

**INDAGINI
STRUTTURALI SCUOLA PRIMARIA DI STRAMBINO AI FINI
DELLA VERIFICA SISMICA – CIG: Z242A4EFCA**



Rapporto Tecnico: 2006 MIC

Opera: Edificio scolastico

Località: Via Madonna del Rosario, 25 - Strambino (TO)

Data esecuzione dei controlli: 3 – 4 dicembre 2019

Committente: Unione Piccolo Anfiteatro Morenico Canavesano - Provincia di Torino

Equipe d'intervento:
dott. Roberto Chiappini
dott. Massimiliano La Porta

Il Direttore Tecnico:
dott. Massimiliano La Porta

IN SITU s.r.l.
Località Gropada 117
34149 TRIESTE TS
P. IVA 01183420321

1.	GENERALITÀ	3
2.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	3
3.	METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
	METODO ELETTROMAGNETICO	5
	MICROSCASSO	8
	PRELIEVO DI CAMPIONI CILINDRICI DI CLS	9
	PROVA COLORIMETRICA	10
	PRELIEVO DI BARRE D'ARMATURA	11
	DUROMETRO PORTATILE PER ACCIAIO	12
	MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO (UNI EN 12504-2: 2012)	13
	CONTROLLO ULTRASONICO (UNI EN 12504-4: 2005)	15
	METODO SONREB (CONTROLLO ULTRASONICO + INDICE DI RIMBALZO)	17
	DEFINIZIONE DELLA TESSITURA MURARIA	19
	ENDOSCOPIA E VIDEOISPEZIONE	20
	MARTINETTI PIATTI	22
	INDAGINE TERMOGRAFICA	25
4.	ACQUISIZIONE DATI	26
	PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE	27
	RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE	29
5.	RISULTATI SPERIMENTALI	30
	CALCESTRUZZI - RISULTATI INDAGINI	30
	ACCIAI - RISULTATI PRELIEVI ED INDAGINI	36
	MURATURE - RISULTATI INDAGINI	38
	SOLAI - RISULTATI INDAGINI	41
6.	CERTIFICAZIONE PERSONALE	43
7.	CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO	48
8.	SCHEDE DEI MATERIALI PER I RIPRISTINI STRUTTURALI	50
9.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	54

1. GENERALITÀ

L'Unione Piccolo Anfiteatro Morenico Canavesano - Provincia di Torino 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, acciaio e muratura del plesso scolastico costituente la scuola primaria di Strambino sita in Via Madonna del Rosario, 25 a Strambino (TO).

Le indagini in cantiere sono state eseguite dal 3 al 4 dicembre 2019 sotto la supervisione del dott. ing. Giovanni Benedetto.

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 pacometrica** (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 c.a., del loro stato di fatto, del numero e tipologia di armature impiegate nel confezionamento degli stessi, si sono utilizzate le seguenti metodologie:

- **Microscasso** per l'individuazione di tipologia e diametri dell'armatura delle strutture verificate.
- **Prelievo di campione cilindrico di cls** al fine di ottenere un'indicazione sul valore medio della resistenza a compressione e del modulo elastico del calcestruzzo in opera - in conformità alle norme UNI EN 12390-3 e UNI EN 12504- 1.
- **Prova colorimetrica** per la verifica della profondità di carbonatazione - in conformità alle norme UNI 9944.
- **Prelievo barra d'armatura** per prova a trazione in Laboratorio in conformità alle norme UNI EN ISO 6892/1:09.
- **Prova con microdurometro portatile** su strutture metalliche.
- **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.
- **Indagine SonReb** in conformità alle normative UNI EN 12504-4: 2005 (**indagini ultrasoniche**) e UNI EN 12504-2: 2012 (**indagini sclerometriche**) al fine di valutare in modo indiretto la

resistenza del calcestruzzo su un numero di elementi considerato rappresentativo dell'intera struttura.

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

- **Definizione della tessitura muraria** aperture intonaco 1x1m.
- **Martinetto piatto doppio** per la determinazione del limite elastico, del modulo elastico e del limite di rottura di una porzione di muratura portante dell'edificio.

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

- **Termografia IR** per verifica orditura solai in laterocemento.

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 Pacometro 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, etc., 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 semi-distruttive (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 ultra-luminoso 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 Pacometro 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.



Pacometro 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.

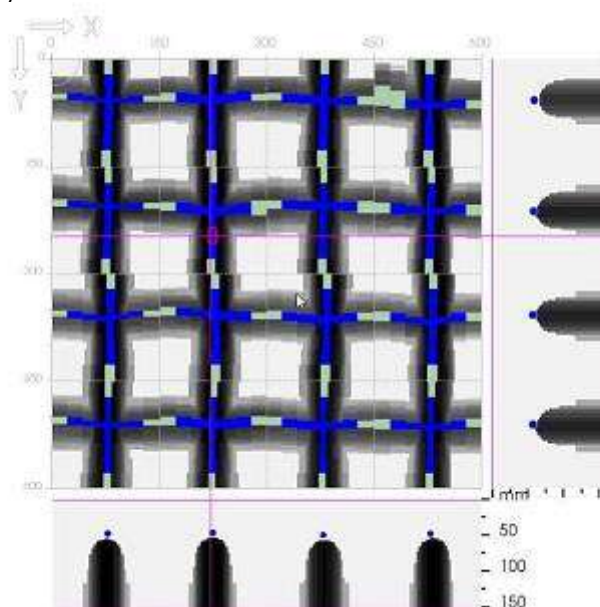
Effettuata l'elaborazione, basta posizionare il puntatore nelle zone verificate dal software (aree blu), per ottenere informazioni speditive di massima relative al diametro, alla profondità e alla posizione rispetto alle altre barre di armatura (es. passo staffe).

Successivamente, in fase di post-processo 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

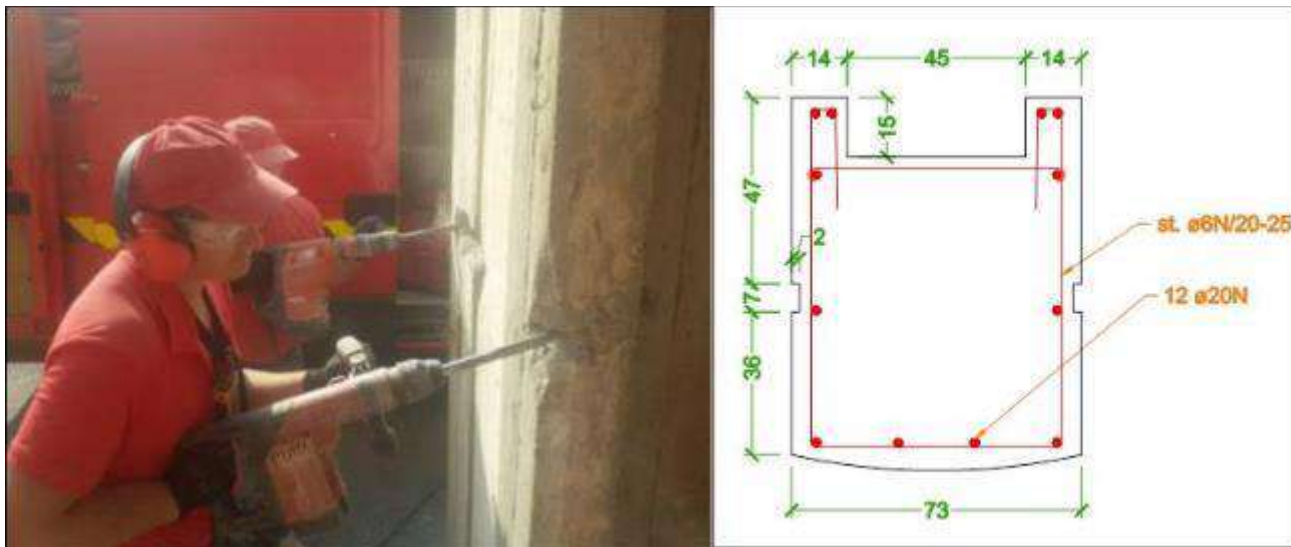
Per la semplice ricerca della posizione delle barre e dello spessore di copriferro, si procede facendo scorrere lo scanner in modo parallelo prima alle staffe. Una volta individuate e tracciate quest'ultime, si passa nuovamente lo scanner tra due di esse (sempre parallelamente al verso delle barre di 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.

PRELIEVO DI CAMPIONI CILINDRICI DI CLS

L'esecuzione di carotaggi meccanici lubrificati ad acqua, grazie all'assenza di vibrazioni, permette di indagare la consistenza dei materiali riducendo al minimo il disturbo alle strutture siano esse in calcestruzzo o muratura.

È una tecnica di indagine versatile che può essere impiegata su diversi elementi strutturali quali pilastri, travi, fondazioni, pavimentazioni industriali, pareti e setti. L'estrazione di carote, opportunamente referenziate in cassette catalogatrici permette poi l'esecuzione di prove di laboratorio per valutarne le principali caratteristiche meccaniche e/o chimiche.

La scelta del diametro della carota dovrà tenere conto di alcuni aspetti:

- la riduzione della sezione resistente dell'elemento in studio;
- evitare il taglio di armature;
- il diametro dell'inerte.

L'operazione di carotaggio è particolarmente delicata in quanto, se non eseguita correttamente, potrebbe compromettere i risultati. Sono quindi importanti alcuni aspetti:

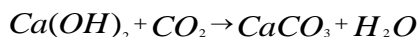
utilizzare punte perfettamente cilindriche e ben affilate; fissare rigidamente la carotatrice evitando qualunque vibrazione; utilizzare abbondantemente l'acqua di raffreddamento. Il prelievo dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio è stato eseguito con la strumentazione HILTI di seguito riportata. Fase preliminare propedeutica al carotaggio è l'individuazione delle barre d'armatura mediante indagine pachometrica.

Dopo il prelievo l'elemento strutturale è ripristinato in funzionalità, il ripristino sarà eseguito mediante l'ausilio di carote preconfezionate e Kerakoll Geolite G10.



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.).

PRELIEVO DI BARRE D'ARMATURA

Il prelievo di barre d'armatura è fatto individuando i punti meno pericolosi e le posizioni più idonee per evitare danni alla struttura. Il prelievo di barre d'armatura è fondamentale per determinare le caratteristiche meccaniche delle barre in strutture in cemento armato sottoposte ad indagine e si effettua mediante estrazione di campioni di lunghezza circa 40-50 cm dall'elemento strutturale.

Il prelievo viene effettuato nella zona di sollecitazione minima dell'elemento strutturale e si svolge secondo le seguenti fasi:

- individuazione della posizione esatta della barra mediante indagine magnetometrica sull'elemento strutturale soggetto ad indagine;
- scasso mediante martello demolitore del copriferro fino a scoprire la barra da prelevare;
- taglio della barra ed estrazione.
- saldatura alla barra esistente della nuova barra di diametro maggiore o uguale.

Successivamente un laboratorio autorizzato effettuerà sulle barre prelevate, le prove volte alla determinazione delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento;
- tensione di rottura;
- allungamento percentuale a rottura.

Dopo il prelievo l'elemento strutturale è ripristinato in funzionalità, il ripristino sarà eseguito mediante l'ausilio di barre d'armatura e Kerakoll Geolite G10.



DUROMETRO PORTATILE PER ACCIAIO

Strumenti molto maneggevoli ideali per il controllo di pezzi di medie e grandi dimensioni. Misurazione dinamica in HLD e lettura diretta su display della conversione in scala in Rockwell, Brinell, Vickers.

