine di taratura, calibrazione che deve essere ripetuta anche durante e alla fine della campagna d'indagine.

Le misure vanno acquisite su superfici lisce, trattate con una mola o con pietra abrasiva dedicata e mantenendo lo sclerometro posizionato sempre ortogonalmente alla superficie di prova. Ogni



superficie di prova deve essere sottoposta a n°12 battute ed i singoli punti di impatto devono essere distanti, tra loro, almeno 25mm ed effettuati sempre in zone libere da ferri d'armatura. Il valore di rimbalzo S è visualizzato sulla scala del dispositivo dopo ogni impatto. La prova sclerometrica è utilizzata per stimare, con le dovute limitazioni, la resistenza a compressione del calcestruzzo indurito: la stessa norma UNI EN 12504-2:2012 puntualizza che "l'indice sclerometrico" determinato mediante questo metodo può essere utilizzato per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo in sito, per delineare le zone o aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti

nelle strutture" e che "il metodo di prova non è inteso come alternativa per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito". La determinazione dell'indice di rimbalzo sul cls è stata eseguita con uno sclerometro di Schmidt Tipo N (PROCEQ – Zurigo – Svizzera) e relativa incudine di taratura.

METODO PULL-OUT (UNI EN 12504-3: 2005)

La prova di estrazione "Pull Out" è una tecnica:

- non distruttiva, poco invasiva, di facile e rapida esecuzione, poco incidente sugli stati tensionali dell'elemento strutturale indagato, che consente, in breve tempo, di allargare l'indagine su un numero elevato di elementi strutturali.



Per la stima della resistenza del cls in opera è stato dimostrato che, per una vasta gamma di calcestruzzi, è possibile utilizzare una correlazione generale di sufficiente accuratezza. Una maggior accuratezza, tuttavia, può essere raggiunta se si ottiene una correlazione specifica, tarando i risultati con prove di compressione eseguite su campioni cilindrici di calcestruzzo estratti dalla struttura esaminata.

L'attrezzatura si compone di:

- Martinetto oleodinamico cavo con portata 200 kN dotato di anello di contrasto in acciaio con diametro interno 55 mm e diametro esterno 70 mm (tolleranza $\pm 0,1$ mm) ed altezza >10 mm. L'estrattore in acciaio del martinetto ne consente l'avvitamento alla parte del tassello fuoriuscente dalla superficie del calcestruzzo (filettatura M20x2,5 mm e lunghezza 15 mm). L'estrattore in acciaio è stato realizzato in due elementi separati, per un più agevole utilizzo.
- Punta al widia (Fig a lato) 18 mm con adattatore per trapano a



percussione (attacco a baionetta).

- Smerigliatrice dritta elettrica (450W, 25000 g/min) con chiave di servizio, completa di fresa diamantata 18 mm e gambo 11 mm (Fig a lato).
- Pompa oleodinamica a leva manuale con manometro digitale collegata al martinetto mediante tubo idraulico (lunghezza 2,5 m) ad alta pressione (700 bar).
- Manometro digitale con fondo scala 250 bar con detentore di picco e certificato di taratura rilasciato da Laboratorio LAT (Laboratorio Accreditato di Taratura).
- Tasselli post-inseriti modello Thoro® ad espansione geometrica controllata per l'esecuzione standardizzata della prova di estrazione. Il tassello Thoro® produce meccanismi di rottura corretti e conformi alle direttive della norma.



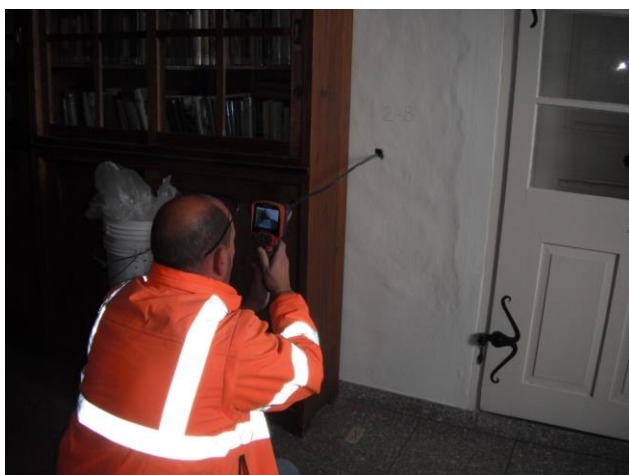
ENDOSCOPIA E VIDEOISPEZIONE

Nell'ambito dell'edilizia e dei Beni Monumentali, previa esecuzione eventuale di un foro, l'analisi endoscopica consente, grazie all'ausilio di una sonda rigida o flessibile dotata di telecamera e di illuminazione assiale, di ispezionare accuratamente l'interno di una generica struttura al fine di rilevarne tutte quelle caratteristiche altrimenti deducibili solo mediante l'esecuzione di uno scasso (tessitura muraria, stato delle malte, verifica dello stato conservativo delle teste lignee, ...).



Perforazione per videoispezione e pulizia del foro

Completata la procedura di preparazione di una generica zona di indagine si inserisce, all'interno del foro opportunamente pulito, la sonda d'ispezione capace di restituire su un video delle immagini che permettono di individuare le geometrie ed eventuali anomalie degli elementi indagati. I dati così ottenuti possono essere salvati come fotografie dei particolari più significativi o come filmato continuo dell'intera ispezione.



Fase della videoispezione e registrazione.

Tale metodologia è applicata anche per l'ispezione di condotte, tubi, canali e comunque, in genere, in tutte quelle strutture o spazi angusti dove una diretta visione da parte di un operatore non è possibile al fine di rilevarne difetti o anomalie.

Le indagini videoendoscopiche sono state eseguite utilizzando una telecamera a spinta RIDGID modello micro CA-300, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display LCD 3,5" a colori (risoluzione 320 x 240);
- Testa della videocamera struttura in alluminio, diametro 17 mm;
- Illuminazione 4 LED a luminosità regolabile;
- Lunghezza del cavo 90 cm;
- Formato immagine/video;
- Immagine: JPEG (640 x 480);
- Video: AVI (risoluzione 320 x 240);
- Uscita Video: cavo RCA;
- Videocamera impermeabile e cavo fino a 3 m;
- Fonte di alimentazione Batteria Li-Ion 3,7 V;
- Rotazione dell'immagine 4 x 90°;
- Zoom digitale;
- Memoria interna 235 MB;
- Scheda SD da 4 GB.

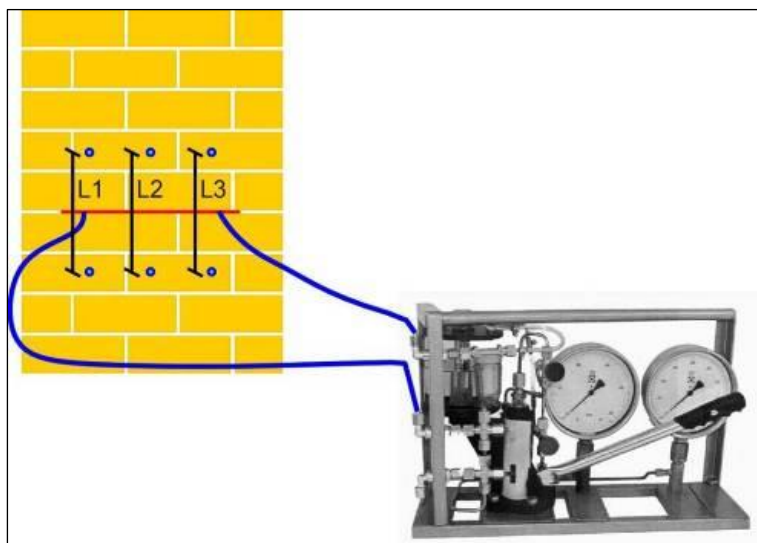


MARTINETTI PIATTI

La tecnica dei martinetti piatti applicati su muratura permette di determinare lo stato di sollecitazione e le caratteristiche di deformabilità della stessa. L'impiego di un martinetto piatto singolo consente di determinare lo stato tensionale di esercizio cui è sottoposta la muratura, l'impiego di martinetti piatti doppi di definirne la tensione di rottura ed il modulo elastico.

MARTINETTO PIATTO SINGOLO

La determinazione dello stato di sollecitazione di una muratura si basa sul rilascio tensionale



Schema di acquisizione – martinetto singolo.

La prova a martinetto singolo utilizza un approccio teorico, simile a quello utilizzato nelle prove edometriche sui terreni: eseguendo un taglio normale alla superficie si genera il rilascio istantaneo delle tensioni esistenti nella muratura. Questo deve essere annullato ponendo, nella fessura creata, un martinetto piatto che, opportunamente riempito con olio in pressione, consente di ripristinare lo stato di tensione iniziale e di definire i parametri meccanici della struttura. Di seguito sono descritti i dettagli dell'esecuzione della prova:

Dopo aver accuratamente preparato la superficie della muratura togliendo, se necessario, malte e intonaci, vengono fissate delle basi circolari ad una distanza prefissata, solitamente dell'ordine di 25–30 cm, così da formare tre coppie di punti di riferimento a distanza L_{n0} .

Mediante un comparatore millesimale, si eseguono le letture di zero tra i punti disposti.

Viene realizzato un taglio perpendicolare alla superficie della muratura (se possibile in corrispondenza di un giunto di malta), circa a metà distanza tra le coppie di riferimento scelte.

L'apertura creata provoca localmente l'azzeramento delle tensioni sulla superficie di taglio e la sua parziale chiusura. Questo avviene a causa del cedimento micrometrico che si instaura negli elementi in laterizio o muratura sovrastanti l'apertura, dovuti sia ai carichi esistenti sulla superficie derivati dalle zone superiori, sia alla nascita di un possibile effetto "arco", dovuto alla redistribuzione delle tensioni lateralmente, che permettono alla struttura di instaurare un nuovo equilibrio e di stabilizzarsi.

Questa deformazione determina un avvicinamento delle basi estensimetriche, con la conseguente riduzione della distanza tra le coppie di punti. Si otterrà quindi una misura $L_{n1} < L_{n0}$.

Viene inserito nel taglio il martinetto piatto, collegato ad una centralina di controllo mediante circuito oleodinamico. Dopo aver eliminato l'aria residua nel circuito si inizia la prova, aumentando gradualmente la pressione interna dell'olio nel martinetto fino a raggiungere una configurazione geometrica uguale a quella iniziale, misurata all'origine della prova.

All'aumentare della pressione nel circuito idraulico il martinetto tende a ripristinare la tensione di esercizio, riportando le coppie di punti di riferimento alla distanza originale.

La tensione del martinetto che annulla la convergenza delle superfici murarie, provocata dal taglio, è uguale alla tensione verticale media preesistente nella muratura, salvo fattori di correzione dovuti al rapporto tra il martinetto e la superficie di taglio.

Il fattore di correzione deve considerare il rapporto tra l'area del martinetto e l'area di taglio (K_a è il rapporto tra area del martinetto e area di taglio) e di K_m , la costante di rigidezza intrinseca del singolo martinetto, determinata con test di taratura in laboratorio e legata al fattore di forma (contiene informazioni legate al materiale utilizzato, alla rigidità, alla dimensione e al tipo di bordo).

In questo modo la tensione media di esercizio σ_e , nella zona di prova, risulta legata alla pressione di ripristino determinata dal martinetto dalla relazione:

$$\sigma_e = p \times K_m \times K_a$$

Ricapitolando:

σ_e tensione di esercizio.

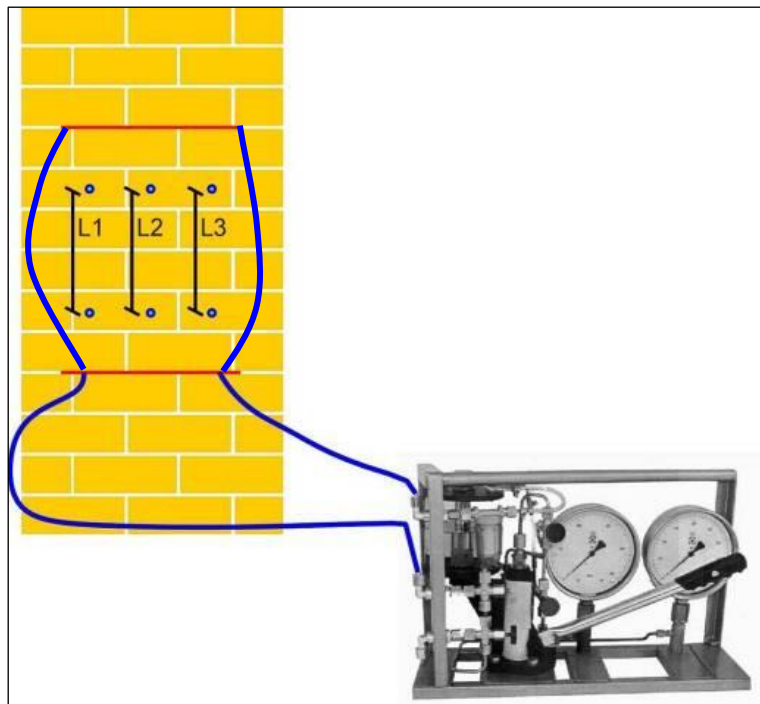
p pressione di ripristino del martinetto.

K_m costante di rigidezza del martinetto.

K_a rapporto A_m/A_t (superficie martinetto / superficie di taglio).

MARTINETTO PIATTO DOPPIO

La prova con due martinetti piatti ha lo scopo di definire le caratteristiche di deformabilità della muratura, determinandone il *modulo elastico*. Il controllo in opera si propone di isolare un prisma di muratura sufficientemente grande per sottoporlo, grazie all'ausilio di due martinetti,



ad un carico di compressione noto. In questo modo si instaura un complesso di deformazioni normali e tangenziali alla forza applicata facilmente misurabili. La verifica dello stato tensionale e l'esame dei risultati durante l'esecuzione della prova, consente di osservare eventuali perdite di elasticità e rilevare la tensione di collasso ultima della struttura.

Di seguito sono descritti i dettagli dell'esecuzione della prova.

Dopo aver accuratamente preparato la superficie della muratura, togliendo malte e intonaci, vengono fissate delle dime circolari ad una distanza prefissata, solitamente dell'ordine di 25-30 cm, così da formare tre coppie di punti di riferimento.

Schema di acquisizione – martinetto doppio. Vengono realizzati due tagli orizzontali perpendicolari alla superficie della muratura (se possibile in corrispondenza di giunti di malta), circa a 50-60 cm di distanza tra loro.