L'indagine è stata eseguita utilizzando il durometro L-190 della Assi Control



Specifiche tecniche

Campo di misura	170 - 960 HLD
Scale di misura	HRC, HRB, HRA, HB, HV, HS, HL
Direzione di misura	0 - 360°
Precisione	+ 0,5 % (HLD 760)
Memoria	600 gruppi (max 32 letture per gruppo)
Interfaccia	USB 2.0
Display	Grafico colori TFT ad alto contrasto
Alimentazione	3,7V Litio ricaricabile
Autonomia	200 ore (senza illuminazione display)
Dimensioni	154 x 82 x 35 mm
Peso	173 g

Il durometro L-190 è uno strumento portatile a lettura digitale di ultima generazione con display a colori tipo TFT ad alto contrasto e sensore a principio dinamico. Con elevata precisione rileva durezza di acciaio e fusioni, acciai legati, ghise grigie/sferoidali - bianche, alluminio e fusioni ottone, bronzo, rame. Grazie al display grafico avanzato consente un'ottima visione immediata di tutte le informazioni.

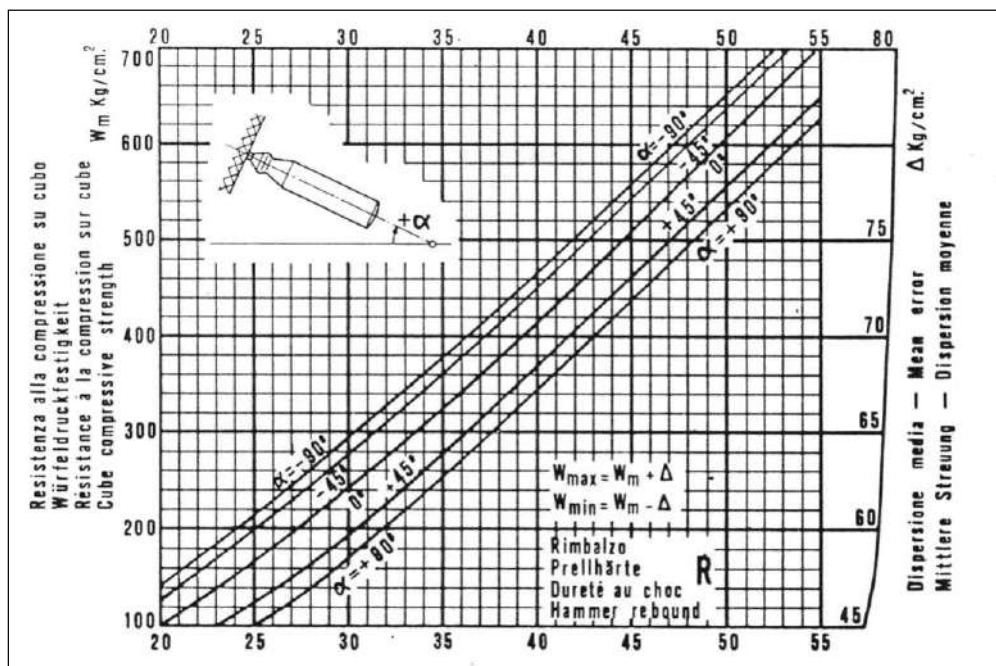


Dettagli tecnici:

- Durezze Rockwell HRC, HRB, HRA, Brinell HB, Vickers HV, Shore D HS, Leeb HLD
- Possibilità di utilizzo in qualsiasi inclinazione
- Collegabile a vari sensori con riconoscimento automatico
- senza dover ricalibrare lo strumento
- Allarmi alto basso impostabili
- Display grafico a colori retroilluminato
- Memoria di 600 gruppi con max 32 letture per gruppo
- Indicazioni statistiche e interfaccia USB
- Autospegnimento impostabile
- Batterie litio con autonomia di 200 ore

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

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

fornisce un numero, 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 pachometrica 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 apposita 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

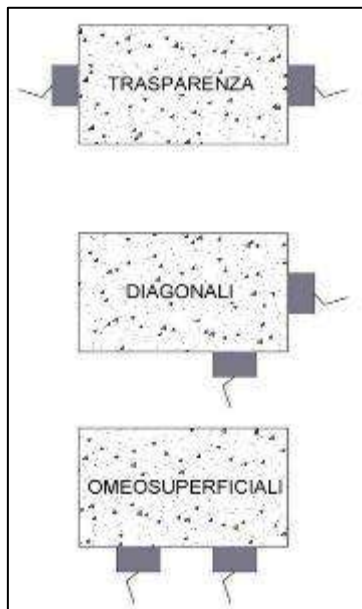


superficie di prova deve essere sottoposta a n°12 battute ed i singoli punti di impatto devono essere distanti, tra loro, almeno 25mm ed effettuati sempre in zone libere da ferri d'armatura. Il valore di rimbalzo "S" è visualizzato sulla scala del dispositivo dopo ogni impatto. La prova sclerometrica 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.

CONTROLLO ULTRASONICO (UNI EN 12504-4: 2005)

Le indagini ultrasoniche consentono la determinazione delle caratteristiche elasto-meccaniche di un materiale, attraverso l'analisi delle modalità di propagazione delle onde elastiche al suo interno.



Attraverso lo studio della propagazione degli impulsi ultrasonici nel materiale e la misura del tempo di transito delle onde longitudinali (onde P), è possibile determinare la velocità dell'impulso ultrasonoro nel materiale (nota la distanza tra le sonde) ed il modulo di Young (note la distanza tra le sonde e la densità del materiale).

La velocità di propagazione in un mezzo dipende dall'elasticità e dalla resistenza del mezzo stesso: maggiore è la velocità, maggiore sarà il modulo elastico e quindi la resistenza essendo, infatti, ogni interruzione od eterogeneità del materiale, causa di un ritardo del segnale.

La misura può essere eseguita seguendo tre schemi di acquisizione:

- trasmissione diretta (o in trasparenza) applicando le due sonde in asse sulle facce opposte dell'elemento da saggiare;
- trasmissione semidiretta (o diagonale) applicando i trasduttori in punti appartenenti a due facce adiacenti, in genere ortogonali.
- trasmissione indiretta (o omeosuperficiale) posizionando le sonde sulla stessa faccia a una distanza nota.

Le misure più precise e significative sono quelle eseguite in trasparenza interessando l'intera sezione della struttura da sottoporre a controllo. È così possibile misurare il tempo di propagazione dell'onda (e nel contempo verificare frequenze ed attenuazioni del segnale), calcolarne la velocità conoscendo la distanza reciproca tra la sonda trasmittente e la sonda ricevente, e risalire quindi al modulo elastico dinamico del mezzo indagato.



Nel campo dei Controlli non Distruttivi, oltre che per le verifiche di integrità ed omogeneità di manufatti metallici (in cui tale metodologia trova una vasta e svariata applicazione), il metodo ultrasonico viene utilizzato, tramite opportune correlazioni, per la stima della resistenza del calcestruzzo indurito e per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo, delineando le zone di degrado o di scarsa qualità.

Tale metodologia di prova è normata dalla UNI EN 12504-4:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".

I risultati forniti dalle indagini ultrasoniche consentono di formulare direttamente una prima valutazione di massima della qualità del calcestruzzo, sulla base di classificazioni proposte in letteratura. Di seguito, a titolo esemplificativo, si riporta la classificazione di Leslie-Cheesman:

Nell'utilizzo pratico la sonda trasmittente, posta a contatto con la superficie del manufatto e ad essa accoppiata grazie a speciali conduttori acustici, genera impulsi ultrasonici che si propagano nel mezzo secondo fronti d'onda approssimativamente sferici date le sue caratteristiche

dimensionali e di frequenza di vibrazione. La propagazione dell'impulso ultrasonoro è comunque, regolata da quelle che sono le comuni leggi fisiche che soddisfano i fenomeni relativi alla

Valutazione qualità del cls (classificazione di Leslie - Cheesman)	V (m/s)
Pessimo	< 2135
scadente	2135 - 3050
Discreto	3050 - 3660
Buono	3660 - 4575
Ottimo	> 4575

propagazione delle onde elastiche in un qualsiasi mezzo. Bisogna porre particolare attenzione all'interferenza dei ferri d'armatura la cui presenza diventa trascurabile solo se il rapporto tra le somme dei diametri

attraversati dal treno d'onde e la lunghezza totale del percorso è minore di 0.06 (per armature disposte perpendicolarmente al percorso) o di 0.30 (per armature disposte parallelamente al percorso).

Operativamente tale indagine deve essere sempre preceduta, quindi, da un'indagine pachometrica preliminare al fine di delineare zone di misura libere da ferri d'armatura. Una volta individuate tali aree, si preparano le superfici di prova in modo che siano pulite, e piane. Si applicano le sonde preferendo sempre la geometria di acquisizione per trasparenza, utilizzando degli appositi accoppianti al fine di evitare interposizioni di aria tra sonda e calcestruzzo e si effettua la misura dei tempi di volo dell'impulso generato dalla sonda trasmittente.



Durante le misure eseguite in campo il segnale ultrasonico è visualizzato sullo schermo della strumentazione dove l'operatore controlla che il pacchetto d'onda sia caratterizzato da uno spettro significativo e che il primo arrivo (first peak) sia individuabile con precisione.

La forma d'onda viene quindi registrata ed elaborata con apposito software dedicato.

Il rilievo della velocità delle onde ultrasoniche nel cls è stato eseguito utilizzando una strumentazione ULTRASONIC SYSTEM CMS della BOVIAR.

L'apparecchiatura ultrasonica BOVIAR CMS è costituita da una centralina di acquisizione dati e da una serie di sensori piezoelettrici con

trasmettitore ad alta potenza (>1,6 Kv) o con martello strumentato, per poter effettuare misure del tempo di propagazione delle onde compressionali (onde P) in molti tipi di materiali, anche con scarse caratteristiche di propagazione e velocità. La potenza di trasmissione degli impulsi, regolabile via software tramite cursore, e la elevata sensibilità dei ricevitori piezoelettrici di tipo attivo, con frequenza propria 55 KHz (opzionale 20KHz), consentono di effettuare misure sia in laboratorio, su provini anche di grandi dimensioni, in materiali quali calcestruzzo, rocce, materiali plastici, vetroresina, legno, etc., sia presso cantieri, per indagini in sito su pilastri e travi in calcestruzzo o materiali lapidei, edifici civili o monumentali. La centralina di acquisizione permette di digitalizzare i segnali acquisiti (forma d'onda completa) e visualizzarli come su un oscilloscopio con scala tempi-ampiezza.

I segnali vengono visualizzati, elaborati e memorizzati direttamente da un Computer Palmare HP IPAQ 2210 dotato di interfaccia bluetooth, integrato nella centralina, sul quale è caricato il software SonicPocket-WCE v.3.3.0 che gestisce la visualizzazione, memorizzazione ed elaborazione dei segnali.

METODO SONREB (CONTROLLO ULTRASONICO + INDICE DI RIMBALZO)

SONic + REBound, ovvero SONREB, è il metodo che combina due prove non distruttive per calcestruzzo, derivato dall'accoppiamento dell'indagine ultrasonica e di quella sclerometrica, ovvero nella combinazione dei risultati ottenuti con tali due prove sullo stesso elemento di calcestruzzo.

I riferimenti normativi per tale metodologia si rifanno alle due singole metodologie di indagine:

- UNI EN 12504-4:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".
- UNI EN 12504-2:2012 "Prova sul calcestruzzo indurito nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico".

La resistenza a compressione del calcestruzzo viene stimata sulla base della coppia dei valori: velocità di propagazione degli ultrasuoni e indice di rimbalzo sclerometrico, mediante l'utilizzo di formule dedotte da correlazioni di tipo sperimentale, del tipo:

$$R_c = x S^y V^z$$

dove:

x, y, z = costanti sperimentali;

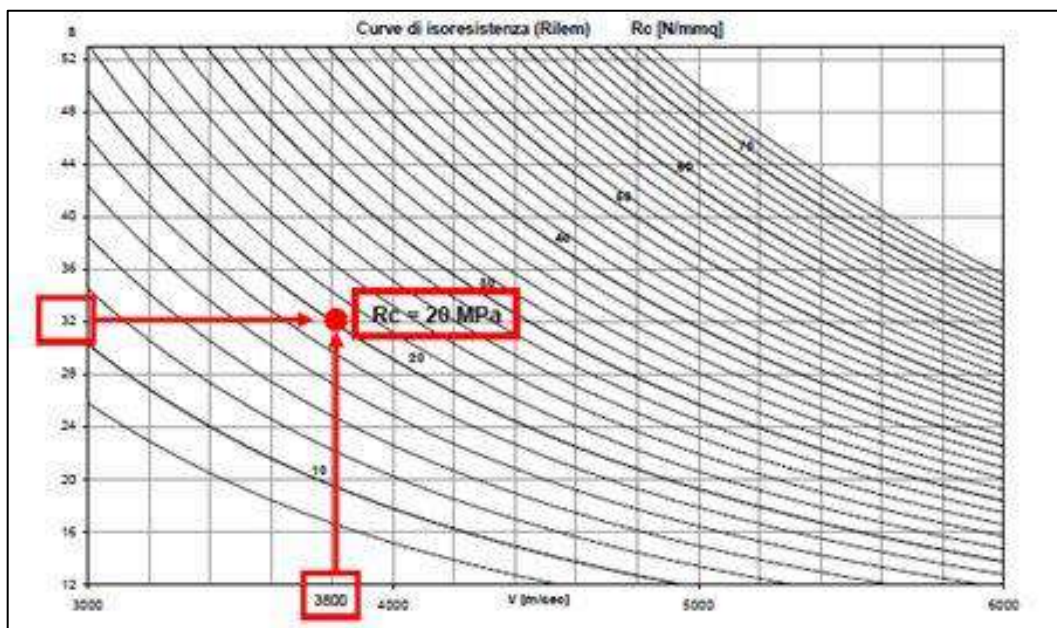
S = valore dell'indice di rimbalzo sclerometrico;

V = velocità dell'impulso ultrasonico;

Nello specifico, si vedano le formule descritte nella pagina successiva.

Riferimento	Espressione di calcolo
Cianfrone - Facaoaru (1979)	$R_c = 7,695 \cdot 10^{-10} \cdot S^{1,4} \cdot V^{2,6}$
Norme RILEM (1993)	$R_c = 9,27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1,4} \cdot V^{2,6}$
Gasparik (1992)	$R_c = 8,06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1,246} \cdot V^{1,85}$
Di Leo - Pascale (1994)	$R_c = 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1,058} \cdot V^{2,446}$

L'interesse per questa metodologia combinata risiede nel fatto che essa presenta, rispetto ad altri metodi di controllo non distruttivi o semi-distruttivi, il vantaggio della semplicità e della rapidità esecutiva che consentono di saggiare estese porzioni di struttura in tempi e con costi accettabili. Inoltre si migliora significativamente attraverso le prove congiunte l'affidabilità delle singole metodologie (ultrasonica e sclerometrica), viceversa meno attendibili se considerate separatamente. Si riduce, infatti, con la doppia combinazione l'influenza sulla resistenza del calcestruzzo dell'umidità interna e del grado di maturazione, avendo questi parametri fisici effetti opposti sulla velocità di propagazione e sull'indice sclerometrico. Si riduce inoltre l'influenza rispetto al metodo ultrasonico delle dimensioni degli inerti e del dosaggio e del tipo di cemento e l'influenza rispetto al metodo sclerometrico delle disomogeneità tra gli strati superficiali e gli strati più profondi.



Esempio di curve di correlazione relative al metodo SONREB - RILEM (1993).

Se, infine, il SONREB viene tarato mediante lo schiacciamento di alcune carote di calcestruzzo prelevate in aree sottoposte ad indagine, aumenta notevolmente l'accuratezza della resistenza del calcestruzzo stimata.

DEFINIZIONE DELLA TESSITURA MURARIA

La rimozione dell'intonaco viene utilizzata per caratterizzare la tessitura muraria, mettere in evidenza i corsi di malta sul quale eseguire eventuali prelievi, prove penetrometriche, prove sclerometriche o prove con martinetti piatti semplici e doppi.



La tipologia di muratura sarà evidenziata con tipo, altezza corsi di malta, aspetto e consistenza malta in superficie ed in profondità, corredata da documentazione fotografica.

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.



Le indagini videoendoscopiche sono state eseguite utilizzando una telecamera a spinta RIDGID SeeSnake Compact 2, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Lunghezza del cavo a spinta – 30 m;
- Diametro cavo a spinta – 6 mm;
- Anima cavo di spinta – vetroresina 0,35 cm;
- Tipo telecamera – auto-livellante 2,5 cm;
- Risoluzione - 656 x 492 (NTSC), 768 x 576 (PAL);
- Fonte luminosa – 6 LED;
- Sonda 512 Hz;
- Protezione entrata, senza monitor – IPx5.
- Autonomia - batterie ricaricabili.

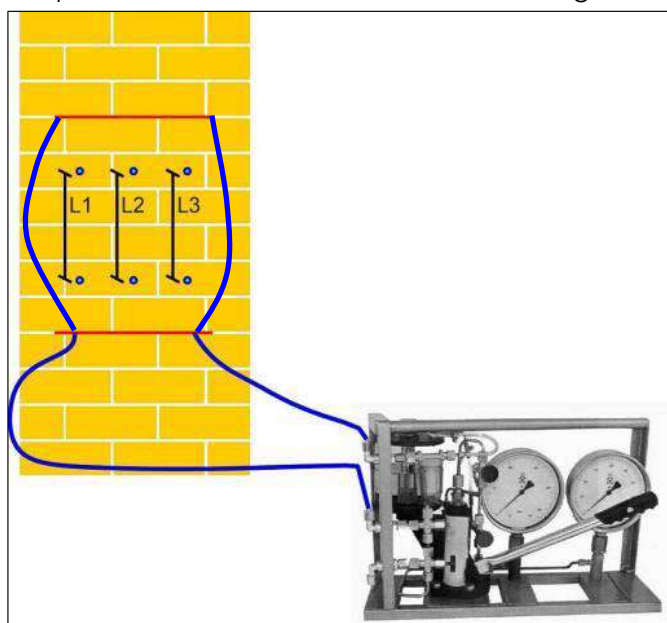


MARTINETTI PIATTI

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 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.



Schema di acquisizione – martinetto doppio.
perpendicolari

alla superficie della muratura (se possibile in corrispondenza di giunti di malta), circa a 50-60 cm di distanza tra loro.

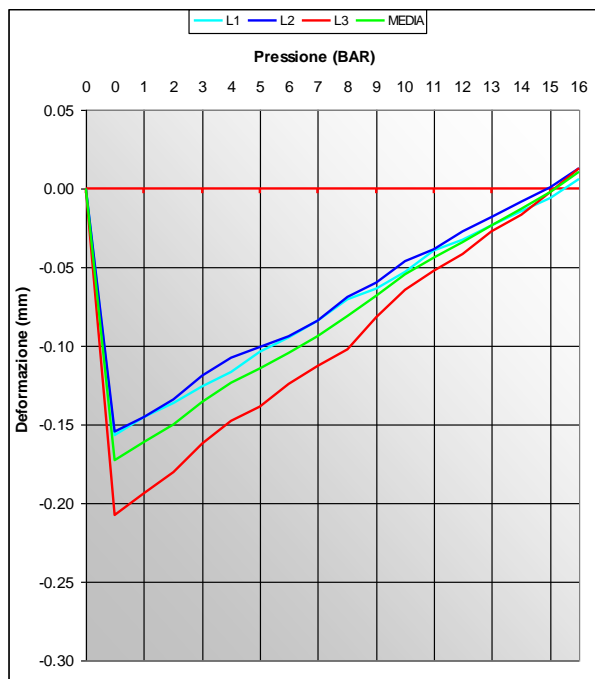
I martinetti vengono immediatamente inseriti nelle fessure e collegati in parallelo alla medesima pompa. Dopo aver eliminato l'aria residua nel circuito si inizia la prova, aumentando gradualmente la pressione interna dell'olio nel martinetto. Mediante un comparatore millesimale si eseguono le letture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

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.

Vengono realizzati due tagli orizzontali





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 mezzzeria 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.

Km costante di rigidità del martinetto.

Ka 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.

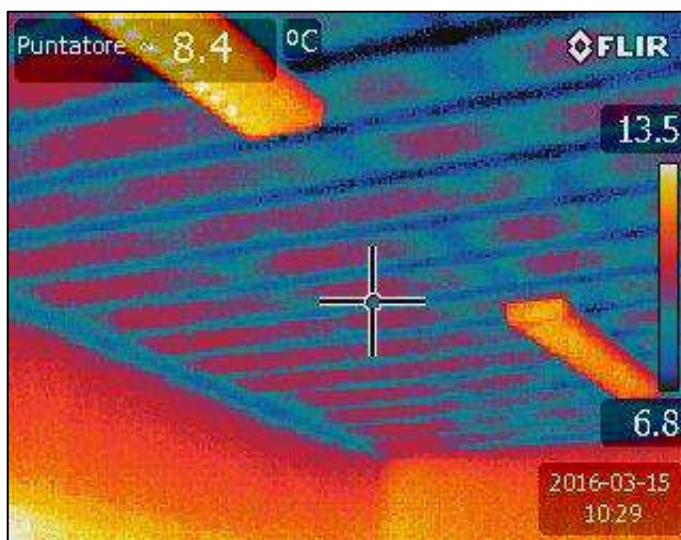
INDAGINE TERMOGRAFICA

Per l'esecuzione della stessa è stata impiegata la seguente attrezzatura:

- Termocamera FLIR E50bx.
- Fotocamera digitale ad alta risoluzione Canon.



Termocamera FLIR E50bx.



Esempio di termogramma IR.

Infine, per quel che riguarda il rispetto delle normative, si segnalano le seguenti linee guida:

- **Norma UNI 9252:1988:** "Isolamento termico. Rilievo e analisi qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri degli edifici".
- **Raccomandazioni NorMaL 42/93:** "Criteri generali per l'applicazione delle Prove non Distruttive".
- **UNI 9124-2:1987:** "Edilizia residenziale. Strutture di elevazione di muratura (ed elementi costruttivi associati). Classificazione dei degradi e degli interventi".
- **UNI 11120:2004 e UNI 11131:2005:** "Beni culturali - Misurazione in campo della temperatura, dell'umidità dell'aria e della superficie dei manufatti".
- **ISO 6781-83:** "Heat Insulation. Qualitative Detection of Heat Engineering. Violations in Building Envelopes. Infrared Method".

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 del c.a. e il numero e la qualità 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.