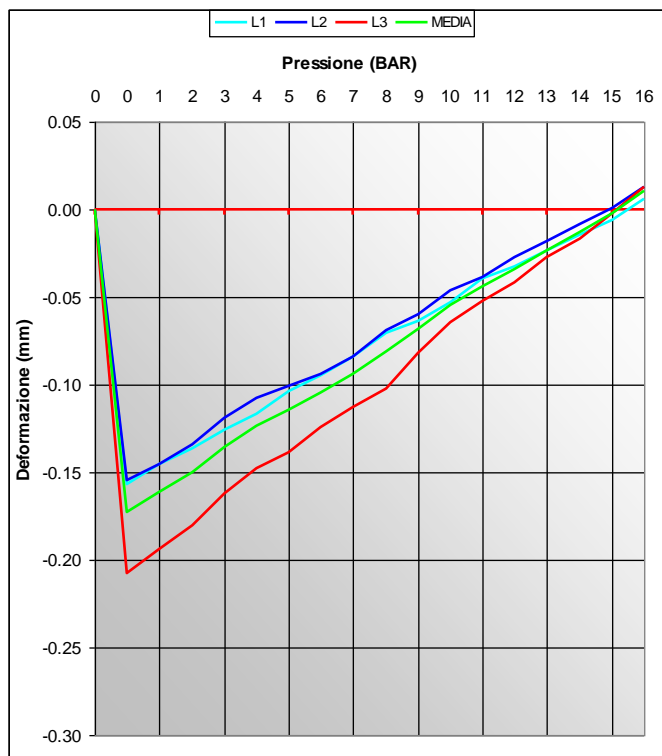
I martinetti vengono immediatamente inseriti nelle fessure e collegati in parallelo alla medesima pompa. Dopo aver eliminato l'aria residua nel circuito si inizia la prova, aumentando gradualmente la pressione interna dell'olio nel martinetto. Mediante un comparatore millesimale si eseguono le letture di zero tra i punti disposti, corrispondenti ad una pressione nulla nel sistema oleodinamico.

APPLICAZIONE MARTINETTI PIATTI DOPPI:



Collegamento tubazioni • Lettura finale con deformometro

Aumentando successivamente la pressione si provoca la compressione del concio con la conseguente diminuzione della distanza tra i riferimenti. Le letture delle distanze relative alle tre coppie di dime, avvengono, una volta raggiunto un dato step di carico, a stabilizzazione avvenuta delle deformazioni. I valori letti



vengono così graficizzati su PC ottenendo delle curve sforzi/deformazioni. La perdita della linearità di tali diagrammi, rappresenta la tensione di rottura, oltre la quale le deformazioni escono dal campo elastico per assumere una componente prevalentemente plastica. Il campione risulta sottoposto ad uno stato di sollecitazione molto prossimo a quello di una prova di compressione mono-assiale di laboratorio, nonostante il confinamento laterale della muratura, dovuto al parziale collegamento tra il campione e la muratura circostante. Il Modulo Elastico E è facilmente ricavabile mediante la formula:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

dove ε rappresenta la deformazione verticale misurata in prossimità dell'asse di mezzeria dell'elemento, ed è

determinata dal rapporto tra la variazione di distanza tra le basi di misura durante gli step di carico (dl) e la distanza (L) iniziale. Durante la prova è possibile visualizzare l'andamento della retta sforzo/deformazione ed osservare la linearità del modulo elastico E . Nel momento in cui le deformazioni passano dal campo elastico a quello plastico la retta perde la sua linearità. Ricapitolando:

$$\sigma = p \times K_m \times K_a.$$

$$\varepsilon = dl / L.$$

dl spostamento dei riferimenti dalla base di misura.

L lunghezza della base di misura.

K_m costante di rigidità del martinetto.

K_a rapporto A_m/A_t (superficie martinetto / superficie di taglio)

Strumentazione

L'indagine è stata eseguita utilizzando la strumentazione di seguito riportata.
Il sistema utilizzato per l'applicazione dei carichi e la misura degli spostamenti è il seguente:

Sistema di carico:

- Martinetti piatti semiovali Boviar.
- Manometro digitale MCS DG2 da 700bar con precisione 0,1% FS tipica.
- Tubi e raccordi oleodinamici per alta pressione (700bar).
- Pompa oleodinamica manuale Europress.



Martinetto piatto semiovale e pompa oleodinamica.

Sistema di rilievo dei cedimenti ed elaborazione dei dati:

- Deformometro digitale di precisione Mitutoyo Absolute mod. ID-C112B.
- Barra di taratura INVAR Mitutoyo.
- Pc portatile.

Sistema taglio muratura.

- Moto troncatrice con lama diamantata HUSQVARNA K950 Ring.



Deformometro, barra di taratura e moto troncatrice.

PENETROMETRO DA MALTA

La prova non distruttiva eseguita attraverso utilizzo del penetrometro da malta ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza che il giunto di malta offre alla penetrazione di un ago di acciaio infisso mediante colpi generati da una massa in movimento con energia costante.



Il risultato che il penetrometro RSM fornisce è quindi la profondità di penetrazione espressa in mm su un numero di colpi definiti (No. 10).

Il penetrometro per malta serie RSM fornisce indicazioni sulla qualità ed omogeneità della malta sia lungo il proprio spessore sia rapportata a differenti punti della struttura sottoposta ad indagine.

Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Le curve di correlazione fornite a corredo dello strumento sono state ricavate attraverso sperimentazioni eseguite in sito. Le



caratteristiche meccaniche dei materiali [malte] testate non sono rappresentative di tutte le malte presenti in sito.

Il penetrometro per malta serie RSM deve essere utilizzato per:

- Misura della omogeneità dello strato del giunto di malta dallo strato esterno a quello interno al fine di verificare fenomeni di degrado, carbonatazione, applicazioni ed interventi successivi;
- Misura della omogeneità di differenti porzioni di malta disposte in punti differenti della stessa struttura o strutture limitrofe;
- Stima della resistenza meccanica della malta.

ACQUISITORE

File audio	44 KHz / 16 bit Possibilità di riascoltare il suono registrato in seguito all'impatto (opzionale)
Tempo di registrazione	2s to 30 sec, impostabile da utente
Alimentazione	a batteria LiFePO4 interna
Autonomia sistema	10h, Batteria ausiliaria esterna (opzionale)
Connessione	Ethernet (LAN), Wi-Fi
Memoria	0,5 a 32 Gb
Filtro passa alto	DC or 5Hz (selezionabile)

INPUT (2 CANALI ANALOGICI)

Risoluzione	18 bit
Frequenza di campionamento	48 KHz
S/n ratio	>88 dB
Lunghezza di registrazione	No limiti

OUTPUT (2 CANALI ANALOGICI)

Uscita audio	Auricolari (16 o 32 oHm)
S/n ratio	< 90 dB

MICROFONO

Tipo	130E20
Sensibilità	45mV/Pa
Ampiezza di banda (+/- 2dB)	20 Hz – 20 KHz
Range dinamico	30 a 122 dB > 90 dB

4. ACQUISIZIONE DATI

La campagna d'indagine è stata eseguita con l'obiettivo di fornire la maggior quantità di dati sulla qualità dei materiali utilizzati per la realizzazione della struttura e sul generale stato di conservazione degli elementi strutturali che la compongono.

Le indagini sono state eseguite sulle principali tipologie di strutture esistenti allo scopo di verificare la resistenza residua della muratura, del ca e il numero dei ferri di armatura con il quale sono state confezionate. Le strutture in esame sono state ispezionate visivamente e preparate per l'esecuzione delle prove. Su tutti gli elementi indagati è stato eseguito un rilievo preliminare con il metodo elettromagnetico al fine di individuare le armature presenti e le aree utili all'esecuzione delle prove.

La fase di acquisizione dati è stata preceduta dalla nomenclatura delle zone soggette a controllo per la loro identificazione univoca.