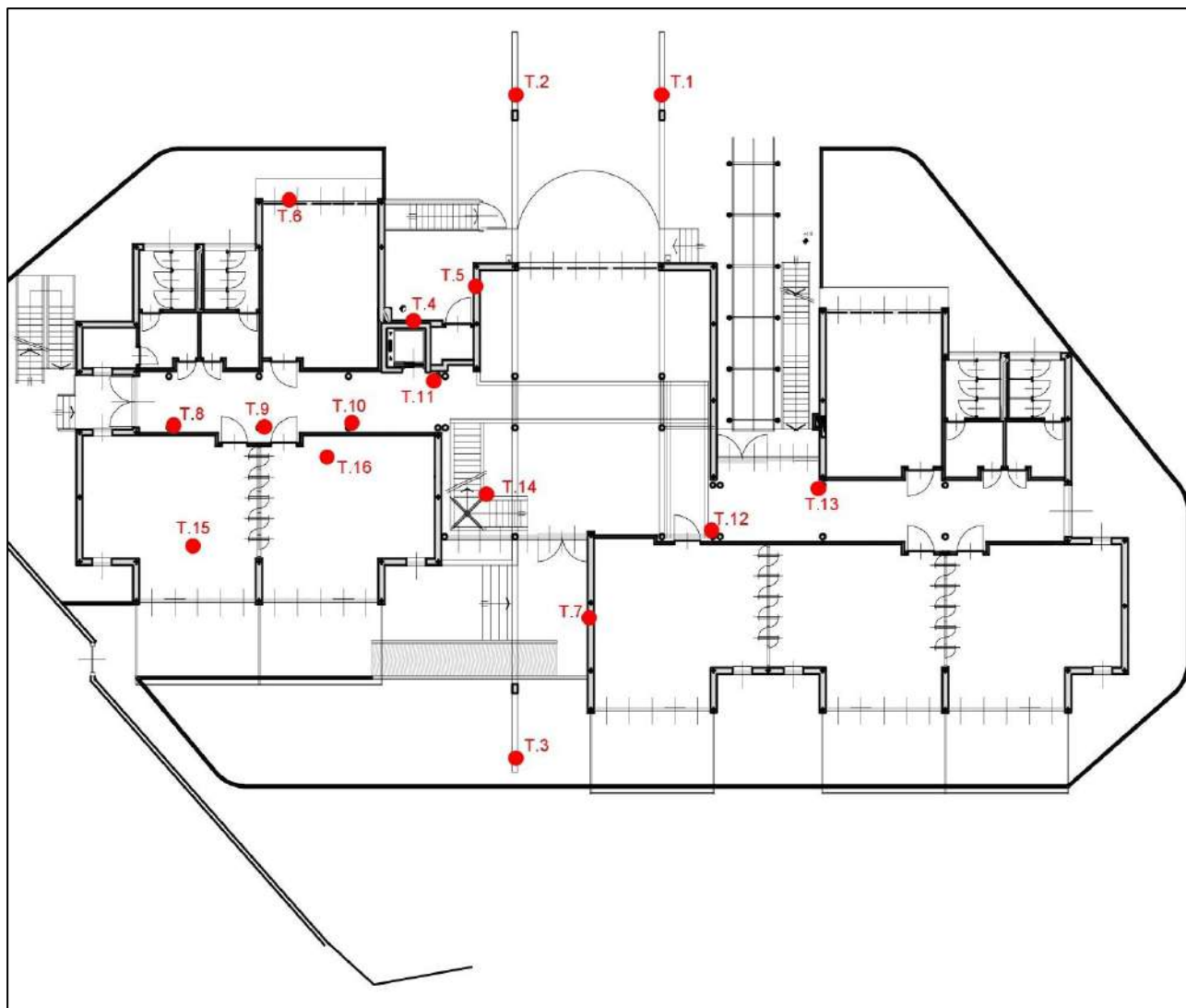
Di seguito si riporteranno i risultati delle indagini esposti con la seguente organizzazione:

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

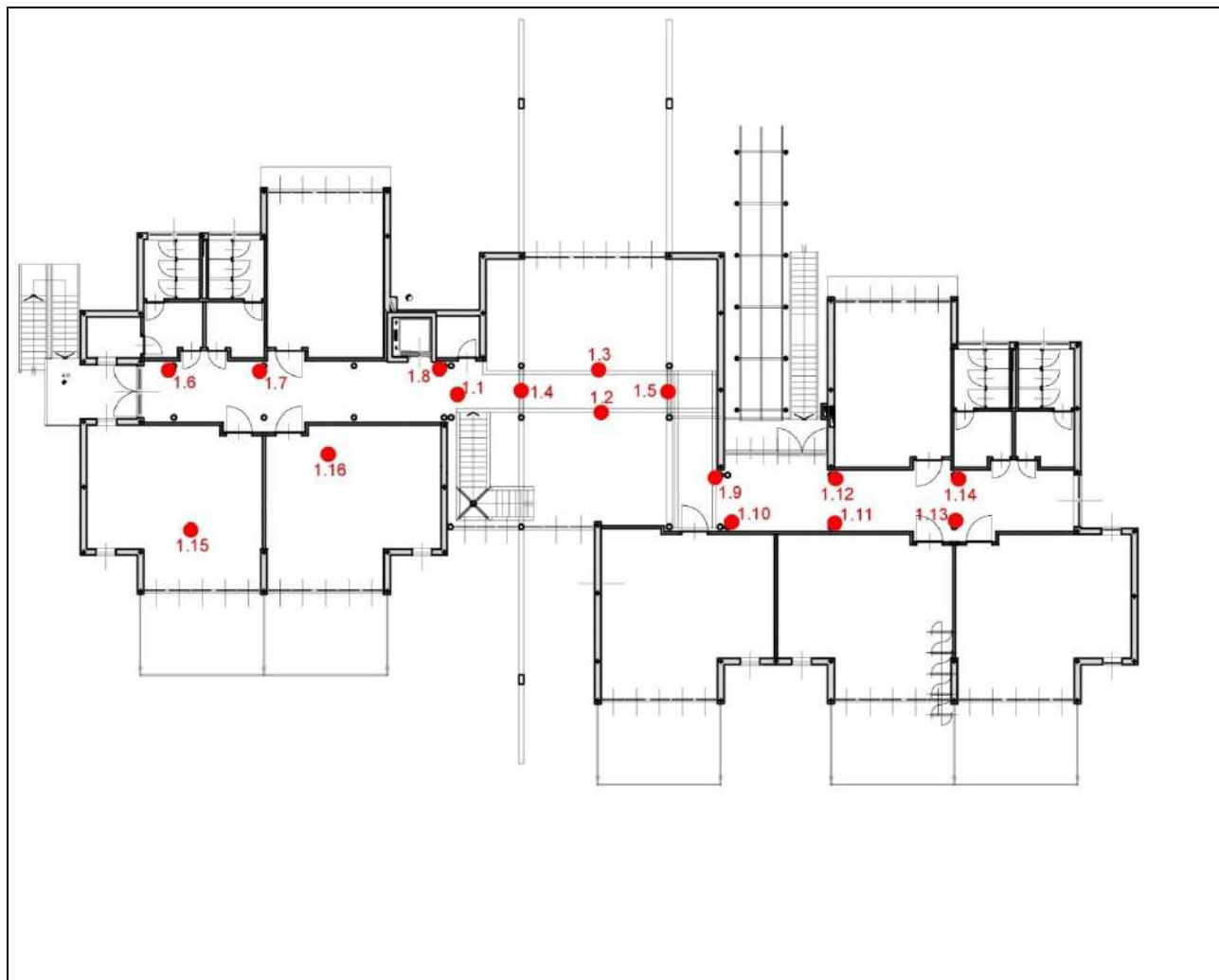
Allegati:

- *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 con ubicazione punti d'indagine – **Piano terra.**



Planimetria con ubicazione punti d'indagine – **Piano primo.**

RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE

Di seguito si riportano le indagini eseguite zona per zona.

IDENTIFICATIVO					STRUTTURE IN CA E CAP								MURATURA			SOLAI
PIANO	ZONA		STRUTTURA	MATERIALE	PACOMETRO	MICROSCASSO	CAROTAGGIO MECCANICO	CARBONATAZIONE	PRELIEVO BARRE ARMATURA	DUROMETRO ACCIAIO	INDAGINE SCLEROMETRICA	SONREB	VERIFICA TESSITURA MURARIA	CAROTAGGIO / INDAGINE VIDEOENDOSCOPIA SU	MARTINETTO PIATTO	INDAGINE TERMOGRAFICA IR
TERRA	T	1	TRAVE	CA	X	X			F1		X	X				
TERRA	T	2	TRAVE	CA	X		C1	X			X	X				
TERRA	T	3	TRAVE	CA	X		C2	X			X	X				
TERRA	T	4	MURATURA	M	X								X	X		
TERRA	T	5	MURATURA	M	X								X	X	MP1	
TERRA	T	6	TRAVE	CA	X											
TERRA	T	7	MURATURA	M	X								X			
TERRA	T	8	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	9	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	10	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	11	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	12	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	13	PILASTRO	A						X						
TERRA	T	14	TRAVE	A						X						
TERRA	T	15	SOLAIO	LC												X
TERRA	T	16	SOLAIO	LC												X
PRIMO	1	1	TRAVE	CA	X	X	C3		F2		X	X				
PRIMO	1	2	TRAVE	CA	X	X	C4				X	X				
PRIMO	1	3	TRAVE	CA							X	X				
PRIMO	1	4	TRAVE	CA	X						X	X				
PRIMO	1	5	TRAVE	CA							X	X				
PRIMO	1	6	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	7	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	8	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	9	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	10	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	11	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	12	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	13	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	14	PILASTRO	A						X						
PRIMO	1	15	SOLAIO	LC												X
PRIMO	1	16	SOLAIO	LC												X

5. RISULTATI SPERIMENTALI

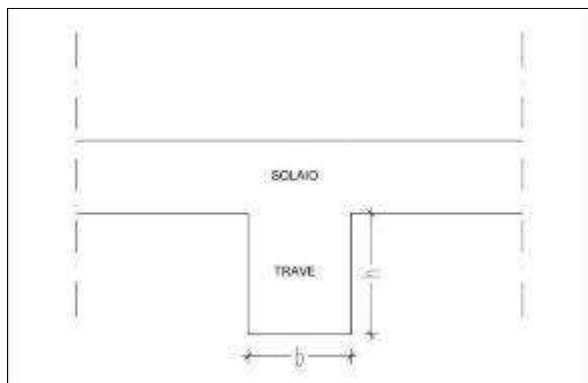
CALCESTRUZZI - RISULTATI INDAGINI

INDAGINI PACOMETRICHE E MICRODEMOLIZIONI

Di seguito vengono riportate le sezioni rilevate mediante l'ausilio di pacometro e microdemolizioni di taratura.

IDENTIFICATIVO					VERIFICA INDAGINE PACOMETRICA/MICRODEMOLIZIONI								
						PILASTRO - SETTO		TRAVE (MEZZ.)		TRAVE (APP.)			
						BARRE	STAFFE	BARRE	STAFFE	BARRE	STAFFE		
PIANO	ZONA		STRUTTURA	MATERIALE	DIMENSIONI (b x h) cm	NUM./PASSO (cm) Ø (mm) TIPOLOGIA	Ø (mm) TIPOLOGIA PASSO (cm)	NUMERO Ø (mm) TIPOLOGIA PASSO (cm)	Ø (mm) TIPOLOGIA PASSO (cm)	NUMERO Ø (mm) TIPOLOGIA PASSO (cm)	Ø (mm) TIPOLOGIA PASSO (cm)	NOTE	
TERRA	T	1	TRAVE	CA	24x70			10 14 2 6 N	8 N 15				
TERRA	T	2	TRAVE	CA	24x70			10 14 2 6 N	8 N 15				
TERRA	T	3	TRAVE	CA	24x70			10 14 2 6 N	8 N 15				
PRIMO	1	1	TRAVE	CA	25 x variabile			4 20 N	8 N 30				
PRIMO	1	2	TRAVE	CA	25x92			4 10 2 14 N	8 N 30				
PRIMO	1	4	TRAVE	CA	25x92			4 10 2 14 N	8 N 30				

Là dove non diversamente specificato le dimensioni degli elementi indicati in tabella si riferiscono solo alle parti ribassate o comunque fuori spessore. Si prenda come esempio l'immagine a lato.





Fasi dei rilievi pacometrici

COMPRESSIONE E CARBONATAZIONE

Di seguito si riporta, in forma tabellare, il riepilogo dei risultati delle prove di compressione e carbonatazione realizzate sulle carote estratte. I certificati relativi ai prelievi e alle prove di compressione, eseguite dal Laboratorio Tecnologico Mantovano S.r.l., sono riportati in allegato.

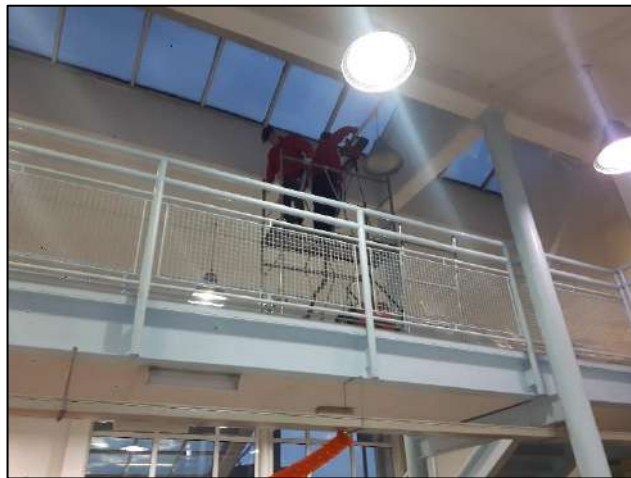
IDENTIFICATIVO					PRELIEVO CAMPIONE CILINDRICO		
PIANO	ZONA		STRUTTURA	CAMPIONE	PROFONDITA' CARBONATAZIONE (mm)	RESISTENZA A COMPRESSIONE f_c DA PROVE DI LABORATORIO (N/mm ²)	Note
TERRA	T	2	TRAVE	C1	10	39,9	
TERRA	T	3	TRAVE	C2	10	44,3	
TERRA	T	6	TRAVE				Carota non riuscita, presente una rifodera in cls di 7 cm a ridosso della trave
PRIMO	1	1	TRAVE	C3	4	40,4	
PRIMO	1	2	TRAVE	C4	6	38,7	

Nota: dato il rapporto di compressione 1:1 (h/ϕ) il valore di f_c coincide con quello di R_c .

Si riportano alcune immagini relative ai campioni prelevati e alle diverse fasi di prelievo.



Campioni prelevati e prova colorimetrica.



Fasi dei prelievi

INDAGINI SONREB

Di seguito si riporta una tabella con le resistenze a compressione degli elementi in cls indagati con il metodo SonReb. Tale metodologia prevede la determinazione della resistenza attraverso una serie di formule empiriche redatte da diversi autori per differenti condizioni al contorno.

In particolare, nel presente lavoro i valori di resistenza calcolati con la formula redatta dal RILEM hanno un'ottima coincidenza con quelli relativi alle prove di compressione eseguiti in Laboratorio.

Il valore dell'indice di rimbalzo dello sclerometro utilizzato per il calcolo delle resistenze è stato diminuito del 10% per tener conto della carbonatazione.

IDENTIFICATIVO												SonReb letteratura Rc - (N/mm ²)						
PIANO	ZONA		STRUTTURA	CONFIGURAZIONE	Distanza (cm)	Tempo (μs)	Velocità (m/s)	Velocità media (3 misure) (m/s)	Indice sclerometrico medio (12 battute)	Indice sclerometrico medio (per SonReb)	Cianfrone Faccarou	RILEM	Gasparik	Del Monte Lavacchini Vignoli	Di Leo Pascale	Carota N.	Carota fc laboratorio (N/mm ²)	
TERRA	T	1	TRAVE	T	25,0	62,2	4019	4036	44	40	31,3	38,5	37,5	29,4	39,3	/	/	
						63,4	3943											
						60,3	4146											
TERRA	T	2	TRAVE	T	25,0	61,7	4052	4007	46	41	31,8	39,1	38,1	29,8	39,6	/	39,9	
						61,9	4039											
						63,6	3931											
TERRA	T	3	TRAVE	T	25,0	60,2	4153	4126	47	42	35,5	43,7	41,5	32,2	43,7	C2	44,3	
						59,7	4188											
						61,9	4039											
PRIMO	1	1	TRAVE	T	25,0	60,2	4153	3987	47	42	32,5	39,9	38,9	30,4	40,2	C3	40,4	
						63,5	3937											
						64,6	3870											
PRIMO	1	2	TRAVE	T	25,0	65,0	3846	3924	45	41	30,2	37,0	36,7	28,8	37,7	C4	38,7	
						62,0	4032											
						64,2	3894											
PRIMO	1	3	TRAVE	T	25,0	65,3	3828	3827	48	43	30,2	37,1	37,1	29,1	37,2	/	/	
						62,6	3994											
						68,3	3660											
PRIMO	1	4	TRAVE	T	25,0	61,5	4065	3943	44	40	29,5	36,2	35,9	28,2	37,1	/	/	
						64,7	3864											
						64,1	3900											
PRIMO	1	5	TRAVE	T	25,0	65,6	3811	3908	45	41	29,8	36,6	36,4	28,6	37,3	/	/	
						64,1	3900											
						62,3	4013											

Nota: dato il rapporto di compressione 1:1 (h/φ) il valore di f_c coincide con quello di R_{ck}

Il tempo di percorso è stato rilevato sempre in trasparenza.

Nella prima colonna sono indicate le sigle "T" trasparenza, "C" su carota, "D" diagonale e "O" omeosuperficiale. Le resistenze rilevate con il metodo SonReb con misure ultrasoniche diagonali e omeosuperficiali portano solitamente a valori di resistenza leggermente superiori rispetto a quelli conseguenti a misure in trasparenza.



Alcune fasi delle prove sclerometriche e ultrasoniche.

ACCIAI - RISULTATI PRELIEVI ED INDAGINI

ARMATURA PRELEVATA

Di seguito si riporta un riepilogo dei risultati ottenuti dalle prove di trazione eseguite sui campioni di armatura prelevati. I risultati ottenuti dalle prove di trazione, eseguite dal Laboratorio Tecnologico Mantovano S.r.l., sono riportati in allegato.

IDENTIFICATIVO					PRELIEVO BARRA	
PIANO	ZONA		STRUTTURA	CAMPIONE	Ø DIAMETRO NOMINALE (mm)	TENSIONE DI SNERVAMENTO fy DA PROVE DI LABORATORIO (N/mm ²)
TERRA	T	1	TRAVE	F1	14	573,1
PRIMO	1	1	TRAVE	F2	20	566,9

Si riportano alcune immagini relative ai campioni prelevati.



Alcune fasi del prelievo del campione F1 ed i campioni prelevati

RISULTATI INDAGINI CON MICRODUROMETRO

Sulle strutture in acciaio sono state eseguite misure dirette durometro L-190 della Assi Control per verificare l'omogeneità delle resistenze a trazione dei profili metallici indagati e le prove di trazione eseguite in Laboratorio che vengono riportate in allegato.

La temperatura delle aree di prova al momento delle indagini è di 22 °C.

IDENTIFICATIVO					DUROMETRO
PIANO	ZONA		STRUTTURA	PROFILO METALLICO	Rm CARICO UNITARIO DI ROTTURA (N/mm ²)
TERRA	T	8	PILASTRO	Ø 250 mm	420
TERRA	T	9	PILASTRO	Ø 250 mm	420
TERRA	T	10	PILASTRO	Ø 250 mm	435
TERRA	T	11	PILASTRO	Ø 250 mm	440
TERRA	T	12	PILASTRO	Ø 250 mm	410
TERRA	T	13	PILASTRO	Ø 250 mm	430
TERRA	T	14	TRAVE	IPE 360	445
PRIMO	1	6	PILASTRO	Ø 250 mm	410
PRIMO	1	7	PILASTRO	Ø 250 mm	435
PRIMO	1	8	PILASTRO	Ø 250 mm	440
PRIMO	1	9	PILASTRO	Ø 250 mm	420
PRIMO	1	10	PILASTRO	Ø 250 mm	415
PRIMO	1	11	PILASTRO	Ø 250 mm	415
PRIMO	1	12	PILASTRO	Ø 250 mm	420
PRIMO	1	13	PILASTRO	Ø 250 mm	425
PRIMO	1	14	PILASTRO	Ø 250 mm	420



Alcune fasi della verifica con microdurometro.

MURATURE - RISULTATI INDAGINI

MARTINETTI PIATTI

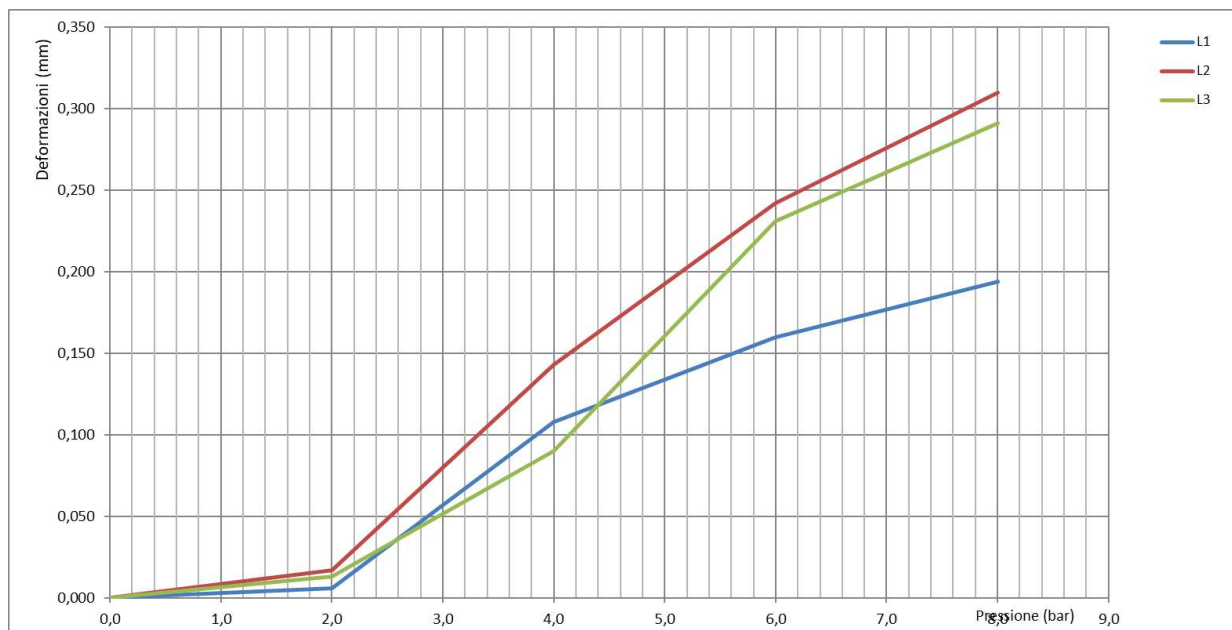
PROVA MP1 – Punto T.5 - MARTINETTO PIATTO DOPPIO

CICLO 1 (0-10 bar)

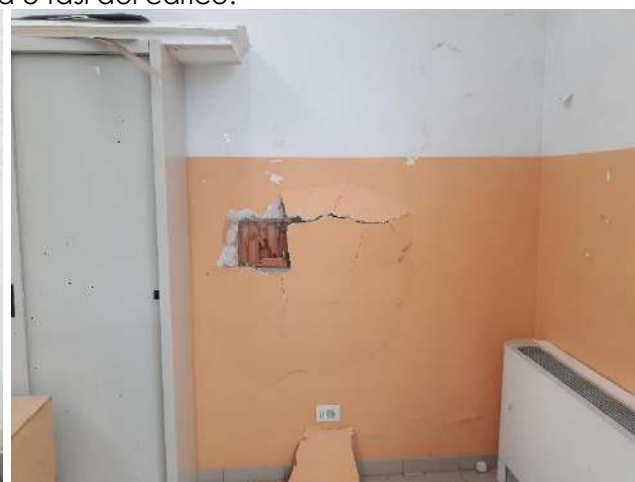
Il concio si rompe nell'intervallo tra 8 e 10 bar

Il limite di "rottura" è stato raggiunto a **9.0 bar** (pari a **7.8 daN/cm²**).