Di seguito si riporteranno i risultati delle indagini esposti con la seguente organizzazione:

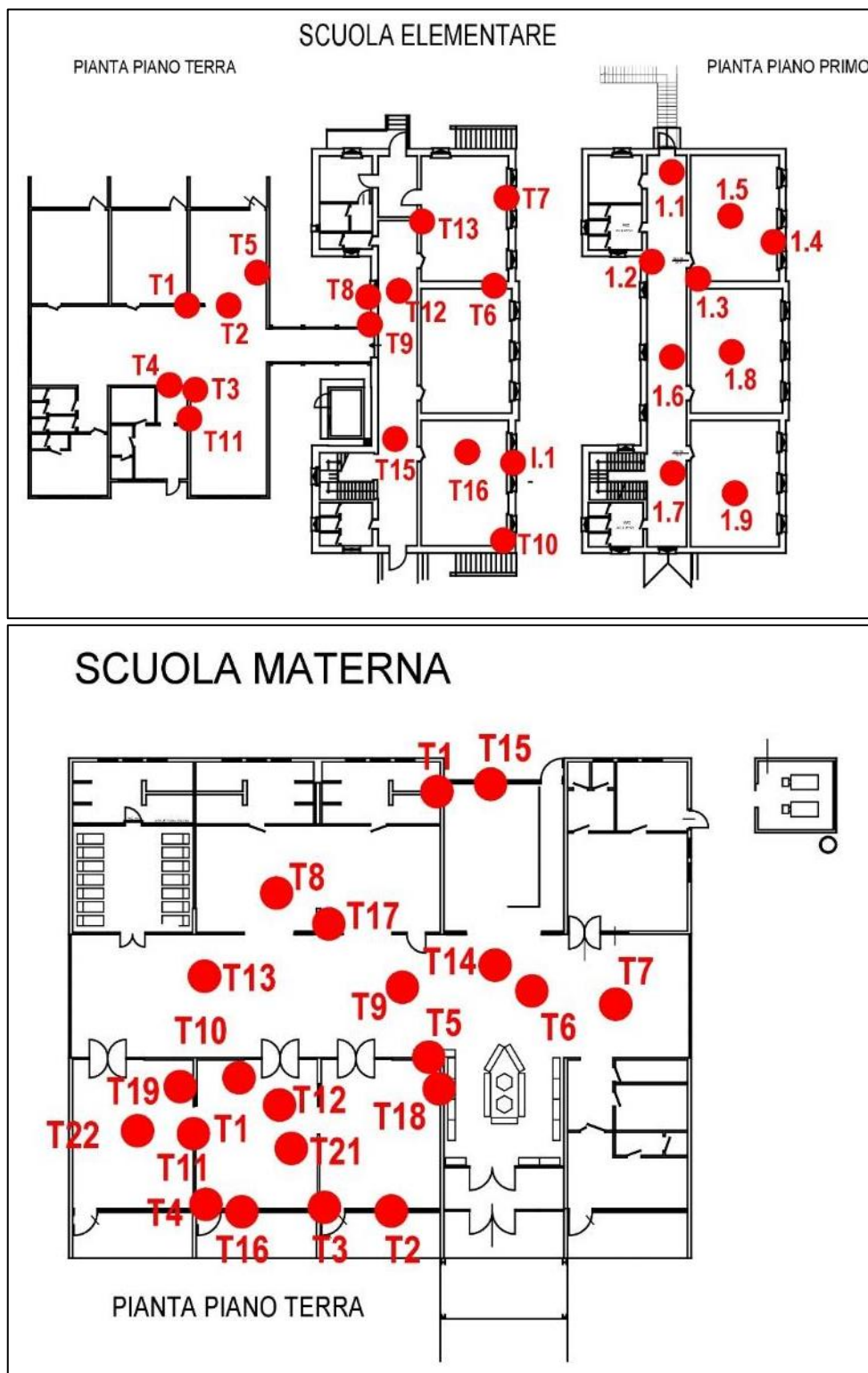
- *Planimetrie con l'ubicazione delle indagini eseguite;*
- *Riepilogo delle prove eseguite;*
- *Calcestruzzi – risultati indagini;*
- *Acciai – risultati prelievi ed indagini;*
- *Murature – risultati indagini;*
- *Solai – risultati indagini;*

Allegati:

- *Certificazione del personale;*
- *Rapporti delle prove di Laboratorio;*
- *Schede materiali per i ripristini strutturali;*
- *Normativa di riferimento.*

PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Planimetria d'inquadramento zone d'indagine.



RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE

Di seguito si riportano le indagini eseguite zona per zona.

SCUOLA ELEMENTARE

IDENTIFICATIVO					CONTROLLI SU STRUTTURE IN CA E CAP					CONTROLLI SU STRUTTURE IN MURATURA			INDAGINI SU SOLAI
PIANO	ZONA		STRUTTURA	MATERIALE	PACOMETRO	MICROSCASSO	CARBONATAZIONE	INDAGINE SCLEROMETRICA	PULL-OUT	CAROTAGGIO / INDAGINE VIDEOENDOSCOPIA SU MURATURA	MARTINETTO PIATTO	INDAGINE PENETROMETRICA SU MALTA	VERIFICA CONTROSOFFITTI
BASAMENTO	I	1	MURO	CLS+PIETRA		X				X			
PIANO TERRA	T	1	PILASTRO	CLS	X	X	X	X	X				
PIANO TERRA	T	2	TRAVE	CLS	X	X	X	X	X				
PIANO TERRA	T	3	SETTO	CLS	X	X	X	X					
PIANO TERRA	T	4	SETTO	CLS	X	X	X	X					
PIANO TERRA	T	5	COPPONE	CLS	X	X		X					
PIANO TERRA	T	6	MURO	PIETRA MISTA								X	
PIANO TERRA	T	7	MURO	PIETRA MISTA								X	
PIANO TERRA	T	8	MURO	PIETRA MISTA						X		X	
PIANO TERRA	T	9	MURO	PIETRA MISTA							X		
PIANO TERRA	T	10	MURO	PIETRA MISTA								X	
PIANO TERRA	T	11	PILASTRO	CLS				X					
PIANO TERRA	T	12	SOLAIO	LASTRE IN GESSO		X							
PIANO TERRA	T	13	SOLAIO	LASTRE IN GESSO		X							
PIANO TERRA	T	14	SETTO	CLS	X			X					
PIANO TERRA	T	15	SOLAIO	LASTRE IN GESSO		X							
PIANO TERRA	T	16	SOLAIO	LASTRE IN GESSO		X							
PRIMO PIANO	1.	1	MURO	MURATURA MISTA								X	
PRIMO PIANO	1.	2	MURO	MURATURA MISTA								X	
PRIMO PIANO	1.	3	MURO	MURATURA MISTA								X	
PRIMO PIANO	1.	4	MURO	MURATURA MISTA								X	
PRIMO PIANO	1.	5	CONTROSOFFITTO	GESSO		X							X
PRIMO PIANO	1.	6	CONTROSOFFITTO	GESSO		X							X
PRIMO PIANO	1.	7	CONTROSOFFITTO	GESSO		X							X
PRIMO PIANO	1.	8	CONTROSOFFITTO	GESSO		X							X
PRIMO PIANO	1.	9	CONTROSOFFITTO	GESSO		X							X

SCUOLA MATERNA

IDENTIFICATIVO					CONTROLLI SU STRUTTURE IN CA E CAP					INDAGINI SU SOLAI
PIANO	ZONA		STRUTTURA	MATERIALE	PACOMETRO	MICROSCASSO	CARBONATAZIONE	INDAGINE SCLEROMETRICA	PULL-OUT	VERIFICA CONTROSOFFITTI
TERRA	T	1	PIL	CLS	X	X	X	X	X	
TERRA	T	2	TRAVE	CLS	X	X	X	X	X	
TERRA	T	3	PIL	CLS	X	X	X	X	X	
TERRA	T	4	TRAVE	CLS	X	X	X	X	X	
TERRA	T	5	PIL+SETTO	CLS	X	X		X		
TERRA	T	6	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	7	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	8	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	9	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	10	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	11	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	12	CONTROSOFFITTO	FIBRA MINERALE						X
TERRA	T	13	COPPONE	CLS	X			X		
TERRA	T	14	COPPONE	CLS	X			X		
TERRA	T	15	TRAVE	CLS	X			X		
TERRA	T	16	TRAVE	CLS	X			X		
TERRA	T	17	PIL	CLS	X					
TERRA	T	18	PIL	CLS	X					
TERRA	T	19	TRAVE	CLS	X					
TERRA	T	20	TRAVE	CLS	X					
TERRA	T	21	COPPONE	CLS	X					
TERRA	T	22	COPPONE	CLS	X					

5. RISULTATI SPERIMENTALI

CALCESTRUZZI - RISULTATI INDAGINI

INDAGINI PACOMETRICHE E MICRODEMOLIZIONI

Le indagini pacometriche e le microdemolizioni in entrambi gli edifici hanno rilevato che le armature sono conformi al progetto.



Una fase dei rilievi pacometrici e delle microdemolizioni



Fasi delle microdemolizioni.

INDAGINI SCLEROMETRICHE SCUOLA ELEMENTARE

IDENTIFICATIVO				RISULTATI INDICE SCLEROMETRICO (UNI EN 12504-2: 2012)														
PIANO	ZONA		STRUTTURA	PROVE ESEGUITE CON SCLEROMETRO DI SCHMIDT TIPO N CON RELATIVA INCUDINE DI TARATURA												ANGOLO DI IMPATTO α (°)	INDICE SCLEROMETRICO MEDIO RILEVATO	RESISTENZA MECCANICA DA PROVA SCLEROMETRICA (N/mm ²)
PIANO TERRA	T	1	PILASTRO	48	48	47	47	46	48	48	47	48	47	48	48	0	48	52,9
PIANO TERRA	T	2	TRAVE	49	51	49	54	50	49	48	50	53	48	53	50	0	50	60,5
PIANO TERRA	T	3	SETTO	45	42	47	45	43	48	46	47	48	42	47	46	0	46	48,2
PIANO TERRA	T	4	SETTO	44	47	45	48	45	44	44	45	44	44	45	46	0	45	48,2
PIANO TERRA	T	5	COPPONE	45	45	48	46	46	47	46	47	45	48	48	48	0	47	50,1
PIANO TERRA	T	11	PILASTRO	46	45	44	45	44	45	45	46	44	44	44	46	0	45	45,3
PIANO TERRA	T	14	SETTO	46	48	47	47	46	47	46	47	47	46	48	48	0	47	50,1

INDAGINI SCLEROMETRICHE SCUOLA MATERNA

IDENTIFICATIVO				RISULTATI INDICE SCLEROMETRICO (UNI EN 12504-2: 2012)														
PIANO	ZONA		STRUTTURA	PROVE ESEGUITE CON SCLEROMETRO DI SCHMIDT TIPO N CON RELATIVA INCUDINE DI TARATURA												ANGOLO DI IMPATTO α (°)	INDICE SCLEROMETRICO MEDIO RILEVATO	RESISTENZA MECCANICA DA PROVA SCLEROMETRICA (N/mm²)
TERRA	T	1	PIL	38	38	39	39	40	38	38	40	38	39	40	38	0	39	36,2
TERRA	T	2	TRAVE	41	39	41	40	39	39	40	41	40	39	41	39	0	40	38,6
TERRA	T	3	PIL	32	32	31	31	31	31	31	32	32	31	32	33	0	32	26,9
TERRA	T	4	TRAVE	40	40	41	40	41	41	39	39	41	39	41	40	0	40	41,1
TERRA	T	5	PIL+SETTO	39	39	38	39	38	38	37	40	40	39	40	37	0	39	36,2
TERRA	T	13	COPPONE	40	39	40	38	38	39	39	40	40	40	39	38	0	39	38,6
TERRA	T	14	COPPONE	39	40	38	40	40	40	40	38	38	40	38	40	0	39	38,6
TERRA	T	15	TRAVE	39	39	41	41	41	40	40	41	39	41	41	39	0	40	41,1
TERRA	T	16	TRAVE	41	41	39	38	38	38	39	40	39	38	41	41	0	39	38,6

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Esecuzione dell'indagine sclerometrica.

CARBONATAZIONE SCUOLA ELEMENTARE

Le prove di carbonatazione sono state tutte eseguite nei fori delle prove di Pull Out.

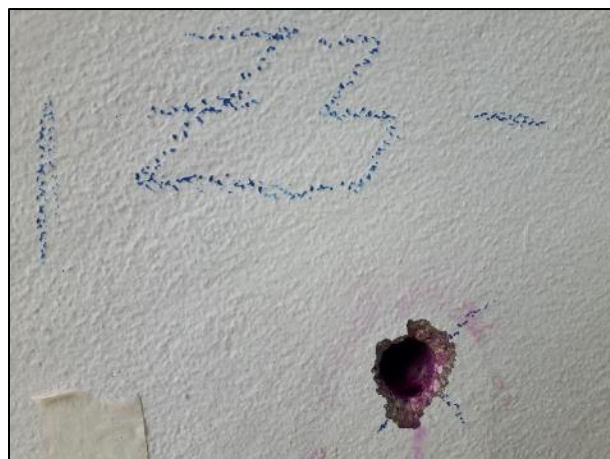
IDENTIFICATIVO				PROFONDITA' CARBONATAZIONE (mm)
PIANO	ZONA		STRUTTURA	
PIANO TERRA	T	1	PILASTRO	3
PIANO TERRA	T	2	TRAVE	6

CARBONATAZIONE SCUOLA MATERNA

Le prove di carbonatazione sono state tutte eseguite nei fori delle prove di Pull Out.

IDENTIFICATIVO				PROFONDITA' CARBONATAZIONE (mm)
PIANO	ZONA		STRUTTURA	
TERRA	T	1	PIL	4
TERRA	T	2	TRAVE	6
TERRA	T	3	PIL	3
TERRA	T	4	TRAVE	6

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CARBONATAZIONE



PROVE PULL OUT SCUOLA ELEMENTARE

IDENTIFICATIVO				RISULTATI PROVE		
PIANO	ZONA		STRUTTURA	Pressione rilevata (bar)	Forza applicata (kN)	Resistenza cubica in sito (N/mm ²)
PIANO TERRA	T	1	PILASTRO	90	27,4	25,8
PIANO TERRA	T	2	TRAVE	138	42,0	39,5

PROVE PULL OUT SCUOLA MATERNA

IDENTIFICATIVO				RISULTATI PROVE		
PIANO	ZONA		STRUTTURA	Pressione rilevata (bar)	Forza applicata (kN)	Resistenza cubica in sito (N/mm ²)
TERRA	T	1	PIL	132	40,2	37,8
TERRA	T	2	TRAVE	140	42,7	40,1
TERRA	T	3	PIL	104	31,7	29,8
TERRA	T	4	TRAVE	138	42,0	39,5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PULL OUT



Esecuzione delle indagini di pull out.

MURATURE - RISULTATI INDAGINI

MARTINETTI PIATTI SCUOLA ELEMENTARE

MARTINETTO SINGOLO

Il concio si presenta in pietre irregolari di dimensioni decimetriche. I corsi di malta irregolari presentano spessori da 1 a 2 cm.

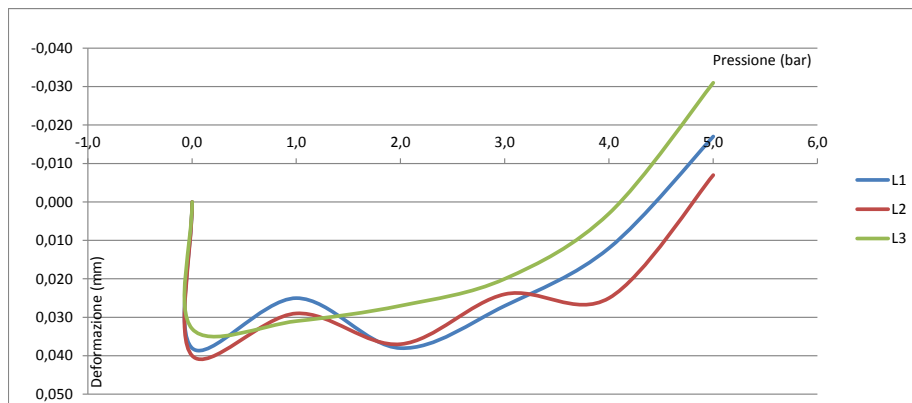
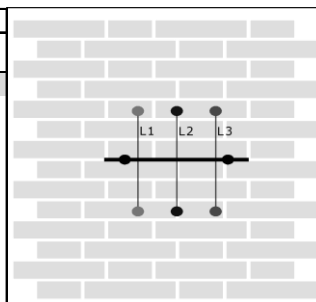
La prova è stata effettuata fino al raggiungimento della pressione di ripristino necessaria a far coincidere la posizione delle dime di riferimento con quella iniziale letta prima dell'esecuzione del taglio al fine di determinare la **tensione di esercizio** della muratura.

La tensione di esercizio rilevata è stata di 5,0 bar al manometro pari a **4.31 daN/cm²**.

MARTINETTO PIATTO				SINGOLO		MP1					
DATI IDENTIFICATIVI PROVA						DATI MARTINETTO			STRUMENTAZIONE DI MISURA		
DATA	PIANO	PIANI FUORI TERRA FABBRICATO	TIPOLOGIA MURATURA	SPESSORE (cm)	ALTEZZA DA TERRA (cm)	MARCA MARTINETTO	GLOTZL GmbH	BOVIAR MP-A	HUSQVARNA K-RING	MITUTOYO D GEI 250	LEO - 81024.2 OLEOTEC DG2
12/02/2018	TERRA	2	MATTONI PIENI	58	100	km ARFA (cm²)	0,90 773.2	0,95 773.2	Area taglio (cm²) 852.0	Precisione Millesimale	Divisione 0.1 bar

LETTURE DEFORMOMETRO			
PRESSIONE (bar)	L1	L2	L3
0,0	5,360	5,181	5,275
0,0	5,322	5,141	5,242
1,0	5,335	5,152	5,244
2,0	5,322	5,144	5,248
3,0	5,333	5,157	5,255
4,0	5,348	5,156	5,272
5,0	5,377	5,188	5,306

CEDIMENTI RILEVATI (mm)			
L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	MEDIA (mm)
0,000	0,000	0,000	0,000
0,038	0,040	0,033	0,037
0,025	0,029	0,031	0,028
0,038	0,037	0,027	0,034
0,027	0,024	0,020	0,024
0,012	0,025	0,003	0,013
-0,02	-0,01	-0,03	-0,02



TEMPERATURA
COSTANTE
LETTURE INCUDINE DI TARATURA
COSTANTI
Tensione di esercizio o rilevata (daN/cm ²)
4,31

MARTINETTO PIATTO DOPPIO

CICLO 1 (0-48 bar),

Il concio presenta un comportamento elastico sino a 32 bar al manometro (pari a **27,6 daN/cm²**) dove è stato raggiunto il limite elastico della muratura.

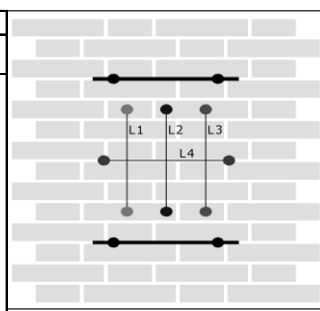
Il modulo elastico medio rilevato in questa fase di carico è di **22668 daN/cm²**.

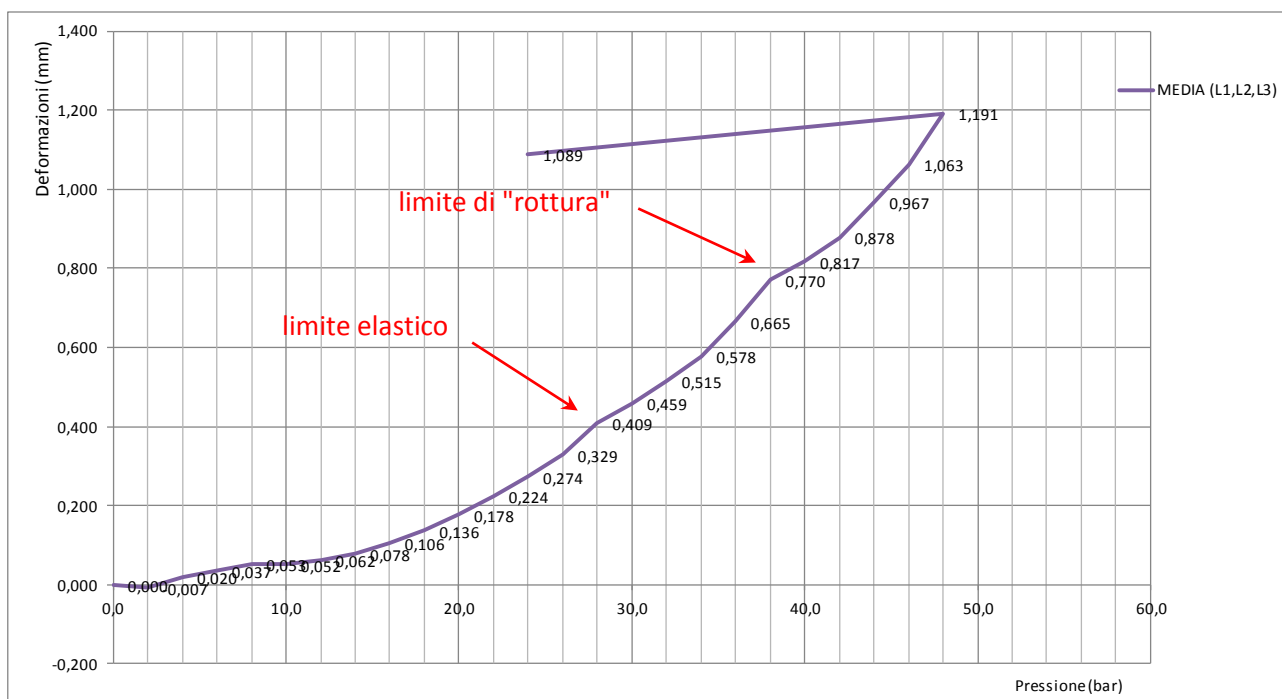
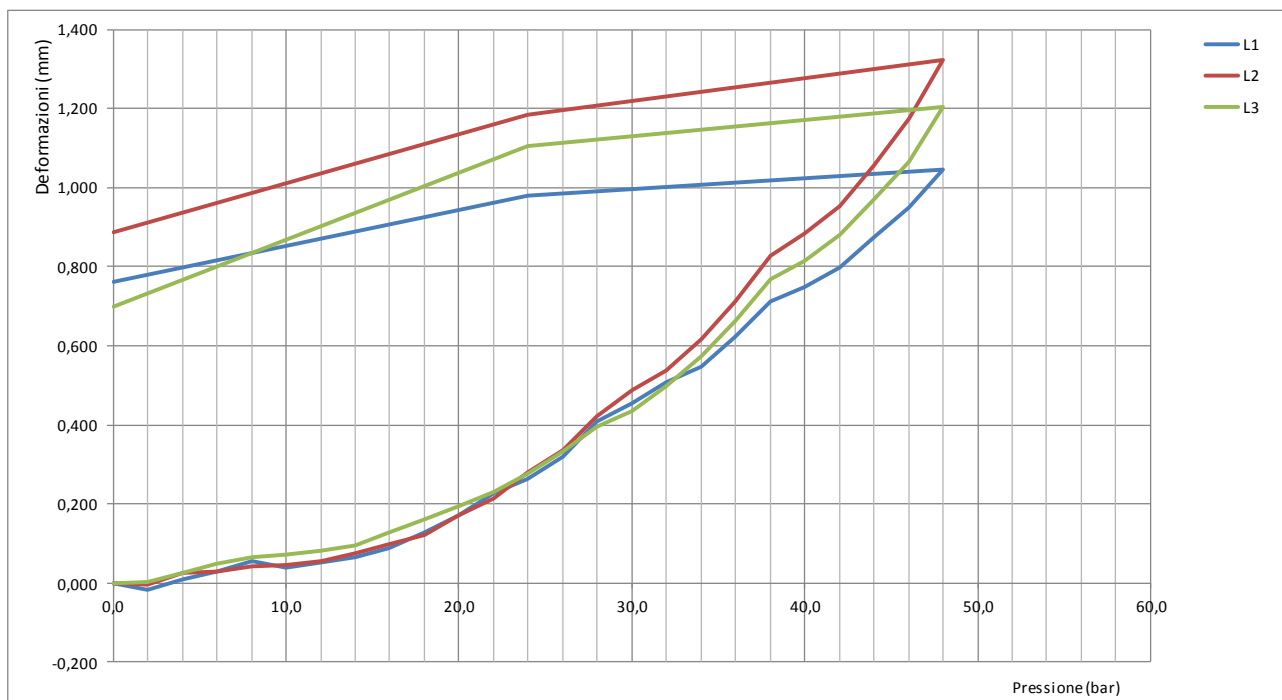
Il limite di "rottura" è stato raggiunto a **38.0 bar** (pari a **32.8 daN/cm²**).

MARTINETTO PIATTO				DOPPIO		MP1			DISTANZA TRA I MARTINETTI (cm) 52		
DATI IDENTIFICATIVI PROVA						DATI MARTINETTO			STRUMENTAZIONE DI MISURA		
DATA	PIANO	PIANI FUORI TERRA FABBRICATO	TIPOLOGIA MURATURA	SPESSORE (cm)	ALTEZZA DA TERRA (cm)	MARCA MARTINETTO	GLOTZL GmbH	BOVIAR MP-A	HUSQVARNA K-RING	MITUTOYO D GEI 250	LEO - 81024.2 OLEOTEC DG2
12/02/2018	TERRA	2	MATTONI PIENI	58	100	km AREA (cm2)	0,9 773,22	0,95 773,22	Area taglio (cm2) 852,00	Precisione Millesimale	Divisione 0,1 bar

LETTURE DEFORMOMETRO			
PRESSIONE (bar)	L1	L2	L3
0,0	5,211	5,132	5,236
2,0	5,229	5,136	5,234
4,0	5,202	5,106	5,212
6,0	5,181	5,102	5,186
8,0	5,157	5,091	5,172
10,0	5,173	5,087	5,164
12,0	5,160	5,077	5,155
14,0	5,145	5,057	5,142
16,0	5,121	5,033	5,108
18,0	5,083	5,012	5,075
20,0	5,041	4,962	5,042
22,0	4,985	4,918	5,005
24,0	4,947	4,852	4,959
26,0	4,893	4,796	4,904
28,0	4,803	4,710	4,840
30,0	4,757	4,644	4,800
32,0	4,703	4,595	4,737
34,0	4,665	4,517	4,664
36,0	4,589	4,421	4,574
38,0	4,498	4,303	4,467
40,0	4,461	4,248	4,420
42,0	4,412	4,178	4,355
44,0	4,338	4,076	4,265
46,0	4,262	3,958	4,170
48,0	4,166	3,810	4,031
24,0	4,231	3,948	4,132
0,0	4,450	4,245	4,536

CEDIMENTI RILEVATI (mm)			
L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	MEDIA (mm)
0,000	0,000	0,000	0,000
-0,018	-0,004	0,002	-0,007
0,009	0,026	0,024	0,020
0,030	0,030	0,050	0,037
0,054	0,041	0,064	0,053
0,038	0,045	0,072	0,052
0,051	0,055	0,081	0,062
0,066	0,075	0,094	0,078
0,090	0,099	0,128	0,106
0,128	0,120	0,161	0,136
0,170	0,170	0,194	0,178
0,226	0,214	0,231	0,224
0,264	0,280	0,277	0,274
0,318	0,336	0,332	0,329
0,408	0,422	0,396	0,409
0,454	0,488	0,436	0,459
0,508	0,537	0,499	0,515
0,546	0,615	0,572	0,578
0,622	0,711	0,662	0,665
0,713	0,829	0,769	0,770
0,750	0,884	0,816	0,817
0,799	0,954	0,881	0,878
0,873	1,056	0,971	0,967
0,949	1,174	1,066	1,063
1,045	1,322	1,205	1,191
0,980	1,184	1,104	1,089
0,761	0,887	0,700	0,783

	
=	
COSTANTE	
LETTURE INCUDINE DI TARATURA	
COSTANTI	
LIMITE ELASTICO	
(bar)	(daN/cm ²)
32	27,6
MODULO ELASTICO MEDIO	
(daN/cm ²)	
22668	
LIMITE DI "ROTTURA"	
(bar)	(daN/cm ²)
38	32,8



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Preparazione area di indagine.



Due fasi della lettura.

INDAGINE VIDEOENDOSCOPICA SCUOLA ELEMENTARE



Due fasi dell'indagine videoendoscopica sulle murature.



Videoendoscopia punto di indagine I.1

I.1 La muratura è costituita da pietra e cls con spessore complessivo di 55 cm. L'intonaco ha uno spessore di 10 cm. Retrostante la muratura è stato rilevato il terrapieno in ghiaione.



Videoendoscopia punto di indagine T.8

T.8 La muratura è costituita da pietre di forma rotondeggiante regolari (dimensioni 15-20 cm) con corsi di malta irregolari (spessore da 2 fino a 6 cm) e presenza di laterizio.

PENETROMETRO DA MALTA

IDENTIFICATIVO				INDAGINE PENETROMETRICA SU MALTA (Mpa)
PIANO	ZONA		STRUTTURA	
PIANO TERRA	T	6	MURO	1.0
PIANO TERRA	T	7	MURO	1.6
PIANO TERRA	T	8	MURO	1.9
PIANO TERRA	T	10	MURO	1.7
PRIMO PIANO	1.	1	MURO	2.2
PRIMO PIANO	1.	2	MURO	1.9
PRIMO PIANO	1.	3	MURO	1.6
PRIMO PIANO	1.	4	MURO	1.8



Due fasi dell'indagine con penetrometro da malta.

SOLAI – RISULTATI INDAGINI

RILIEVO CONTROSOFFITTI SCUOLA MATERNA



Fasi dell'indagine visiva dei controsoffitti.

In tutti i punti di indagine dei controsoffitti (T.6, T.7, T.8, T.9, T.10, T.11, T.12) sono stati rilevati pendini in filo di ferro ogni 120x120cm, fissati al coppone mediante tassello in nylon e vite. I quadrotti del controsoffitto sono in fibra minerale (dimensioni 50x50cm).
Le lampade non sono vincolate al soffitto.

RILIEVO CONTROSOFFITTI SCUOLA ELEMENTARE



Due fasi dell'indagine visiva dei controsoffitti.



Pendinatura.

In tutti i punti di indagine dei controsoffitti (1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9) sono stati rilevati pendini in filo di ferro passo 60X120cm, fissati al soffitto soprastante mediante tassello in nylon e vite. I quadrotti sono in gesso, sopra i quadrotti è presente una isolazione in lana di roccia. Le lampade sono vincolate al soffitto mediante filo di ferro e due ulteriori tasselli in nylon e vite.

6. CERTIFICAZIONE PERSONALE

	<p>CICPND SERVIZI S.R.L. SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ LIMITATA CON UNICO SOCIO</p> <p>Via C. Pisacane, 48 20025 Legnano (MI) Tel. +39 0331 545600 Fax +39 0331 543030</p>	<p>Web: www.cicpndservizi.com E-mail: info@cicpndservizi.com amm@cicpndservizi.com cert@cicpndservizi.com Casella PEC: info@pec.cicpndservizi.com C.F. e P.I. 08458360960 C.C.I.A.A. di Milano R.E.A. n° 2026983</p>	<p>ACCREDIA ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO</p> <p>REG. N° 5122 S.S. 01/08/04</p> <p>Protocollo degli Accordi di Riconoscimento F.A. e S.A.P. Signatory of F.A. and S.A.P. Mutual Recognition Agreement</p>
<p align="center">CERTIFICATO DI LIVELLO 3 LEVEL 3 CERTIFICATE</p>			
<p align="center">N° 261/CAP/C</p>			
<p>Si certifica la qualificazione in Prove o Monitoraggio su Strutture in Calcestruzzo, Calcestruzzo Armato e Precompresso, Muratura e Strutture Metalliche al LIVELLO 3</p>			
<p><i>This is to certify qualification in Testing or Monitoring on Concrete, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete, Masonry and Metallic Structures at the LEVEL 3</i></p>			
<p align="center"><i>di / of</i></p>			
<p align="center">La Porta Massimiliano</p>			
<p>nato a / born in Trieste (TS)</p>			
<p>il / on 24 giugno 1971</p>			
<p>per le seguenti Prove / for the following Tests:</p>			
<p align="center">Ultrasonora (UT) - Sclerometrica (SC)</p>			
<p>Il presente certificato viene rilasciato in conformità al Regolamento CICPND n° 201</p>			
<p><i>This certificate is issued according to CICPND Regulations n° 201</i></p>			
<p>Il Presidente del Comitato Tecnico <i>The President of Technical Committee</i></p>		<p>Il Presidente <i>The President</i></p>	
<p align="center"> Sig. G. M. Gatti</p>		<p align="center"> Ing. R. De Santis</p>	
<p>Data Delibera: 18/04/2014 <i>Approval Date</i></p>			
<p>Data Scadenza: 21/11/2018 R <i>Expiry Date</i></p>			
<p align="center"> AIPnD</p>			



CICPND SERVIZI S.R.L.
SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ
LIMITATA CON UNICO SOCIO

Via C. Pisacane, 46
20025 Legnano (MI)
Tel. +39 0331 545600
Fax +39 0331 543030

Web: www.cicpndservizi.com
E-mail: info@cicpndservizi.com
amm@cicpndservizi.com
cert@cicpndservizi.com
Casella PEC: info@pec.cicpndservizi.com
C.F. e P.I. 06436900980
C.C.I.A.A. di Milano R.E.A. n° 2026983



185 87 8330
500 87 0544
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA e IAP
Signatory of EA and IAP Mutual Recognition Agreement

CERTIFICATO DI LIVELLO 3 **LEVEL 3 CERTIFICATE**

N° 306/CAP/C

Si certifica la qualificazione in Prove o Monitoraggio su Strutture in Calcestruzzo, Calcestruzzo Armato e Precompresso, Muratura e Strutture Metalliche al **LIVELLO 3**

*This is to certify qualification in Testing or Monitoring on Concrete, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete, Masonry and Metallic Structures at the **LEVEL 3***

di / of

La Porta Massimiliano

nato a / born in **Trieste (TS)**

il / on **24 giugno 1971**

per le seguenti Prove / for the following Tests:

Elettromagnetica (EL) - Di Estrazione (ES)

Il presente certificato viene rilasciato in conformità al Regolamento CICPND n° 201

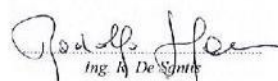
This certificate is issued according to CICPND Regulations n° 201

Il Presidente del Comitato Tecnico
The President of Technical Committee

Il Presidente
The President



Sig. G. M. Gatti



Ing. R. De Santis

Data Delibera: 18/04/2014
Approval Date

Data Scadenza: 24/04/2019 R
Expiry Date



7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- Legge 5-11-1971 n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – 02/1998 – LINEA GUIDA – Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
- UNI EN 10766 – 13/05/1999 – Calcestruzzo indurito – Prove di compressione su provini ricavati da micro-carote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ.
- UNI EN 12504-1:2002 – Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture - Carote – Prelievo, esame e prova di compressione.
- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2001 – Supplemento Ordinario n. 239 (Rettifica G.U. n. 47 del 25 febbraio 2002)
- UNI EN 12390-4:2002 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione. Specifiche per macchine di prova.
- UNI EN 12504-3:2005 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione della forza di estrazione.
- UNI EN 12504-4:2005 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.
- UNI EN 12504-3:2005 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione".
- UNI 206-1:2006: Calcestruzzo - Prestazioni, posa in opera e criteri di conformità.
- D.M. 16.02.2007 – "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione".
- D.M. 14.1.2008 – "Norme tecniche per le costruzioni".
- UNI EN 13791:2008 – "Valutazione della resistenza a compressione in sito delle strutture e nei componenti prefabbricati".
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008.
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
- UNI EN 12390-1 – Prova sul calcestruzzo indurito - Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme.
- UNI EN 12390-2 – Prova sul calcestruzzo indurito – Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza.
- UNI EN 12390-3: 2009 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei provini.
- UNI EN 12390-5:2009 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza a flessione dei provini.
- UNI EN 12390-7:2009 – Prova sul calcestruzzo indurito – Massa volumica del calcestruzzo indurito.
- UNI EN 12390-6:2010 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza a trazione indiretta dei provini.
- UNI EN 12504-2:2012 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico.
- UNI EN 12504-1 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – carote – prelievo, esame e prova di compressione.

- UNI EN 12504-2 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – prove non distruttive – determinazione dell'indice sclerometrico.
- UNI EN 12504-3 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della forza di estrazione.
- UNI EN 12504-4 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici.

NORME NAZIONALI

- UNI EN 206-1:2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità”.
- UNI 11104:2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN206-1”
- UNI 11035:2010 – “Legno massiccio strutturale” – Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici”
- UNI EN 338:2009 – “Legno massiccio strutturale” – Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici”

NORME EUROPEE

- UNI EN 1990:2006 Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1992-1-1:2005 – “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1995-1-1:2009 – “Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno – Parte 1-1: regole generali – regole comuni e regole per gli edifici”.