MARTINETTO PIATTO				DOPPIO		MP1			DISTANZA TRA I MARTINETTI (cm) 72		
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
03/12/2019	TERRA	2	MATTONI FORATI TIPO POROTON	33	56	km	0,9	0,95	Area taglio (cm2)	Precisione	Divisione
						AREA (cm2)	773,22	773,22	852,00	Millesimale	0,1 bar
LETTURE DEFORMOMETRO						CEDIMENTI RILEVATI (mm)					
PRESSIONE (bar)	L1	L2	L3	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	MEDIA (mm)				
0,0	6,952	6,954	7,092	0,000	0,000	0,000	0,000				
2,0	6,946	6,937	7,079	0,006	0,017	0,013	0,012				
4,0	6,844	6,811	7,002	0,108	0,143	0,090	0,114				
6,0	6,792	6,712	6,861	0,160	0,242	0,231	0,211				
8,0	6,758	6,644	6,801	0,194	0,310	0,291	0,265				
								=			
								COSTANTE			
								LETTURE INCUDINE DI TARATURA			
								COSTANTI			
								LIMITE ELASTICO			
								(bar) (daN/cm2)			
								MODULO ELASTICO MEDIO			
								(daN/cm²) #DIV/0!			
								LIMITE DI "ROTTURA"			
								(bar) (daN/cm²) 9 7,8			



In conico di prova e fasi del carico.



La rottura del conico all'esterno ed all'interno dell'edificio



I "corsi" di malta nelle porzioni di muratura a fianco a quella di prova.



I ferri di armatura all'interno della muratura.

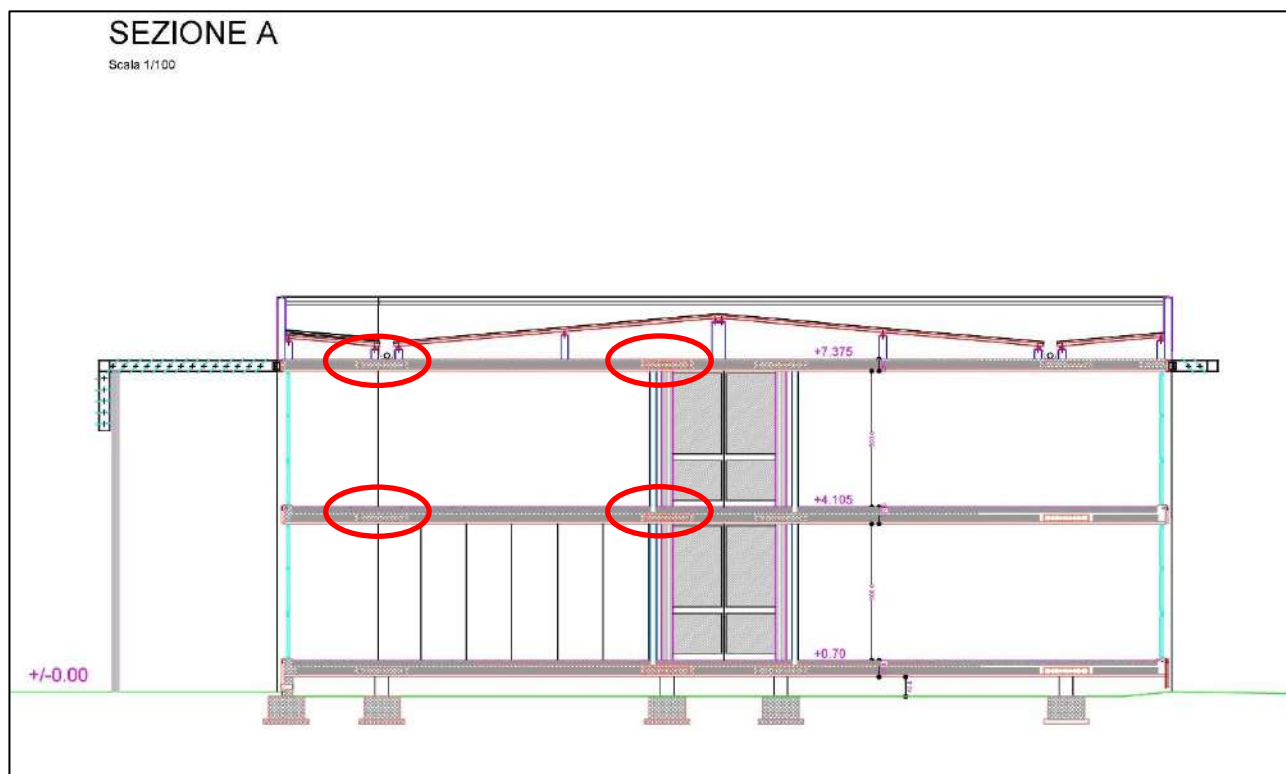
INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE, MICRODEMOLIZIONI ED INDAGINI PACOMETRICHE SU MURATURA

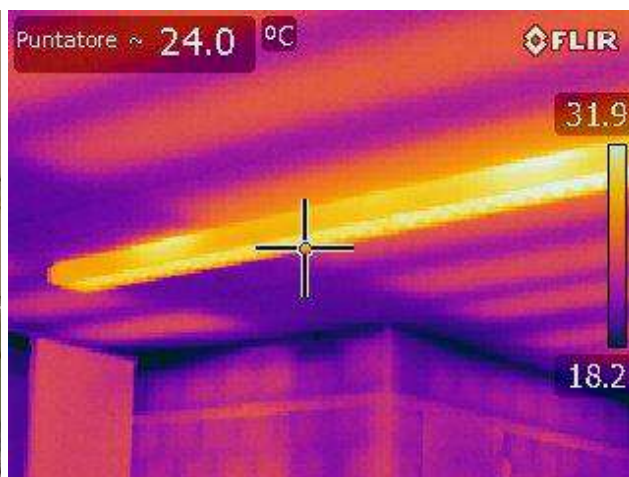
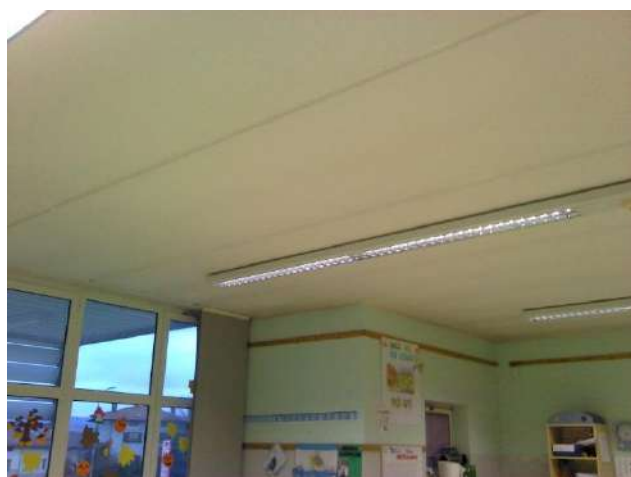
IDENTIFICATIVO			CONTROLLI SU STRUTTURE IN MURATURA					
PIANO	ZONA		STRUTTURA	VERIFICA TESSITURA MURARIA	SPESSORE TOT. (cm)	IMMORSAMENTO MURATURA	CAROTAGGI VIDEOENDOSCOPIE	MARTINETTI PIATTI
TERRA	T	4	MURATURA	Intonaco - 1 cm Forati - 12 cm Intercapedine - 5 cm Setto CLS			X	
TERRA	T	5	MURATURA	Non rilevati ferri verticali Ferri orizzontali Ø 6 mm ogni 2 corsi di malta	30		X	MP1
TERRA	T	7	MURATURA	Confermata presenza ferri verticali di progetto Ferri orizzontali Ø 6 mm ogni 2 corsi di malta	30		X	

SOLAI – RISULTATI INDAGINI

RILIEVO TERMOGRAFICO IR DEL SOLAIO

Le indagini con telecamera ad infrarossi hanno permesso di confermare l'esistenza delle travi in spessore riportate nelle tavole di progetto al piano terra ed al primo piano.





Alcune delle travi in spessore messe in luce con l'indagine termografica.

6. CERTIFICAZIONE PERSONALE

 <p>CERTIFICATO N. QA/CND/629/19</p> <p>Certificazione delle Competenze delle Persone <i>Certification of Competence of Persons</i></p> <p>CERTIFICATO DI LIVELLO 2 <i>Level 2 Certificate</i></p>		
<p>Si attesta che:</p> <p>ROBERTO CHIAPPINI <i>Nome/First Name - Cognome/Last Name</i></p> <p>Nato a Trieste (TS) il 04/07/1964 – C.F. CHPRRT64L04L424S <i>Place and Date of birth</i></p>		
<p>ha superato positivamente l'esame per la valutazione delle competenze delle persone in conformità al Regolamento Generale (QPERS-REG_QAID-CND_CIV) <i>has successfully passed the exam for assessing the competence of persons in accordance with the General Regulations (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)</i></p>		
<p>Per il metodo/ <i>For the method:</i></p> <p>Prova di estrazione, pull out/pull off (ES) <i>Extraction test, pull out/pull off (ES)</i></p>		
<p>Per il settore delle costruzioni in Ingegneria <i>For the Engineering Construction Sector</i></p>		
<p>Data Prima Emissione</p> <p>02/07/2019</p>	<p>Data Emissione Corrente</p> <p>02/07/2019</p>	<p>Data Scadenza</p> <p>01/07/2024</p>
<div> <div>  <p>PRS N° 106 C</p> <p>Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC</p> <p>Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements</p> </div> <div> <p>Per Q-AID</p>  <p>Mario Bergamini Consigliere Delegato</p> </div> </div>		
<p>Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare: Q-AID ASSESSMENT & CERTIFICATION S.r.l. Sede Centrale e Amministrativa: Le Tre Torri - Via Fiero, 46 - 25125 Brescia (BS) Tel. 030 44751 - mail: info@q-aid.it - PEC: q-aid@pec.it</p>		

 <p>CERTIFICATO N. QA/CND/630/19</p> <p>Certificazione delle Competenze delle Persone <i>Certification of Competence of Persons</i></p> <p>CERTIFICATO DI LIVELLO 2 <i>Level 2 Certificate</i></p> <p>Si attesta che:</p> <p>ROBERTO CHIAPPINI <i>Nome/First Name – Cognome/Last Name</i></p> <p>Nato a Trieste (TS) il 04/07/1964 – C.F. CHPRRT64L04L424S <i>Place and Date of birth</i></p> <p>ha superato positivamente l'esame per la valutazione delle competenze delle persone in conformità al Regolamento Generale (QPERS-REG_QAID-CND_CIV) <i>has successfully passed the exam for assessing the competence of persons in accordance with the General Regulations (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)</i></p> <p>Per il metodo/ <i>For the method:</i></p> <p>Prova Magnetica (MG) <i>Magnetic Test (MG)</i></p> <p><i>Per il settore delle costruzioni in Ingegneria</i> <i>For the Engineering Construction Sector</i></p> <table border="1"> <tr> <td>Data Prima Emissione</td> <td>Data Emissione Corrente</td> <td>Data Scadenza</td> </tr> <tr> <td>02/07/2019</td> <td>02/07/2019</td> <td>01/07/2024</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%;">  <p>PRS N° 106 C</p> <p>Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC</p> <p><i>Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements</i></p> </div> <div style="width: 60%;"> <p>Per Q-AID</p>  <p>Mario Bergamini <i>Consigliere Delegato</i></p> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><small>Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare: Q-AID ASSESSMENT & CERTIFICATION S.r.l. Sede Centrale e Amministrativa: Le Tre Torri - Via Flero, 46 - 25125 Brescia (BS) Tel. 030 44751 - mail: info@q-aid.it - PEC: q-aid@pec.it</small></p> </div>			Data Prima Emissione	Data Emissione Corrente	Data Scadenza	02/07/2019	02/07/2019	01/07/2024
Data Prima Emissione	Data Emissione Corrente	Data Scadenza						
02/07/2019	02/07/2019	01/07/2024						



CERTIFICATO N. QA/CND/631/19

Certificazione delle Competenze delle Persone
Certification of Competence of Persons

CERTIFICATO DI LIVELLO 2
Level 2 Certificate

Si attesta che:

ROBERTO CHIAPPINI
Nome/First Name - Cognome/Last Name

Nato a Trieste (TS) il 04/07/1964 – C.F. CHPRRT64L04L424S
Place and Date of birth

ha superato positivamente l'esame per la valutazione delle competenze delle persone in conformità al
Regolamento Generale (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)
has successfully passed the exam for assessing the competence of persons in accordance with the General Regulations (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)

Per il metodo/ *For the method:*

Prova con martinetti piatti (MP)
Flat jacks test (MP)

Per il settore delle costruzioni in Ingegneria
For the Engineering Construction Sector

Data Prima Emissione	Data Emissione Corrente	Data Scadenza
02/07/2019	02/07/2019	01/07/2024



PRS N° 106 C

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Per Q-AID



Mario Bergamini
Consigliere Delegato

Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare: **Q-AID ASSESSMENT & CERTIFICATION S.r.l.**
Sede Centrale e Amministrativa: Le Tre Torri - Via Flero, 46 - 25125 Brescia (BS) Tel. 030 44751 - mail: info@q-aid.it - PEC: q-aid@pec.it

 CERTIFICATO N. QA/CND/634/19 Certificazione delle Competenze delle Persone <i>Certification of Competence of Persons</i> CERTIFICATO DI LIVELLO 2 <i>Level 2 Certificate</i> Si attesta che: ROBERTO CHIAPPINI <i>Nome/First Name – Cognome/Last Name</i> Nato a Trieste (TS) il 04/07/1964 – C.F. CHPRRT64L04L424S <i>Place and Date of birth</i> ha superato positivamente l'esame per la valutazione delle competenze delle persone in conformità al Regolamento Generale (QPERS-REG_QAID-CND_CIV) <i>has successfully passed the exam for assessing the competence of persons in accordance with the General Regulations (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)</i> Per il metodo/ For the method: Prova Ultrasonora (UT) <i>Ultrasonic testing (UT)</i> Per il settore delle costruzioni in Ingegneria <i>For the Engineering Construction Sector</i>		
Data Prima Emissione 02/07/2019	Data Emissione Corrente 02/07/2019	Data Scadenza 01/07/2024
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <small>PRS N° 105 C</small> <small>Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC</small> <small>Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements</small> </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">  Per Q-AID </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <small>Mario Bergamini</small> <small>Consigliere Delegato</small> </div> </div> </div>		
<small>Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare: Q-AID ASSESSMENT & CERTIFICATION S.r.l.</small> <small>Sede Centrale e Amministrativa: Le Tre Torri - Via Flero, 46 - 25125 Brescia (BS) Tel. 030.44751 - mail: info@q-aid.it - PEC: q-aid@pec.it</small>		



CERTIFICATO N. QA/CND/633/19

Certificazione delle Competenze delle Persone
Certification of Competence of Persons

CERTIFICATO DI LIVELLO 2
Level 2 Certificate

Si attesta che:

ROBERTO CHIAPPINI
Nome/First Name – Cognome/Last Name

Nato a Trieste (TS) il 04/07/1964 – C.F. CHPRRT64L04L424S
Place and Date of birth

ha superato positivamente l'esame per la valutazione delle competenze delle persone in conformità al
Regolamento Generale (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)
has successfully passed the exam for assessing the competence of persons in accordance with the General Regulations (QPERS-REG_QAID-CND_CIV)

Per il metodo/ *For the method:*

Prova Sclerometrica (SC)
Sclerometric Test (SC)

Per il settore delle costruzioni in Ingegneria
For the Engineering Construction Sector

Data Prima Emissione	Data Emissione Corrente	Data Scadenza
02/07/2019	02/07/2019	01/07/2024



PRS N° 106 C

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

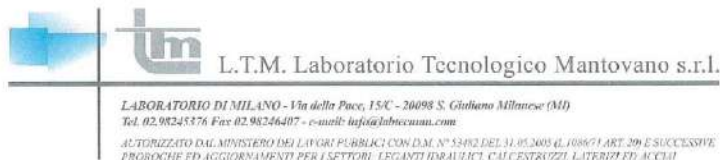
Per Q-AID



*Mario Bergamini
Consigliere Delegato*

Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare: **Q-AID ASSESSMENT & CERTIFICATION S.r.l.**
Sede Centrale e Amministrativa: Le Tre Torri - Via Plerò, 46 - 25125 Brescia (BS) Tel. 030 44751 - mail: info@q-aid.it - PEC: q-aid@pec.it

7. CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO



Sede legale:

Via A. Pitentino, 10-12
46010 Levata di Curtatone (MN)
Tel. 0376 291712 - Fax 0376 293042

C.F.E.P.I. 01293110209
Capitale Sociale € 11.440 i.v.
Registro Imprese di Mantova

SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 486B/19

Verbale di accettazione N. 09121120B/19 del 09/12/19 San Giuliano Milanese, 16/12/19

RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario: Personale della Ditta

RICHIEDENTE : IN SITU SRL
INDIRIZZO : Località Gropada, 117 - Trieste - TS
NATURA DEI CAMPIONI : Provini cilindrici prelevati da struttura in opera
PROVA RICHIESTA : Resistenza alla compressione - UNI EN 12390
CANTIERE DI PROVENIENZA : Strambino (TO) - Piazza Aldo Moro - Verifiche strutturali scuola

Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N.	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
1	CS1	94 x 93,1	0,99	2358	39,9	03/12/2019	16/12/2019
2	CS2	94 x 94,2	1,00	2355	44,3	03/12/2019	16/12/2019
3	CS3	94 x 93,5	0,99	2305	40,4	03/12/2019	16/12/2019
4	CS4	94 x 94,6	1,01	2353	38,7	03/12/2019	16/12/2019

(*) 1 MPa = 1N/mm² = 10,2 Kg/cm²

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C55V2/L matricola 02116233 Data ultima taratura: 15/04/2019

OSSERVAZIONI:

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Documento non valido ai fini del D.M. 17/01/18

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.

Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore
Geom. Matteo Verdi

Il Direttore del Laboratorio
dott. Ing. Roberto Ferrari



L.T.M. Laboratorio Tecnologico Mantovano s.r.l.

LABORATORIO DI MILANO - Via della Pace, 15/C - 20098 S. Giuliano Milanese (MI)
Tel. 02.98245376 Fax 02.98246407 - e-mail: info@labtecman.com

AUTORIZZATO DAL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI CON D.M. N° 53402 DEL 31/05/2005 (L. 1096/71 ART. 29) E SUCCESSIVE
PROROGHE ED AGGIORNAMENTI PER I SETTORI: LEGANTI IDRAULICI, CALCESTRUZZI, LATERIZI ED ACCIAI

Sede legale:

Via A. Pientino, 10-12
46010 Levata di Curtatone (MN)
Tel. 0376 291712 - Fax 0376 293042

C.F.E.P.I. 01293110209
Capitale Sociale € 11.440 i.v.
Registro Imprese di Mantova

SEZIONE ACCIAI

PROT. N. 487B/19

Verbale di accettazione N. 09121120B/19 del 09/12/19 San Giuliano M.se, 16/12/19

RAPPORTO DI PROVE A TRAZIONE

Soggetto consegnatario: Personale della Ditta

COMMITTENTE	: IN SITU SRL
INDIRIZZO	: Località Gropada, 117 - 34149 Trieste (Ts)
NATURA DEI CAMPIONI	: Tondi nervati prelevati da struttura in opera
PROVA RICHIESTA	: Resistenza alla Trazione - UNI EN 15630-1:04
CANTIERE DI PROVENIENZA	: Strambino (TO) - Piazza Aldo Moro - Verifiche strutturali scuola

RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE

N° identificativo L.T.M.	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva S ₀ (mm ²)	Tensione di snervamento f _y (MPa)*	Tensione di rottura f _t (MPa)*	A _{gt} (%)	Data di prova
1	FS1	14	153,9	573,1	670,0	11,1	12/12/19
2	FS2	20	314,0	566,9	672,0	11,8	12/12/19

(*) 1 Mpa = 1N/mm² = 10.2 Kg/cm²

Prove eseguite secondo le normative UNI EN 15630-1:10 - UNI EN ISO 6892-1:09

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "GALDABINI" da 600 kN - matricola 31542-31543/82 - Data ultima taratura: 15/04/2019

OSSERVAZIONI: Nessun marchio di ferriera rilevato

Documento non valido ai fini del D.M. 17/01/18

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore
geom. Matteo Verdi

Il Direttore del Laboratorio
dott. Ing. Roberto Ferrari

Pagina 1 di 1

8. SCHEDE DEI MATERIALI PER I RIPRISTINI STRUTTURALI

I ripristini strutturali sono stati eseguiti con i prodotti di seguito descritti dalle schede tecniche.

LINEA EDILIZIA / Geomalta® minerali per il Ripristino Monolitico del Calcestruzzo

GeoLite® 10

Geomalta® minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante® a reazione cristallina, per la passivazione, ripristino, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo degradato, ideale nel GreenBuilding. Bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici, esente da fibre organiche. Tixotropica, a presa rapida 10 min.

GeoLite® 10 è una geomalta® tixotropica per passivare, ripristinare, rasare e proteggere strutture in calcestruzzo armato quali travi, pilastri, solette, frontali, rampe, facciavista, elementi decorativi, cornicioni. Specifica per interventi con cestello, basse temperature e necessità di rapida messa in servizio. Verniciabile dopo 4 ore.



GREENBUILDING RATING®

GeoLite® 10

- Categoria: Minerali Inorganici
- Classe: Geomalta Minerali per il Ripristino Monolitico del Calcestruzzo
- Rating: Eco 4

ECO 4	CO ₂	IAQ	Recycling
✓	✓	✓	✓
Contenuto primario di CO ₂	Emissioni di CO ₂ (GWP)	Qualità dell'aria (VOC)	Riciclabilità

ECO NOTE

- A base di Geolegante®
- Ripristini eco-compatibili del calcestruzzo
- Bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici
- Esente da fibre organiche
- Formulato con minerali regionali a ridotte emissioni di gas

sera per il trasporto, a ridotte emissioni di CO₂.
- A bassissime emissioni di sostanze organiche volatili
- Riciclabile come inerte minerale evitando costi di smaltimento e impatto ambientale

PLUS PRODOTTO

- **GEOLEGANTE®**: Durezza esclusiva dell'innovativo Geolegante® Kera-Koll a cristallizzazione polimerica rivoluziona le malte da ripristino del calcestruzzo garantendo livelli di durezza e raggiungendo performance di eco-compatibilità uniche.
- **MONOLITICA**: La prima geomalta® che consente la formazione di una massa monolitica in grado di avvolgere, proteggere e rinforzare opere in calcestruzzo armato senza necessità di applicare pali d'armatura sovrapposti. L'unica certificata per passivare, ricostruire, rasare, regolarizzare e proteggere in un unico strato.
- **CRISTALLIZZANTE**: I ripristini monolitici di GeoLite®, naturalmente stabili, si cristallizzano al calcestruzzo garantendo la durabilità di una massa minerale.
- **VELOCE**: La prima geomalta® che richiede un solo giorno di lavoro per la realizzazione di un ripristino completo, contro i sei giorni richiesti dalle cicli delle tradizionali malte da ripristino da essiccare in più strati.
- **TAILORED**: La prima linea di geomalta a tempi di presa differenziati (10-40-10 min.) miscelabili fra loro per personalizzare i tempi di presa in funzione delle condizioni di cantiere.



CAMPI D'APPLICAZIONE

Destinazione d'uso

Passivazione, ripristino localizzato e generalizzato, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo armato quali travi, pilastri, solette, frontali, rampe, facciavista, elementi decorativi, cornicioni e opere infrastrutturali. Malta rapida idonea per fissaggi in genere quali: zanche, crociani, controcunei, sanitari, tubazioni, pali, ringhiere. Specifica per interventi con cestello, basse temperature, necessità di rapida messa in servizio. Ideale nel GreenBuilding e nel Restoro dell'Architettura Moderna.

INDICAZIONI D'USO

Preparazione dei supporti

Prima di applicare GeoLite® 10 occorre innidire il substrato in calcestruzzo (spessore di almeno 5 mm) mediante spaccata meccanica e idrodemolizione, provvedendo all'asportazione in profondità dell'eventuale calcestruzzo ammorbidito; successivamente è necessario rimuovere la ruggine dai ferri d'armatura, che dovranno essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura. Si procederà quindi alla pulizia del substrato, eliminando qualsiasi residuo di polvere, grasso, oli e altre sostanze contaminanti con aria compressa o idropulitrice, e alla bagnatura a rifiuto fino ad ottenere un substrato saturo, ma privo di acque liquide in superficie. In alternativa, l'applicazione di GeoLite® Base su ogni tipo di sottofondo, garantisce un regolare assorbimento e favorisce la naturale cristallizzazione della geomalta®. Prima di applicare GeoLite® 10 verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto. **Ripristi a spessore su superfici estese**: si richiede l'applicazione di un'armatura (rete elettrosaldata o fondino) ancorata al supporto mediante tassellatura.

©2006 Kera-Koll® 10 Data: 12/05/2016/06

KERA KOLL
The GreenBuilding Company

INDICAZIONI D'USO

Preparazione

Preparazione
GeoLits® 10 si prepara mescolando 25 kg di polvere con l'acqua indicata sulla confezione (è consigliabile utilizzare l'intero contenuto di ogni sacco). La preparazione dell'impatto può essere effettuata in secchio utilizzando un trapano con frusta a basso numero di giri, fino ad ottenere una malta omogenea e priva di grumi.

Conservare il materiale al riparo da fonti di umidità e in luoghi protetti dall'insolazione diretta.

Applicazione

Per il ripristino localizzato e/o generalizzato, che prevede l'applicazione di Geolite® 10 in spessori variabili da 2 a 40 mm (max per strato), applicare la malta manualmente a cazzuola.

Per la realizzazione di una resatura protettiva, applicare GeoLite® 10 manualmente (con spatole d'acciaio) in spessori non inferiori a 2 mm. Curare la laccatura umida delle superfici per almeno 24 ore.

Pullista

La pulizia degli attrezzi e delle macchine da residui di GeoLite® 10 si effettua con acqua prima dell'indurimento del prodotto.

VOCE DI CAPITOLATO

Passivazione, ripristino localizzato o generalizzato monolitico e spessore centimetrico di elementi di strutture in calcestruzzo degradato, rasatura monolitica protettiva e spessore millimetrico, mediante applicazione manuale di geomateriali minerali certificata, eco-compatibile, idrorepellente, a presa rapida (10 min.), a base di Geopoligante® e arcinca a resine cristalline, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, tipo GeoXp® 10 di Kerakoll® Spa, GreenBuilding Rating® Eco 4, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe PR, per la rasatura volumetrica e la rasatura e dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici e in accordo ai Principi 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definiti dalla EN 1504-8.

DATI TECNICI SECONDO NORMA DI QUALITÀ KERAKOLI

Aspetto	polvere	
Massa volumica apparente	1340 kg/m ³	UEAtc
Natura mineralogica aggregata	silice - carbonatica	
Intervallo granulometrico	0 - 0,5 mm	EN 12192-1
Conservazione	+ 6 mesi nella confezione originale in luogo asciutto	
Confezione	sacchi 25 / 5 kg	
Acqua d'impasto	= 4,5 l / 1 sacco 25 kg - = 0,9 l / 1 sacco 5 kg	
Spandimento dell'impasto	140 - 160 mm	EN 12395-1
Massa volumica dell'impasto	= 2590 kg/m ³	
pH dell'impasto	≥ 12,5	
Inizio / Fine press	= 8 - 10 min. [- 22 - 25 min. a +5 °C] - [- 3 - 4 min. a +30 °C]	
Temperature di applicazione	da -5 °C a +40 °C	
Spessore minimo	2 mm	
Spessore massimo per strato	40 mm	
Rasa	= 17,5 kg/m ² per cm di spessore	

Rilevazione di un 27 °C di sovratemperatura, 80% U.R. e assenza di ventilazione.

Journal of Management Education 35(1) 1-12

PERFORMANCE			
HIGH-TECH			
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7	Prestazione Geolite® 10
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione	specificata superata
Adesione per taglio	EN 15184	≥ 80% del valore della barra nuda	specificata superata
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-3 classe R4	Geolite® 10 Prestazione in condizioni CC e PCC alla temperatura di:
			+5 °C +21 °C
			< 6 MPa (4 h) < 10 MPa (4 h)
			> 12 MPa (24 h) > 20 MPa (24 h)
			> 20 MPa (7 gg) > 30 MPa (7 gg)
			> 40 MPa (28 gg) > 45 MPa (28 gg)
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa (28 gg)	> 3 MPa (4 h) > 4 MPa (4 h)
			> 4 MPa (24 h) > 6 MPa (24 h)
			> 5 MPa (7 gg) > 7 MPa (7 gg)
			> 6 MPa (28 gg) > 8 MPa (28 gg)
Resistenza a trazione per flessione	EN 136/1	nessuno	
Legame di adesione	EN 1542	≥ 2 MPa (28 gg)	> 2 MPa (28 gg)
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	profondità di carbonatazione < calcestruzzo di riferimento [MC (0,45)]	specificata superata
Modulo elastico a compressione	EN 13412	≥ 20 GPa (28 gg)	21 GPa (28 gg)
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disciolti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli ≥ 2 MPa	> 2 MPa
Absorbimento capillare	EN 13057	≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}	< 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}
Contenuto toni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	≤ 0,05%	< 0,05%
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	A1
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-2 (C)	Prestazione Geolite® 10
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-2	classe di riferimento	Classe I s _e ≤ 5 m
Absorbimento capillare e permeabilità all'acqua	EN 10682-3	w < 0,1 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}	w < 0,1 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}
Forza di adesione per trazione diretta	EN 1542	≥ 0,8 MPa	> 2 MPa
Ritiro lineare	EN 12671-1	≤ 0,3%	< 0,3%
Coefficiente di espansione termica	EN 1770	α _t ≤ 30·10 ⁻⁶ ·K ⁻¹	α _t < 30·10 ⁻⁶ ·K ⁻¹
Resistenza all'abrasione	EN ISO 5470-1	perdita di peso < 3000 mg	specificata superata
Adesione in seguito a shock termico	EN 13687-2	≥ 2 N/mm ²	> 2 N/mm ²
Resistenza all'urto	EN ISO 6272-1	classe di riferimento	Class III : > 20 Nm
Sostanze pericolose		conformi al punto 5.4	
QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA (IAQ) VOC - EMISSIONI SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI			
Conformità	EC 1-R plus GEV-Emissione		Cert. GEV 3540/11.01.02
LEED®			
LEED® Contributo Punti *	Punti LEED®		
MIR Credito 4 Contenuto di Riciclati	fino a 2		
MIR Credito 5 Materiali Regionali	fino a 2		
QI Credito 4.1 Materiali Basso Emissivi	fino a 1		
* LEED® è un marchio registrato della U.S. Green Building Council, società americana leader nel settore dell'edilizia sostenibile. Il punteggio LEED® rappresenta la qualità ambientale dei prodotti ed edifici. LEED® è una certificazione internazionale che premia i prodotti e gli edifici che rispettano i più elevati standard di sostenibilità ambientale. LEED® è il sistema di certificazione più diffuso al mondo per edifici sostenibili.			

- Prodotto per uso professionale

- aderire alle norme e disposizioni nazionali
- operare a temperature comprese tra -5°C e $+40^{\circ}\text{C}$
- non aggiungere leganti e additivi all'impasto
- non applicare su superfici sporche e ancoranti
- non applicare su gesso, metallo e legno
- dopo l'applicazione, proteggere dal sole battente e dal vento
- curare la stagionatura umida del prodotto nelle prime 24 ore
- in caso di necessità richiedere la scheda di sicurezza
- per quanto non previsto consultare il Kerakoll Worldwide Global Service 0536.811.510 - globalservice@kerakoll.com

Journal of Management Education 35(1) 10-11

[illegible]

KERAKOLL S.p.A.
Via dell'Artigianato, 9 - 41049 Sassuolo (MO) Italy
Tel +39 0536 816 511 - Fax +39 0536 816 581
info@kerakoll.com - www.kerakoll.com

9. 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 12504-1:2009 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: 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 12504-4:2005 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.
- 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. 17.1.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”.
- UNI EN 13791:2008 – “Valutazione della resistenza a compressione in sito delle strutture e nei componenti prefabbricati”.
- D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- 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 12390-1:2012 - Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 1: Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme
- UNI EN 12390-2:2009 - Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
- UNI EN 12390-3: 2009 – Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: 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 12504-3:2005 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della forza di estrazione.
- UNI EN 12504-4:2005 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici.
- UNI EN 1712:2005 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati - Livelli di accettabilità
- UNI EN ISO 5817:2004 - Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni

- UNI EN 13480-5:2017 - Tubazioni industriali metalliche - Parte 5: Collaudo e prove
- UNI EN ISO 23277:2015 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità
- UNI EN ISO 3452-1:2013 - Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Parte 1: Principi generali

NORME NAZIONALI

- UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- UNI 11035-1:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche
- UNI 11035-2:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale
- UNI 11035-3:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste
- UNI 11119:2004 - Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera

NORME EUROPEE

- UNI EN 206:2014 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI EN 338:2016 - Legno strutturale - Classi di resistenza
- UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1990:2006 Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1992-1-2:2005 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1995-1-2:2005 - Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio