



4 EMME Service S.p.A.

Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 0471/543110 - 4emme@legalmail.it - www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

INDAGINI DIAGNOSTICHE *EDIFICIO RESIDENZIALE ATER* VIA MERANO N°14 A VERONA

PROVE N° 5382÷5384/VR

12-13 marzo 2019

Committente: **ATER di Verona**
Tecnico Incaricato: **ing. Marco Favalli**
Relatori: **ing. Andrea Palermo**
geom. Simone Marcolini



Panoramica dell'edificio ATER oggetto d'indagini

RIF.: VR-040-19

Verona, 05 aprile 2019

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Tabella riassuntiva con l'elenco delle indagini eseguite.....	4
1.2	Planimetrie edificio con ubicazione delle zone esaminate.....	5
2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	9
2.1	Strumentazione per le indagini su cemento armato.....	9
2.1.1	Microdurometro Vickers.....	9
2.1.2	Ultrasuoni.....	10
2.1.3	Carotatrice.....	11
2.2	Strumentazione per le indagini su muratura e malta.....	12
2.2.1	Martinetti piatti.....	12
2.2.2	Shave Test.....	14
2.2.3	Sclerometro per malta.....	15
2.3	Strumentazione per la prova di carico su solaio.....	16
2.3.1	Collaudatore GS03.....	16
2.3.2	Parametri di controllo.....	16
3	CEMENTO ARMATO – PROVA N° 5382/VR	17
3.1	Durezza Vickers - Prova n° 5382/VR-A.....	17
3.2	Ultrasuoni - Prova n° 5382/VR-B.....	18
3.3	Carotaggi e prove a compressione - Prova n° 5382/VR-C.....	19
4	MURATURA E MALTA – PROVA N° 5383/VR	22
4.1	Martinetti piatti e Shave Test - Prova n° 5383/VR-A.....	22
4.1.1	Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Tensione d'esercizio.....	22
4.1.2	Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Resistenza a compressione.....	25
4.1.3	Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Resistenza a taglio.....	28
4.2	Martinetti piatti e Shave Test - Prova n° 5383/VR-B.....	31
4.2.1	Piano rialzato L0 - 2 - Muro ovest scale – Tensione d'esercizio.....	31
4.2.2	Piano rialzato L0 - 2 - Muro vano scale – Resistenza a compressione.....	33
4.2.3	Piano rialzato L0 - 2 - Muro vano scale – Resistenza a taglio.....	35
4.3	Sclerometro per malta - Prova n° 5383/VR-C.....	38
4.4	Prelievo malta e analisi petrografica - Prova n° 5383/VR-C.....	39
5	CARICO SU SOLAIO – PROVA N° 5384/VR	40
5.1	Descrizione della prova.....	40
5.2	Schema ubicazione carico e sensori.....	41
5.3	Risultati della prova - 4 cicli di carico/scarico.....	42
6	CONSIDERAZIONI TECNICHE FINALI	44
6.1	Indagini su c.a.....	44
6.2	Indagini su muratura.....	46
6.2.1	Stima dei moduli elastici.....	46
6.2.2	Resistenza a taglio caratteristica.....	47
6.3	Prova di carico su solaio.....	48

ALLEGATI:

Certificato n° 2456 del 04/04/2019

Rapporto di Prova 4888_1 - 19

Rapporto di Prova 4888_2 - 19

1 PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.* è stata incaricata dall' **ATER di Verona** di eseguire alcune indagini diagnostiche su strutture interne all'**edificio residenziale** sito in via Merano n°14 a Verona.

Le indagini diagnostiche eseguite vengono suddivise in 3 capitoli principali, ovvero:

INDAGINI SU CEMENTO ARMATO

- n° 5 vickers su barre d'armatura per stimare la resistenza a trazione dell'acciaio;
- n° 6 ultrasuoni per stimare la resistenza a compressione del calcestruzzo;
- n° 6 carotaggi Ø100 mm con relative prove di Laboratorio per ricavare la resistenza a compressione del calcestruzzo.

INDAGINI SU MURATURA E MALTA

- n° 2 martinetti piatti per il rilievo delle tensioni d'esercizio e la misura della resistenza a compressione della muratura;
- n° 2 prove a scorrimento o "shave test" per la misura della resistenza a taglio della muratura;
- n° 6 indagini penetrometriche su malta finalizzate a verificare l'omogeneità del legante e a stimarne la resistenza meccanica;
- n° 2 prelievi di malta con relative analisi petrografiche per la composizione mineralogica dell'aggregato.

PROVA DI CARICO SU SOLAIO

- n° 1 prova di carico su solaio per verificare la capacità portante ed il comportamento in campo elastico della struttura esaminata.

Con queste indagini in sito e di Laboratorio si è voluto verificare le geometrie delle strutture e le caratteristiche dei materiali per valutare la sicurezza sismica dell'edificio.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a verifica e le modalità di esecuzione prove sono stati preventivamente concordate con il Tecnico Incaricato ing. Marco Favalli.

Le indagini diagnostiche sono state eseguite nelle date **12-13 marzo 2019**.

All'esecuzione delle indagini hanno assistito:

ing.	M. Favalli	Tecnico Incaricato
ing.	E. Favalli	Collaboratrice Tecnico Incaricato
arch.	S. Sambugaro	ATER di Verona

e per la *4 EMME Service S.p.A.*:

ing.	A. Palermo
geom.	S. Marcolini
geom.	M. Mantovani
geol.	A. Lucchiari

1.1 Tabella riassuntiva con l'elenco delle indagini eseguite

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle indagini eseguite in ogni piano dell'edificio (L-1 = seminterrato; L0 = rialzato; L1 = primo; L2 = secondo; L3 = terzo; L4 = quarto). Si tenga presente che la stessa tipologia d'indagine non ha numerazione consecutiva in quanto si è deciso per praticità di numerare progressivamente per piano e per tipologia le diverse zone esaminate. Con sfondo **rosso** le zone in c.a., **verde** in muratura/malta mentre **azzurro** la prova di carico.

Zona	Vickers	Ultrasuoni	Carote	Martinetti piatti	Shave Test	Penetrometro	P.vo malta	Prova di carico
L-1 - 1	X		X					
L-1 - 2		X						
L-1 - 3	X	X						
L-1 - 4			X					
L0 - 1	X	X						
L0 - 2			X					
L0 - 1				X	X			
L0 - 2				X	X			
L0 - 3						X	X	
L0 - 4						X		
L0 - 1								X
L1 - 1			X					
L1 - 2	X	X						
L2 - 1	X	X						
L2 - 2			X					
L2 - 1						X		
L2 - 2						X		
L3 - 1			X					
L3 - 2		X						
L4 - 1						X	X	
L4 - 2						X		
TOT.	5	6	6	2	2	6	2	1

1.2 Planimetrie edificio con ubicazione delle zone esaminate

Di seguito si riportano le planimetrie dell'edificio con ubicato le zone esaminate in **rosso**, **verde** e **azzurro** come da tabella precedente.

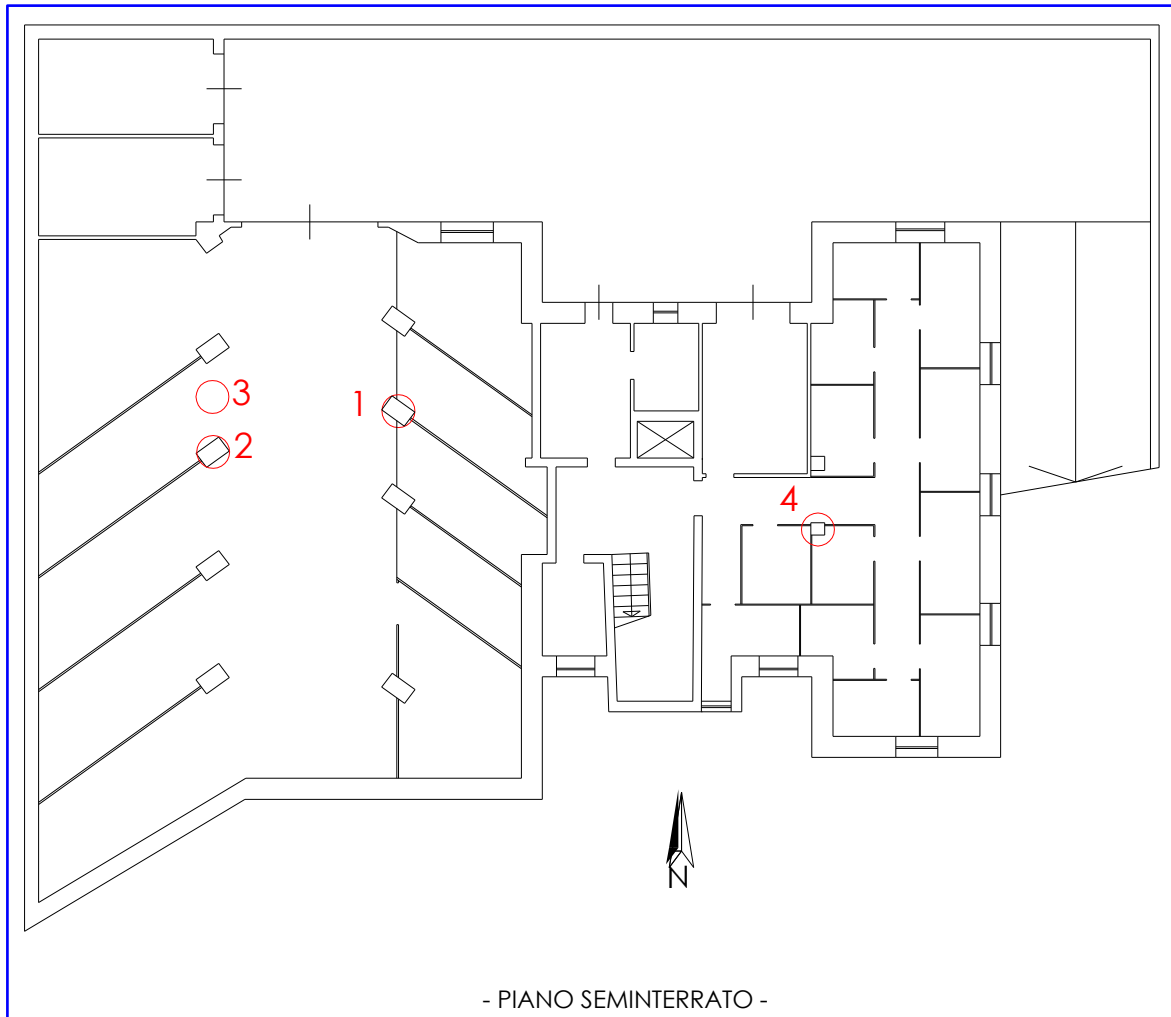


Fig. 1: *Planimetria del piano seminterrato (L-1) con l'ubicazione delle zone esaminate*

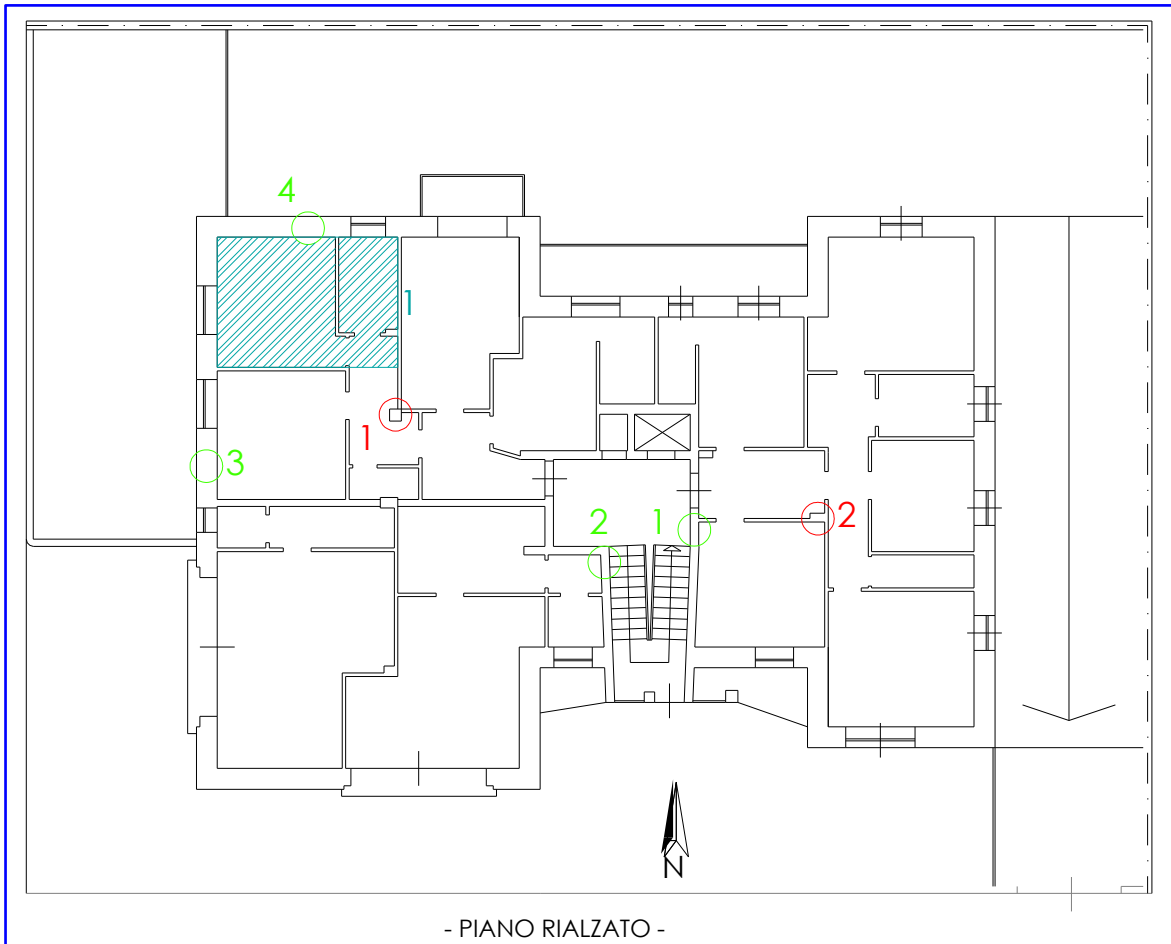


Fig. 2: *Planimetria del piano rialzato (L0) con l'ubicazione delle zone esaminate*

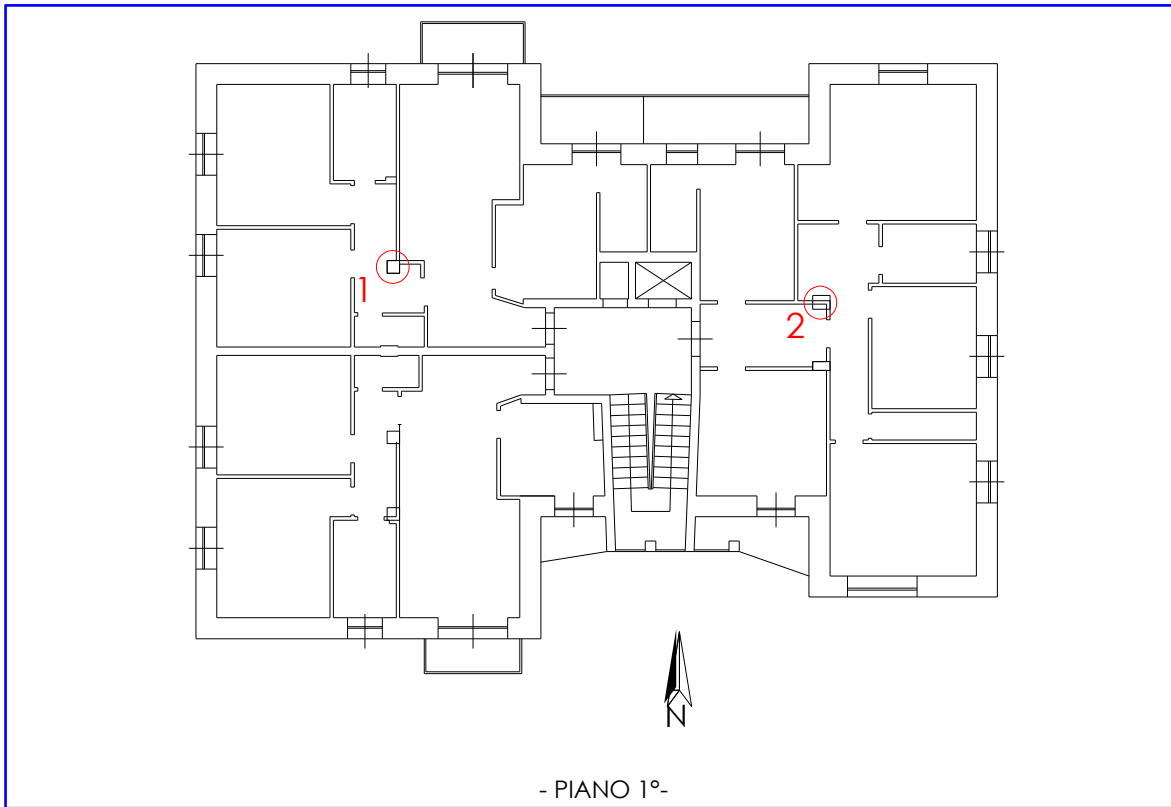


Fig. 3: *Planimetria del piano primo (L1) con l'ubicazione delle zone esaminate*

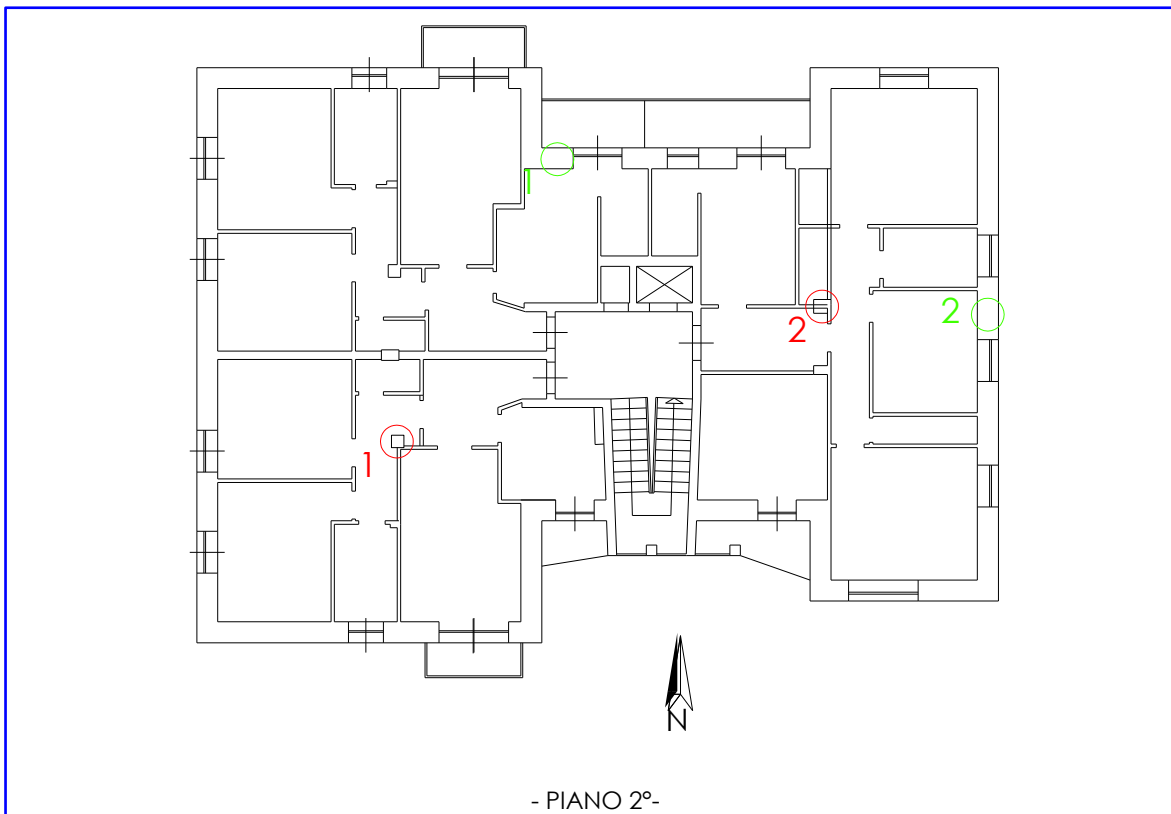


Fig. 4: *Planimetria del piano secondo (L2) con l'ubicazione delle zone esaminate*

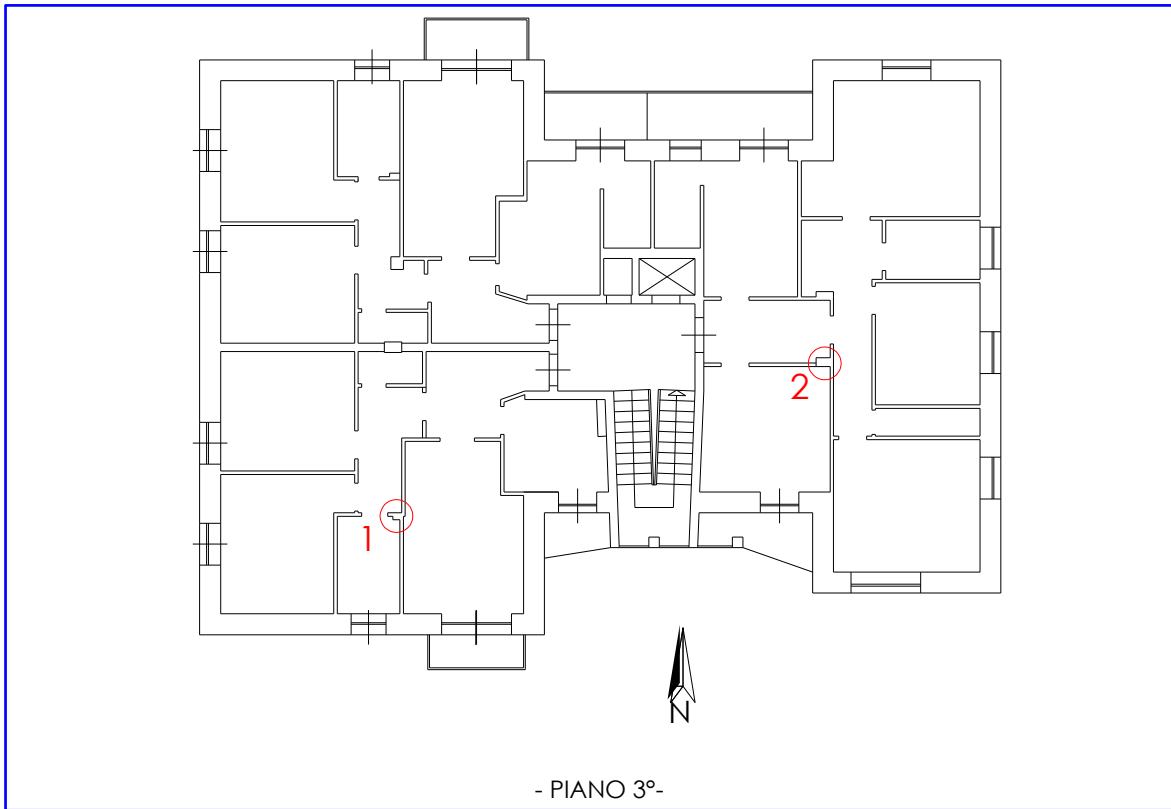


Fig. 5: *Planimetria del piano terzo (L3) con l'ubicazione delle zone esaminate*

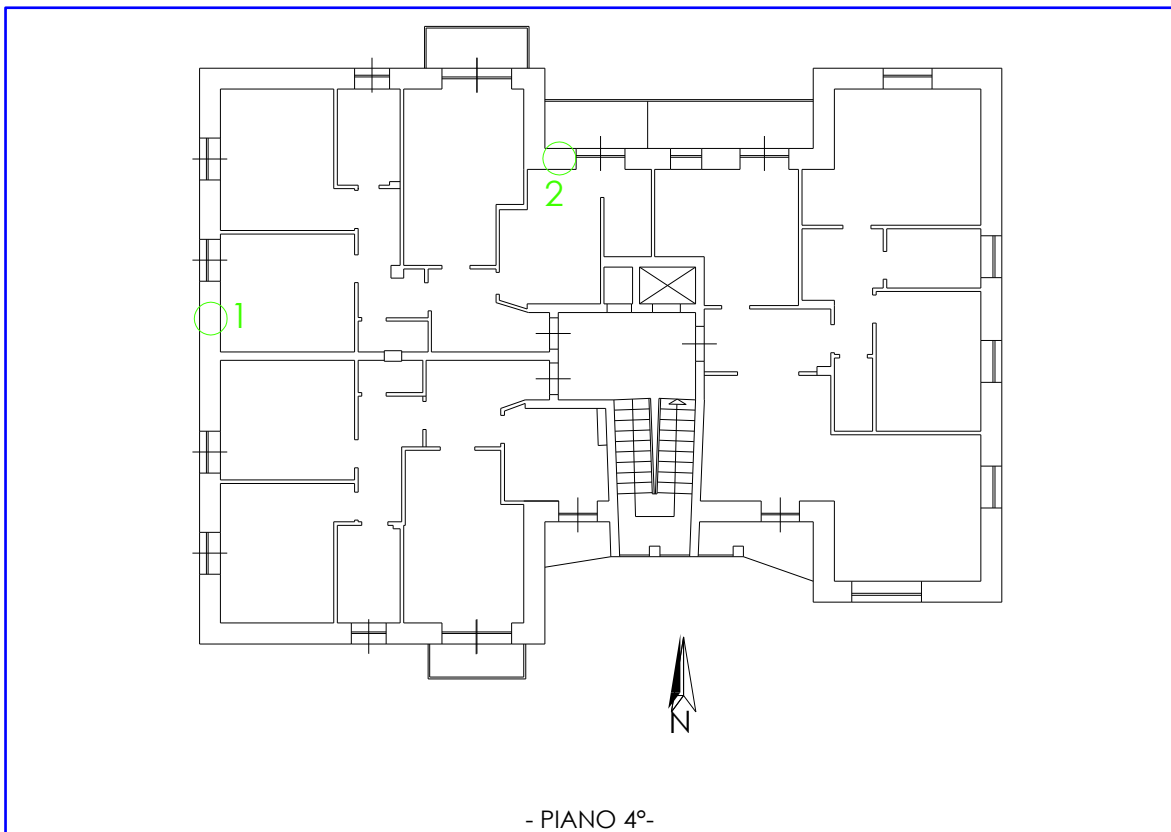


Fig. 6: *Planimetria del piano quarto (L4) con l'ubicazione delle zone esaminate*

2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

2.1 Strumentazione per le indagini su cemento armato

2.1.1 Microdurometro Vickers

E' stato utilizzato il Microdurometro portatile "Krautkrämer MIC 10" con le seguenti caratteristiche tecniche:

- **Metodo di misura:** penetrazione con diamante Vickers, valutazione dell'impronta con metodo UCI (Impedenza Ultrasonica al Contatto);
- **Carico di prova:** 10,0 N - 50,0 N - 98,0 N;
- **Penetratore:** diamante Vickers piramidale, angolo al tetto 136°;
- **Tolleranze:** 5% da 200 HV a 900 HV; deviazione massima $\pm 3,6\%$ dal valore medio al valore del campione di riferimento;
- **Campi di misura:** Vickers: da 20 HV a 1740 HV;
- **Risoluzione:** 1,0 HV;
- **Visualizzazione:** grafica LCD a 4 cifre con retroilluminazione continua o disinseribile dopo 5+60 secondi.

La valutazione dell'impronta Vickers è effettuata per via elettronica con il metodo UCI. La misura della durezza si ottiene premendo la punta sulla superficie; il penetratore è montato sull'estremità di una barretta metallica a sezione circolare che viene eccitata a vibrare longitudinalmente con la sua frequenza di risonanza di circa 78 kHz. Nel contatto tra il diamante Vickers ed il provino, la frequenza di risonanza subisce una variazione che dipende dalla superficie dell'impronta, che costituisce a sua volta una misura della durezza del materiale preso in esame.

I valori di durezza Vickers (HV) ottenuti, possono essere convertiti nelle scale "Rockwell B" (41,0 ÷ 105,0 HRB), "Rockwell C" (20,3 ÷ 68,0 HRC) e "Brinell" (76,0 ÷ 618,0 HB), secondo le norme *DIN 50150* e *ASTM E 140*.

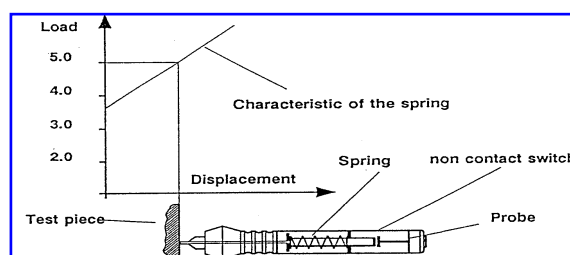


Fig. 7: Schema prova di microdurezza



Foto 1: Smerigliatura armatura

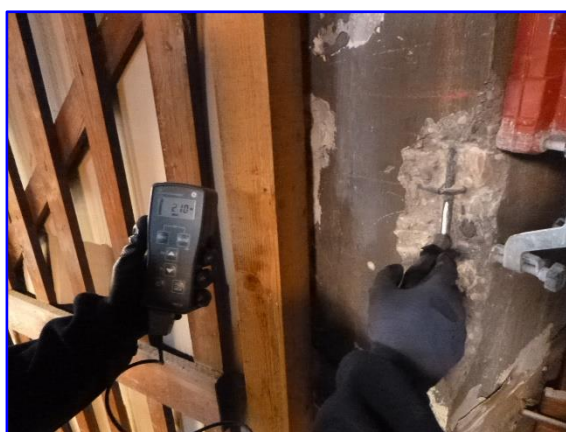


Foto 2: Acquisizione dei dati

2.1.2 Ultrasuoni

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata l'apparecchiatura ultrasonica modello **IMG 5100CSD**, con energia di trasmissione selezionabile tra 0,9 e 1,8 kV, e sonde da 50 kHz.

Il metodo ad ultrasuoni è basato sulla rilevazione di treni d'onde immessi in un manufatto. Applicando un impulso ad un corpo rigido si producono vari tipi di treni d'onde (longitudinali, trasversali e di superficie). Le onde con velocità maggiore e quindi le più facilmente individuabili sono quelle di tipo longitudinale che sono utilizzate nella diagnostica dei materiali.

La velocità delle onde longitudinali che si trasmettono in un mezzo elastico omogeneo ed isotropo è data dalla seguente formula:

$$V_p = \sqrt{\frac{g \cdot E_d \cdot (1 - \mu)}{\rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}}$$

Da questa si risale al modulo elastico:

$$E_d = V_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{g(1 - \mu)}$$

dove:

g = accelerazione di gravità (9,81 m/s²);
 E_d = modulo elastico dinamico del mezzo;

V_p = velocità rilevata (m/s);

μ = coefficiente di Poisson (0,15÷0,35);

ρ = densità del mezzo (kN/m³).

Il metodo consiste nel propagare dei treni di impulsi ultrasonici nel campo delle frequenze 15÷200 kHz. Il segnale è emesso da una sonda posta a contatto col materiale e nel misurare il tempo di transito per raggiungere la sonda ricevente posta ad una distanza nota.

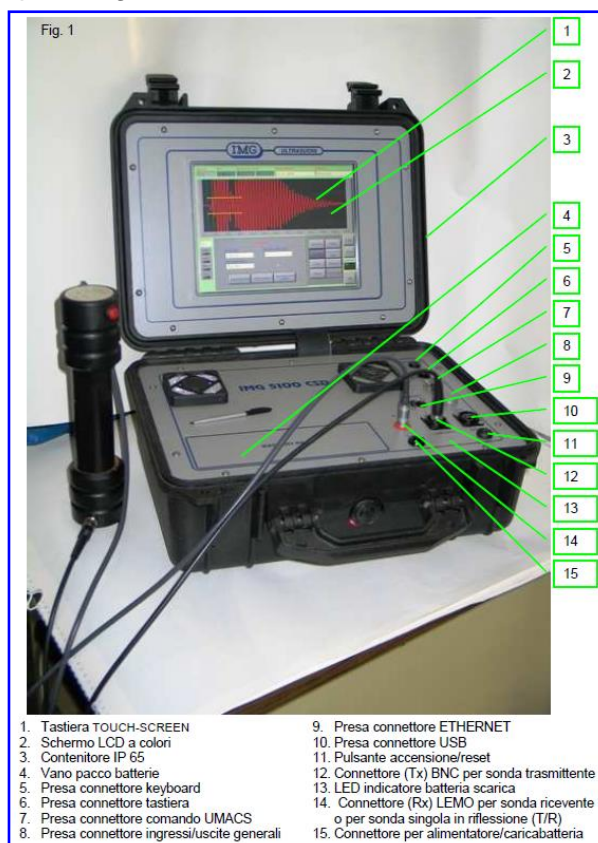


Foto 3: IMG 5100CSD

Con riferimento alla normativa UNI EN 12504-4: 2005, seguita nel corso delle indagini, è stato adottato il metodo di misura "diretto" (con i trasduttori posizionati su due superfici opposte dello stesso elemento). La misura "s" rappresenta la distanza tra le sonde.

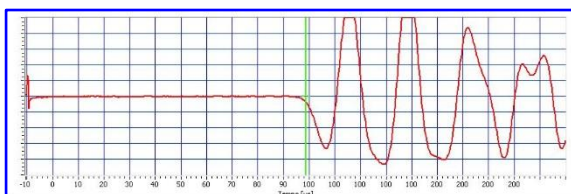


Fig. 8: Esempio di segnale acquisito durante un'indagine

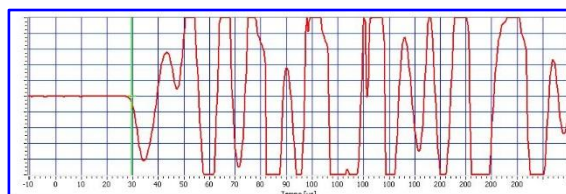


Fig. 9: Esempio di segnale acquisito durante un'indagine



Foto 4: Taratura strumentazione



Fig. 10: Indagine "diretta" su trave

2.1.3 Carotatrice

Per l'estrazione delle carote è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- un trapano carotatore Hilti;
- una base a binario Hilti per trapano carotatore;
- un fioretto diametro 100 mm;
- un serbatoio con pompa per l'acqua.



Foto 5: Carotaggio su pilastro



Foto 6: Carotaggio su pilastro

Misura della profondità di carbonatazione

La prova ha lo scopo di misurare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo. Il calcestruzzo ha un carattere fortemente alcalino, perché possiede un valore di pH circa 12.5, che costituisce una protezione naturale contro la corrosione dell'armatura. Il fenomeno chimico è dovuto all'anidride carbonica dell'aria che, penetrando nei pori del calcestruzzo, neutralizza la calce libera presente. Il pH del calcestruzzo scende a valori inferiori a 9 provocando il fenomeno della carbonatazione che fornisce allo strato superficiale maggiore durezza ingannando così i risultati delle prove sclerometriche e pull-out.

L'indagine, eseguita possibilmente subito dopo il prelievo, consiste nello spruzzare sulla carota la soluzione di fenoftaleina, all'1% di alcool etilico, che reagisce con il calcestruzzo; se carbonatato quest'ultimo rimane inalterato viceversa tende a colorarsi di viola.

2.2 Strumentazione per le indagini su muratura e malta

2.2.1 Martinetti piatti

Il martinetto piatto utilizzato (tipo MPS 350260 Lotto N1575D- N1584D della **DRC s.r.l.**) è una cella di carico azionata idraulicamente, in acciaio ad alta resistenza, di forma semicircolare allungata con le seguenti caratteristiche:

- superficie: 78180 mm²
- spessore: 4,0 mm
- diametro: 350 mm
- profondità di installazione: 260 mm



Foto 7: Pompa e martinetto

Ogni martinetto è caratterizzato da un coefficiente di taratura (k_m) che ne definisce l'efficacia, ossia la riduzione della spinta rispetto alla massima teoricamente raggiungibile, tenuto conto della rigidità dei bordi. Tale coefficiente k_m può essere anche differente a seconda della pressione p_m esercitata dal martinetto ed in questo caso è:

$$k_m = 0,915$$

L'attrezzatura di taglio consiste in una troncatrice con motore a scoppio ad utensile diamantato. Questa produce una incisione netta, di minimo disturbo per la struttura. L'incisione prodotta (di spessore 4 mm) ha una forma praticamente uguale a quella del martinetto. Si assume come area di taglio media $A_t = 865 \text{ cm}^2$.

L'erogazione della pressione ai martinetti viene effettuata da una pompa oleodinamica manuale Mod. *PMSA-3,5* della *F.P.T.* con manometro di precisione.

Gli spostamenti della muratura (e quindi le sue deformazioni) sono stati rilevati mediante un sistema di acquisizione in linea costituito da un'apparecchiatura per amplificazione, conversione analogico-digitale e acquisizione dei dati "IOtech" mod. *WAVEBOOK/516E* con software di elaborazione *DasyLab* e tre trasduttori potenziometrici con fondo scala 50 mm e sensibilità millesimale mod. Midori LP-50 applicati alla superficie esterna:

escursione	50 mm
sensibilità	0,001 mm
linearità	99,6%

La calibrazione dei sensori è stata effettuata in data 15 maggio 2018 e documentata col Certificato di Taratura n. 1539/18.

Rilievo in sito delle tensioni d'esercizio

Lo scopo della prova con martinetto piatto singolo è la misura dello stato tensionale di una parete muraria in sito. Questo tipo di indagine è stata introdotta per la prima volta nell'analisi di un edificio monumentale nel 1978 e da allora ha subito interessanti sviluppi e miglioramenti.

La prova viene eseguita con le seguenti modalità:

- predisposizione dei sensori di spostamento nella zona d'indagine;
- alterazione dello stato tensionale della muratura mediante l'esecuzione di un taglio sul piano normale alla superficie della parete muraria e alla direzione della tensione da misurare con rilievo delle deformazioni indotte;
- inserimento del martinetto piatto nel taglio;

- ripristino dello stato tensionale iniziale mediante pompa idraulica collegata al martinetto. Tale operazione viene eseguita, se possibile, in più cicli con incremento progressivo del carico.

L'esecuzione del taglio comporta il rilascio delle tensioni che si manifestano con la tendenza a richiuderne i lembi. Introducendo nella fessura un martinetto piatto, la pressione (P) applicata che riporta la muratura circostante alle condizioni antecedenti il taglio viene assunta come prossima alla tensione in sito.

Risulta fondamentale la distinzione tra movimenti indotti dal rilascio elastico dovuto al taglio e movimenti legati a rotture localizzate, cricche, ecc., non originati quindi dal rilascio elastico e pertanto da non tenere in considerazione.

La tensione di esercizio in sito si ricava dalla seguente formula:

$$\sigma_e = P \cdot \frac{A_m}{A_t} \cdot k_m$$

dove:

- σ_e = tensione verticale di esercizio in sito (MPa);
- P = pressione di ripristino delle condizioni iniziali al martinetto (MPa);
- A_m = area del martinetto (cm²);
- A_t = area del taglio (cm²);
- k_m = coefficiente di bordo del martinetto (adimensionale).

Misura della resistenza a compressione

La misura della resistenza a compressione prevede:

- rilievo della tensione preesistente (cfr. paragrafo precedente);
- installazione di un secondo martinetto parallelo al primo ad una distanza di circa 50 cm;
- esecuzione, se possibile, di altri due tagli paralleli tra loro e perpendicolari ai martinetti, disposti a delimitare lateralmente un parallelepipedo murario con una sola faccia (quella posteriore) collaborante con la struttura muraria;
- installazione di sensori di spostamento nella zona compresa tra i due martinetti;
- esecuzione della prova a compressione aumentando la pressione nei martinetti mediante pompa idraulica. Tale operazione viene eseguita solitamente in più cicli con incremento progressivo del carico massimo.

La pressione di rottura viene individuata mediante l'analisi dell'andamento dei sensori di spostamento posti tra i due martinetti e mediante analisi visiva della muratura stessa.

In taluni casi è possibile distinguere la fase di rottura della malta da quella di rottura dei mattoni o della pietra.

La tensione di rottura in sito si ricava con una formula analoga a quella utilizzata per la tensione d'esercizio, con la differenza che A_t e k_m sono la media rispettivamente delle aree di taglio e dei coefficienti di bordo dei due martinetti:

Tutti i martinetti piatti utilizzati erano nuovi, di conseguenza i valori di cui sopra diventano:

$$A_m = 781,80 \text{ cm}^2; A_t = 865,00 \text{ cm}^2, k_t = 781,80/865,00 = 0,904; k_m = 0,915$$

Per cui:

$$\sigma_v = P \cdot k_t \cdot k_m = P \cdot 0,827$$

2.2.2 Shave Test

Per le prove di analisi della resistenza al taglio di una porzione muraria sottoposta ad una forza laterale, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- pompa oleodinamica manuale Mod. PMSA-3,5 della F.P.T. con manometro di precisione;
- martinetto oleodinamico per l'applicazione del carico Mod. CRM-10/100 della F.P.T.;

La precisione dei carichi applicati è garantita dal manometro (precisione > 99,5 %); la precisione complessiva delle rilevazioni è dell'ordine del 98%.

Il rilievo delle deformazioni è stato eseguito con lo stesso sistema di sensori-unità di acquisizione utilizzati per le prove con martinetti piatti.

La prova viene eseguita utilizzando un martinetto inserito al posto di un elemento murario e controllato dalla pompa con manometro, asportando anche il corso di malta verticale opposto alla posizione del martinetto, così da isolare l'elemento di prova. I sensori sono posti in orizzontale e servono a determinare il momento del cedimento della malta, identificando la forza di taglio necessaria.

La tensione τ_i al momento della rottura (resistenza a taglio) è calcolata come:

$$\tau_i = \frac{P_h}{A_j}$$

dove:

P_h è la massima forza orizzontale esercitata nella prova;

A_j è la somma dell'area lorda dei giunti orizzontali superiore e inferiore del campione.

La resistenza τ_0 sotto compressione nulla (resistenza a taglio caratteristica) può essere ottenuta con la seguente:

$$\tau_i = \tau_0 + \mu \cdot S_v$$

dove:

μ è il coefficiente di attrito;

S_v è lo stato di compressione del provino al momento della prova (per il calcolo della resistenza si è considerata la tensione di esercizio determinata dalla prova con martinetto singolo su muratura);

Il coefficiente d'attrito μ deve essere ipotizzato; studi di laboratorio hanno dimostrato che detto coefficiente varia tra 0,3 e 1,6 con valore medio di 0,8 e coefficiente di variazione compreso fra 30% ed il 50%.

2.2.3 Sclerometro per malta

Le indagini sono state eseguite utilizzando uno sclerometro modello RSM15 per malta legante, laterizi, malte da intonaco e/o da restauro e calcestruzzo, costituito da una pistola che permette di far penetrare uno “spillo” d'acciaio in una superficie per rilevare la relativa resistenza alla penetrazione attraverso apposito micrometro.

Lo scopo della prova è di valutare l'omogeneità delle varie zone indagate e stimare la resistenza a compressione della malta.

Il sistema prevede di far penetrare, in un corso di malta, una punta d'acciaio, diametro $\varnothing 4$ mm e lunghezza 80 mm, tramite un'apposita massa battente, allo scopo di rilevare la resistenza alla penetrazione. La resistenza alla penetrazione è correlata, attraverso una curva sperimentale, alla resistenza a compressione.

Individuata una *sezione* di misura si procede ad operare in 3 distinti *punti* con una distanza tra loro generalmente non superiore a 10 cm. Per ogni punto d'indagine si eseguono 10 battute, una successiva all'altra nello stesso punto. Si procede quindi a misurare la profondità di infissione dell'ago attraverso uno specifico micrometro. Tale valore permette di ottenere una stima della resistenza a compressione attraverso una specifica curva di correlazione sperimentale.



Foto 8: Indagine su malta



Foto 9: Particolare dello strumento

2.3 Strumentazione per la prova di carico su solaio

2.3.1 Collaudatore GS03

La rilevazione delle deformazioni è stata effettuata con l'attrezzatura costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni GS03;
- trasduttori di spostamento di tipo LVDT modello *Schaevitz E 200 HQ*;
- cella di carico bidirezionale classe 1 modello *TCQ 200 kN*;
- software di elaborazione *4 EMME Service S.p.A.*

Trasduttori di spostamento

I trasduttori di spostamento sono portati a contatto dell'intradosso attraverso apposite aste telescopiche. La catena di misura, sensore–cavo–unità, comporta un errore massimo pari al $\pm 1\%$. I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

escursione	$\pm 5,0 \text{ mm}$
sensibilità	$0,002 \text{ mm}$
linearità	$>99,5\%$

Cella di carico

La cella di carico è uno strumento a funzionamento estensimetrico che consente di rilevare il valore della forza applicata. La cella è installata direttamente sul martinetto utilizzato. La catena di misura, strumento–cavo–unità, comporta un errore massimo pari a $\pm 1,5\%$. La cella di carico ha le seguenti caratteristiche:

escursione	$\pm 250 \text{ kN}$
sensibilità	10 daN
linearità	$99,4\%$

Calibrazione

La calibrazione è stata effettuata in data 14 maggio 2018 e documentata col Certificato di Taratura n. 1536/18. Tutti gli strumenti sono stati tarati dal Laboratorio della *4 EMME Service S.p.A.* utilizzando dei sensori campione come previsto dalla procedura 7.6 del "Manuale Qualità".

2.3.2 Parametri di controllo

Nella prova sperimentale durante il carico delle strutture sono costantemente ed in tempo reale tenuti sotto controllo tre parametri: Linearità, Ripetibilità e Permanenza.

Ripetibilità: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia (depurata del residuo) di due cicli diversi.

Linearità: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

Permanenza: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

I limiti numerici dei parametri caratteristici sono:

Ripetibilità > 95 % Linearità > 85 % Permanenza < 5 %

Questi valori non sono un limite invalicabile ma rappresentano il risultato di un'analisi statistica su una grande quantità di prove eseguite. Non superando questi limiti si rientra in un comportamento ritenuto elastico.

3 CEMENTO ARMATO – PROVA N° 5382/VR

3.1 Durezza Vickers - Prova N° 5382/VR-A

Le barre lisce esaminate di ogni elemento sono state levigate al fine di ottenere una superficie piana idonea alla misurazione della durezza e per ogni area si è eseguito un set di 15 misure di cui è stata fatta la media scartando il valore più alto e quello più basso.

Zona	Elemento	Spigolo	Ø barra	Posizione (cm)
L-1 - 1	Pilastro	ovest	12	H terra 130÷138 cm
L-1 - 3	Trave	intradosso	18	120÷130 cm da pil. N
L0 - 1	Pilastro	sud/ovest	14	H terra 82÷88 cm
L1 - 2	Pilastro	sud/ovest	12	H terra 100÷110 cm
L2 - 1	Pilastro	nord/est	16	H terra 135÷144 cm

L-1 - 1		L-1 - 3		L0 - 1		L1 - 2		L2 - 1	
N°	HV	N°	HV	N°	HV	N°	HV	N°	HV
1	210	1	188	1	244	1	219	1	145
2	216	2	175	2	248	2	210	2	165
3	200	3	162	3	243	3	206	3	133
4	199	4	169	4	241	4	209	4	160
5	223	5	165	5	236	5	229	5	161
6	199	6	205	6	265	6	206	6	160
7	200	7	177	7	253	7	205	7	162
8	236	8	168	8	264	8	198	8	165
9	223	9	183	9	250	9	227	9	156
10	236	10	179	10	233	10	210	10	155
11	210	11	179	11	266	11	232	11	170
12	212	12	168	12	236	12	220	12	168
13	229	13	166	13	230	13	200	13	157
14	214	14	183	14	220	14	208	14	165
15	212	15	161	15	263	15	223	15	151
HV	215	HV	175	HV	245	HV	215	HV	160

N.B.: In azzurro sono indicati il valore più alto e più basso registrati e non considerati nel calcolo della media che viene approssimata al più prossimo multiplo di 5.

Di seguito il riepilogo delle medie HV con la conversione dei dati in scala Brinell, secondo la norma DIN 50150 e la stima della resistenza a trazione (Tensile strenght):

Zona	Vickers	Brinell	Tensile strength (MPa)
L-1 - 1	215	204	690
L-1 - 3	175	166	560
L0 - 1	245	233	785
L1 - 2	215	204	690
L2 - 1	160	152	510

In riferimento a quanto indicato dal D.M. 09/01/1996 (Norme Tecniche per il c.a. in vigore prima del D.M.14/09/2005 e delle NTC 2008):

BARRE	lisce FeB22K (MPa)	lisce FeB32K (MPa)	ad. migliorata FeB38K (MPa)	ad. migliorata FeB44K (MPa)
Tensione di rottura a trazione (MPa)	>335	>490	>450	>540

3.2 Ultrasuoni - Prova N° 5382/VR-B

Zona (N°)	Elemento	Metodo	H (cm)	d ₁ (cm)	i (cm)	n°	Gain (dB)	T _{of} (μs)	s (cm)	V (m/s)	V _{media} (m/s)
L-1 - 2	Pilastro	D	105	15	15	1	51	115,5	49,0	4243	4168
						2	47	118,1		4148	
						3	47	118,5		4133	
						4	55	118,3		4143	
						5	49	117,5		4172	
L-1 - 3	Trave	D	10	80	10	1	63	151,8	64,5	4248	4192
						2	63	153,7		4196	
						3	69	156,3		4127	
						4	69	154,7		4169	
						5	67	152,9		4219	
L0 - 1	Pilastro	D	125	15	10	1	45	94,1	34,5	3664	3531
						2	45	96,5		3575	
						3	41	98,6		3500	
						4	49	98,8		3490	
						5	43	100,7		3425	
L1 - 2	Pilastro	D	125	15	10	1	55	81,9	30,5	3723	3566
						2	55	87,3		3494	
						3	55	85,9		3550	
						4	55	87,1		3500	
						5	55	85,6		3565	
L2 - 1	Pilastro	D	130	15	10	1	43	83,7	30,5	3645	3638
						2	43	83,8		3638	
						3	43	83,8		3640	
						4	43	83,8		3642	
						5	43	84,2		3624	
L3 - 2	Pilastro	D	120	10	10	1	53	93,0	36,0	3870	3796
						2	63	97,0		3710	
						3	63	97,9		3676	
						4	63	94,9		3792	
						5	65	91,5		3934	

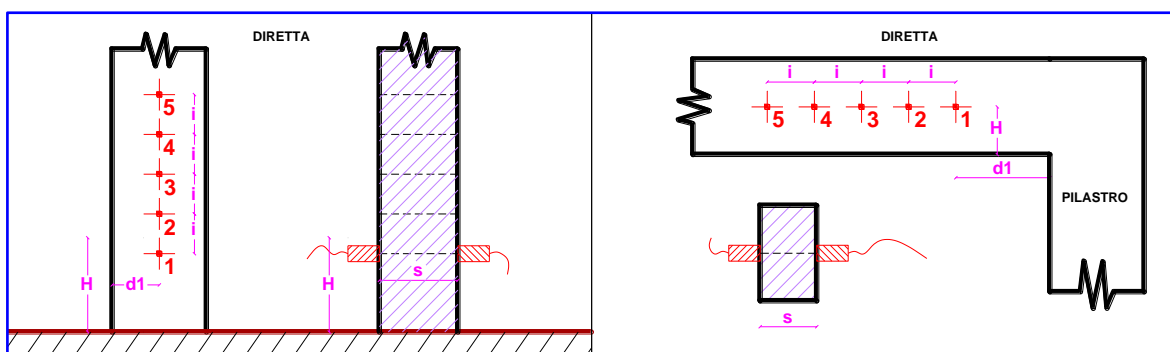


Fig. 11: Schemi posizione punti d'indagine su pilastri e trave

3.3 Carotaggi e prove a compressione - Prova N° 5382/VR-C

Dati dei provini estratti in cantiere

Zona	Elemento	Lunghezza	Ø	Carbonat. (mm)		Esposizione faccia	Posizione
		(mm)	(mm)	(d_k media)	(d_k max)		
L-1 - 1	Pilastro	150÷186	100	3	5	N/W	H terra 134 cm 10 cm da spigolo W
L-1 - 4	Pilastro	126÷148	100	8	11	N	H terra 145 cm 12 cm da spigolo N/W
L0 - 2	Pilastro	111÷126	100	3	5	E	H terra 117 cm 14 cm da spigolo N/E
L1 - 1	Pilastro	117÷156	100	10	13	W	H terra 133 cm 11 cm da spigolo S/W
L2 - 2	Pilastro	132÷146	100	11	16	S	H terra 149 cm 14 cm da spigolo S/W
L3 - 1	Pilastro	143÷157	100	4	6	N	H terra 130 cm 14 cm da spigolo N/W



Foto 10: Foro della carota L-1 - 1



Foto 11: Carota L-1 - 1

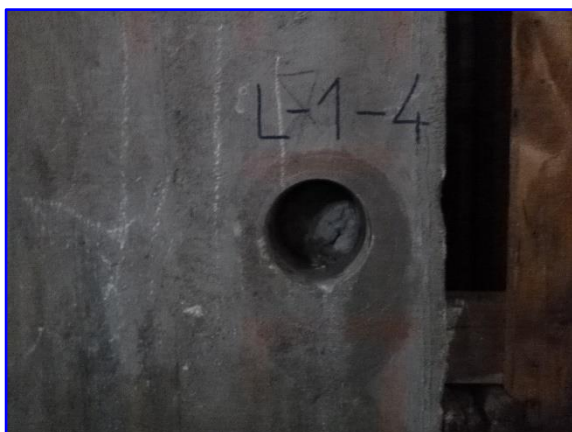


Foto 12: Foro della carota L-1 - 4



Foto 13: Carota L-1 - 4



Foto 14: Foro della carota L0 - 2



Foto 15: Carota L0 - 2

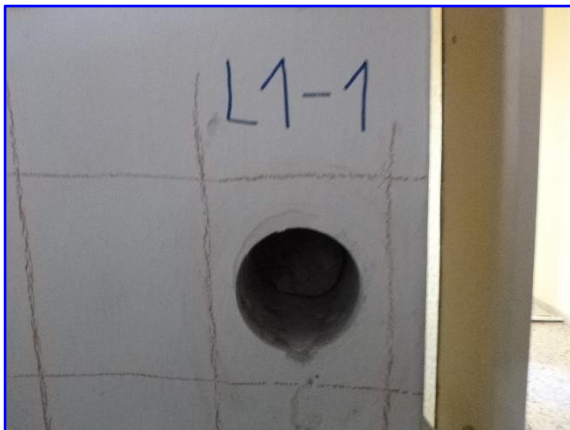


Foto 16: Foro della carota L1 - 1



Foto 17: Carota L1 - 1

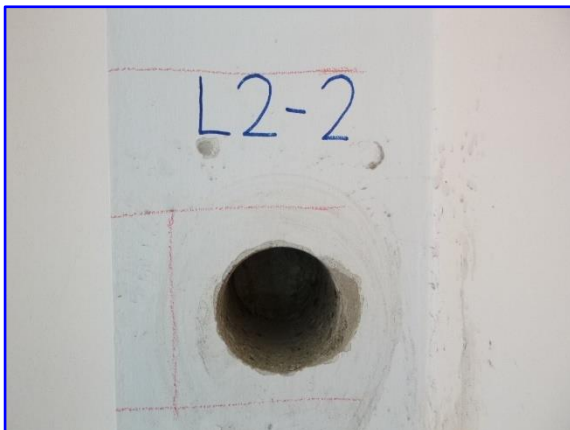


Foto 18: Foro della carota L2 - 2



Foto 19: Carota L2 - 2



Foto 20: Foro della carota L3 - 1



Foto 21: Carota L3 - 1

Le carote sono state inviate al **Laboratorio Prove Materiali** della **4 EMME Service S.p.A.** a Bolzano in via Zuegg n°20 dove sono state tagliate, rettificata e sottoposte alla prova di compressione tramite appositi macchinari.

Il valore della resistenza strutturale ($R_{c, is}$) è ottenuta (*Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera – settembre 2017*) moltiplicando il valore di resistenza a compressione in laboratorio (f_c) del campione con rapporto $H/\varnothing=1$ per un Fattore di disturbo (F_d) che tiene conto della riduzione di resistenza dovuta al contributo proveniente dagli aggregati presenti sulla superficie laterale della carota, tagliati e quindi non interamente reagenti; F_d decresce all'aumentare di f_c come da tabella successiva:

F_{carota}	[N/mm ²]	10	20	25	30	35	40
F_d	[N/mm ²]	1,10	1,09	1,08	1,06	1,04	1,00

Per valori intermedi di f_c si effettua l'interpolazione, mentre per valori di f_c superiori ai 40 N/mm² F_d rimane pari a 1; per cui avremo che:

$$R_{c, is} = f_c \times F_d$$

Di seguito i risultati delle prove di Laboratorio.

Zona (N°)	Peso spec. (kg/m ³)	\varnothing (mm)	H* (mm)	H/ \varnothing	f_c (N/mm ²)	$R_{c, is}$ (N/mm ²)	Max inerte \varnothing (mm)
L-1 - 1	2391	94	94	1/1	21,4	23,3	26
L-1 - 4	2390	94	96	1/1	28,1	30,0	34
L0 - 2	2344	94	94	1/1	24,6	26,6	36
L1 - 1	2310	94	94	1/1	18,1	19,8	28
L2 - 2	2248	94	95	1/1	12,8	14,0	29
L3 - 1	2296	94	95	1/1	23,4	25,3	32

* dopo rettifica

Vedi in allegato il certificato n° 2456 del 04/04/2019.

4 MURATURA E MALTA – PROVA N° 5383/VR

Sono state eseguite indagini per il rilievo della tensione esistente, per la misura della resistenza a compressione e della resistenza a taglio.

Entrambe le zone esaminate sono costituite da mattoni pieni in laterizio.

4.1 Martinetti piatti e Shave Test - Prova N° 5383/VR-A

4.1.1 Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Tensione d'esercizio

Per la prova è stato utilizzato un martinetto MPS 350260.

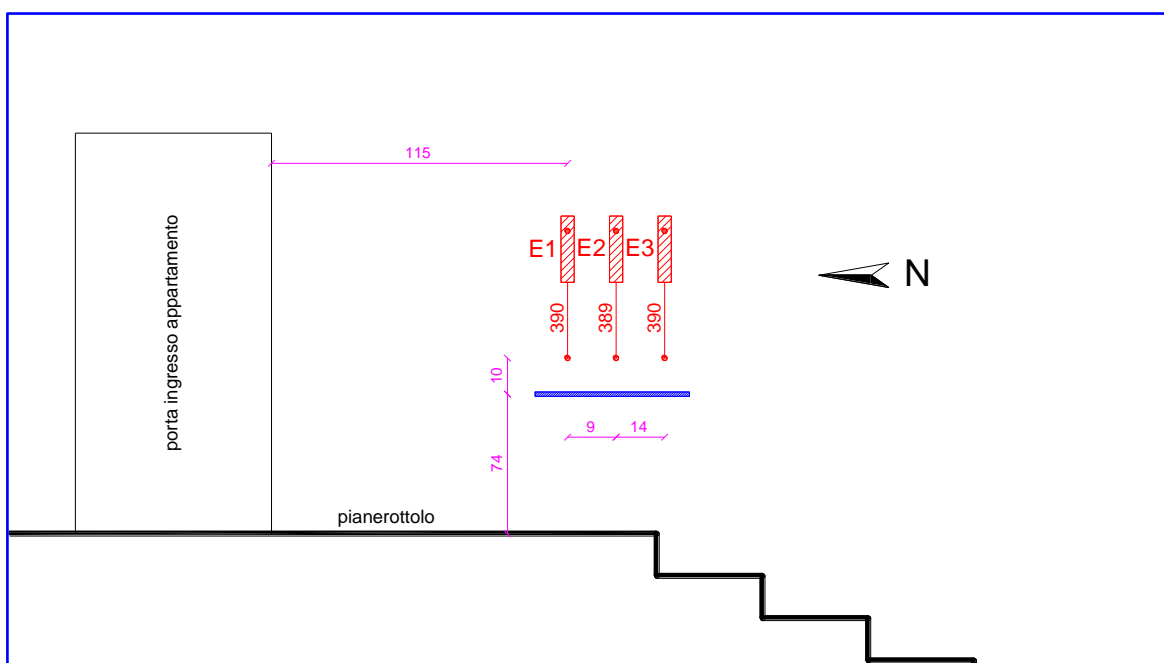


Fig. 12: Disposizione martinetto e sensori



Foto 22: Sensori installati per il carico d'esercizio



Foto 23: Esecuzione del taglio orizzontale per l'inserimento del martinetto

Risultati della prova

FASE	p	E1	E2	E3	Commento
	(bar)	(mm)	(mm)	(mm)	
azzeramento	0,0	0,000	0,000	0,000	
fine taglio	0,0	-	-0,017	-0,016	
martinetto	0,0	-	-0,021	-0,022	
fine spurgo	0,0	-	-0,022	-0,022	
I ciclo	1,0	-	-0,022	-0,022	
	2,0	-	-0,022	-0,022	
	3,0	-	-0,022	-0,022	
	4,0	-	-0,022	-0,022	
	5,0	-	-0,022	-0,022	
	6,0	-	-0,022	-0,022	
	7,0	-	-0,021	-0,022	
	8,0	-	-0,021	-0,022	
	9,0	-	-0,020	-0,021	
	10,0	-	-0,019	-0,020	
	11,0	-	-0,018	-0,020	
	12,0	-	-0,017	-0,020	
	13,0	-	-0,016	-0,020	
	14,0	-	-0,015	-0,020	
	15,0	-	-0,014	-0,020	
	16,0	-	-0,013	-0,020	
	17,0	-	-0,012	-0,020	
	18,0	-	-0,011	-0,018	
	19,0	-	-0,010	-0,015	
	20,0	-	-0,009	-0,012	
	21,0	-	-0,008	-0,007	
	22,0	-	-0,005	-0,003	
	23,0	-	0,000	0,000	azzeramento E2, E3
scarico	0,0	-	-0,022	-0,017	

NB: il sensore E1 non ha avuto movimenti significativi.

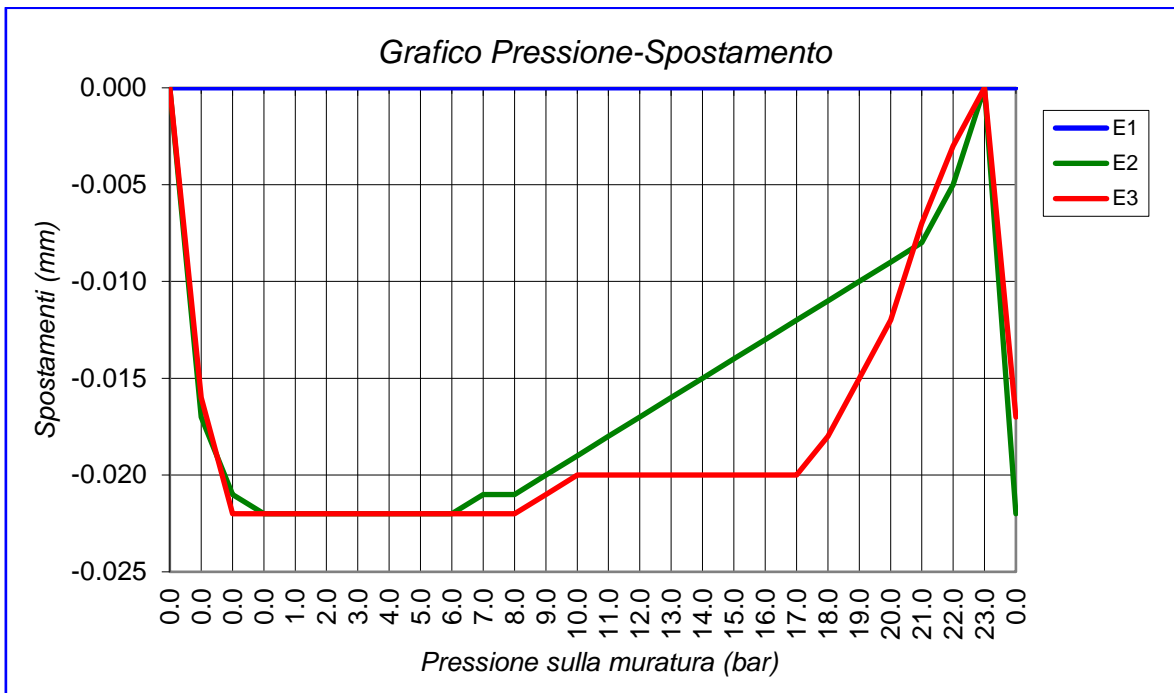


Fig. 13: Grafico Pressione-Spostamento

$P = 23,0 \text{ bar} = 2,30 \text{ MPa}$

TENSIONE ESERCIZIO RILEVATA: $\sigma_e = 2,30 \cdot 0,827 = 1,90 \text{ MPa}$

4.1.2 Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Resistenza a compressione

Per la prova sono stati utilizzati due martinetti MPS 350260.

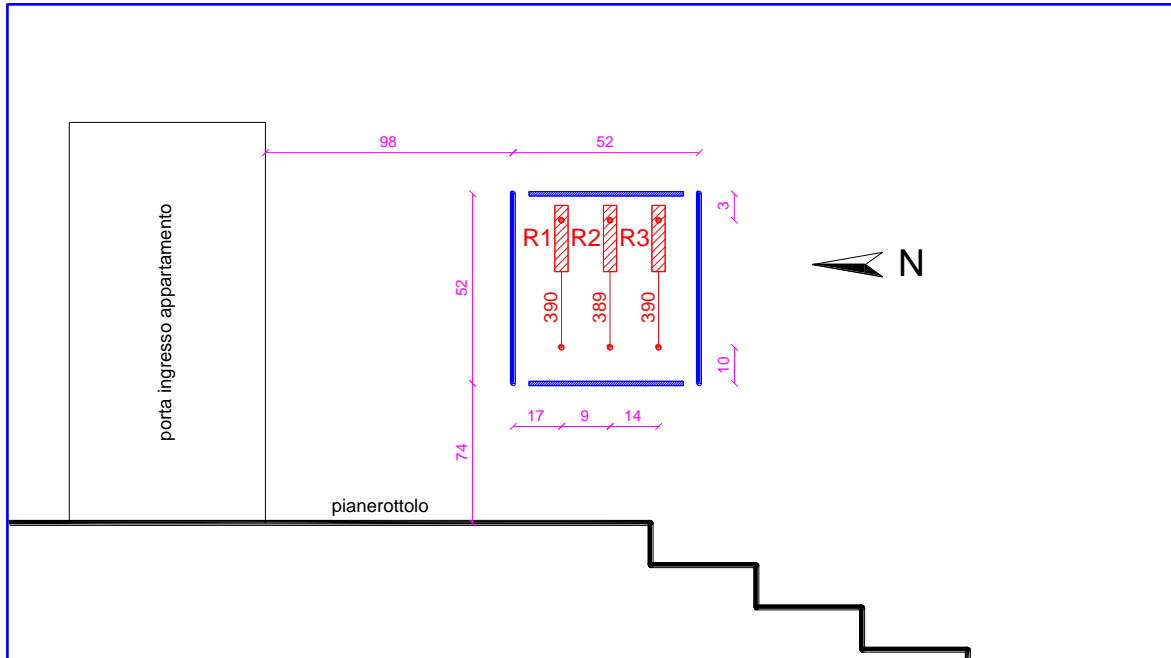


Fig. 14: *Disposizione martinetti e sensori*



Foto 24: *Esecuzione del taglio orizzontale per l'inserimento del martinetto*



Foto 25: *Sensori e martinetti installati per la prova a compressione*

Risultati della prova

FASE	p	R1	R2	R3	Commento
	(bar)	(mm)		(mm)	
I ciclo	0,0	0,000	0,000	0,000	azzeramento
	2,0	0,001	0,010	0,001	
	4,0	0,002	0,018	0,002	
	6,0	0,003	0,027	0,003	
	8,0	0,004	0,035	0,011	
	10,0	0,005	0,043	0,019	
	12,0	0,013	0,050	0,025	
	14,0	0,019	0,059	0,032	
	16,0	0,025	0,066	0,038	
	18,0	0,033	0,078	0,046	
	20,0	0,041	0,090	0,054	
	22,0	0,051	0,101	0,062	
	24,0	0,064	0,115	0,073	
	26,0	0,073	0,126	0,084	
	28,0	0,087	0,143	0,100	
30,0	0,097	0,158	0,113		
32,0	0,109	0,176	0,129		
scarico	0,0	0,038	0,075	0,027	
II ciclo	0,0	0,038	0,075	0,027	
	4,0	0,039	0,078	0,029	
	8,0	0,040	0,079	0,044	
	12,0	0,041	0,080	0,058	
	16,0	0,059	0,106	0,072	
	20,0	0,077	0,126	0,090	
	24,0	0,091	0,145	0,106	
	28,0	0,107	0,166	0,122	
	32,0	0,124	0,188	0,139	
	36,0	0,149	0,219	0,171	
	40,0	0,171	0,242	0,200	
	44,0	0,215	0,294	0,257	
	48,0	0,262	0,364	0,322	
	52,0	0,306	0,425	0,388	rottura - fessura vicino R3
	scarico	0,0	0,087	0,144	0,101

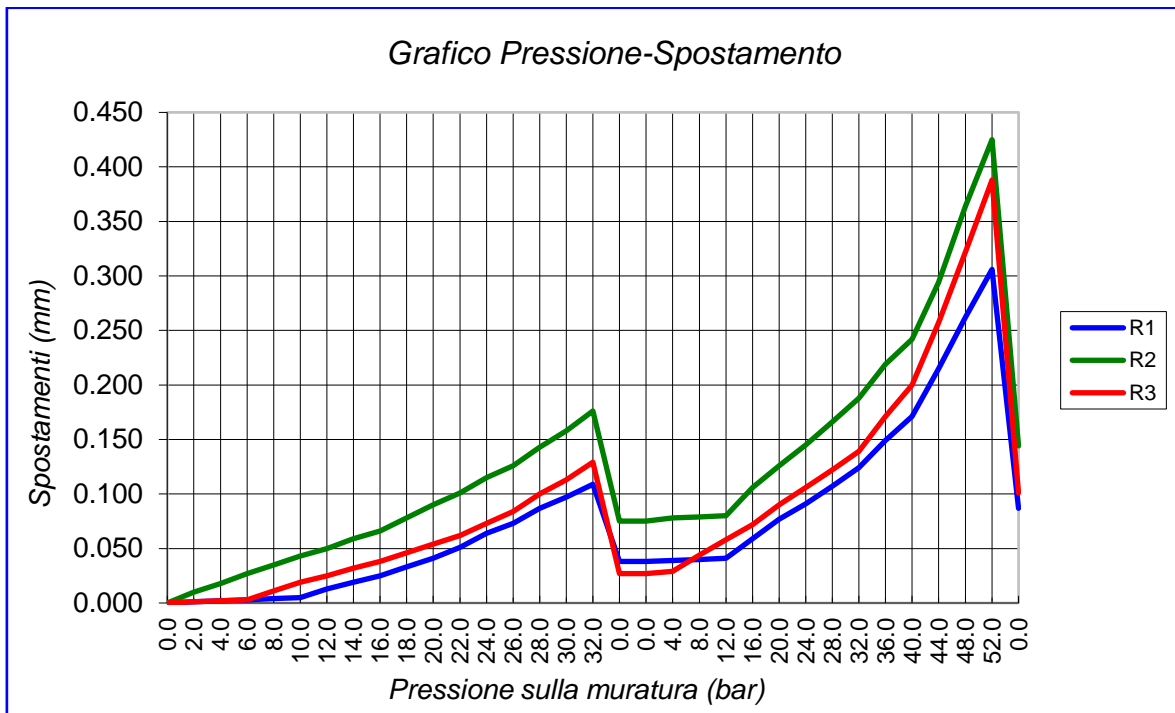


Fig. 15: Grafico Pressione-Spostamento

Considerando l'andamento dei sensori ed i segni di rottura sulla muratura abbiamo che:

$$P = 52 \text{ bar} = 5,20 \text{ MPa}$$

$$\text{TENSIONE ROTTURA RILEVATA: } \sigma_v = 5,20 \cdot 0,827 = 4,30 \text{ MPa}$$

4.1.3 Piano rialzato L0 - 1 - Muro est scale – Resistenza a taglio

Muratura in mattoni pieni (dimensione campione di prova $23,5 \times 12,0 \times h 5,5$ cm).

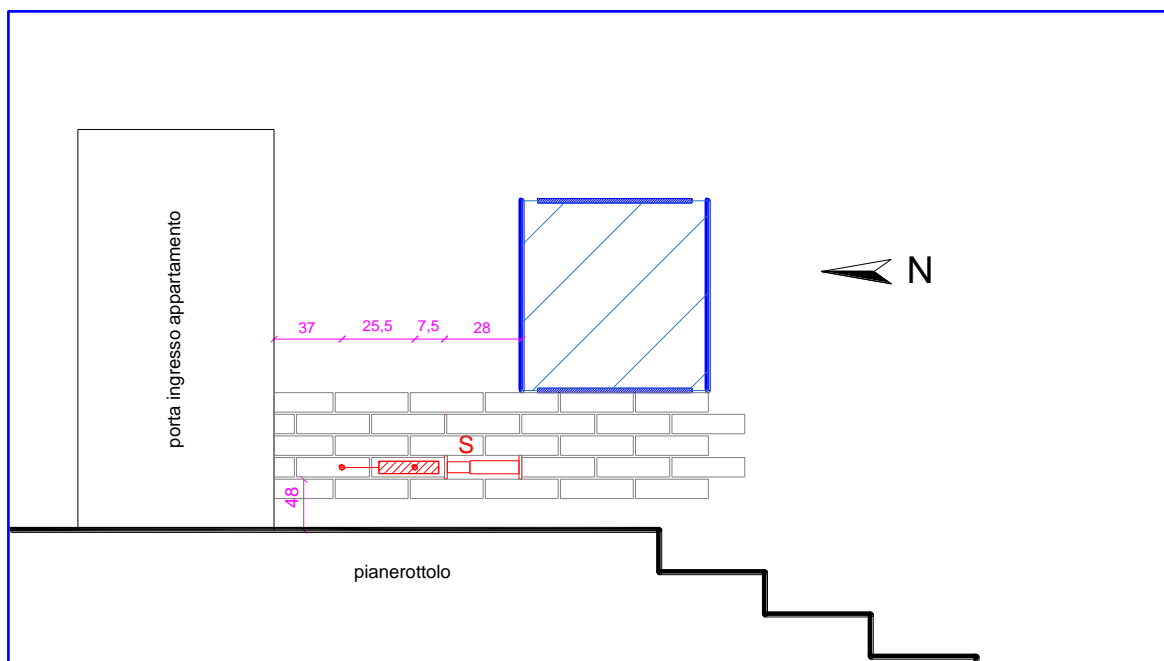


Fig. 16: *Disposizione martinetto e sensore*



Foto 26: *Panoramica della prova a taglio*



Foto 27: *Sensore e martinetto installati*

Risultati della prova

p <i>(bar)</i>	carico <i>(N)</i>	S <i>(mm)</i>
0	0	0,00
5	795	0,00
10	1590	0,00
15	2385	0,00
20	3180	0,00
25	3975	0,00
30	4770	0,00
35	5565	0,00
40	6360	0,00
45	7155	0,00
50	7950	0,00
55	8745	0,00
60	9540	0,00
65	10335	0,00
70	11130	0,00
75	11925	0,00
80	12720	0,00
85	13515	0,00
90	14310	0,00
95	15105	0,00
100	15900	0,00
105	16695	0,00
110	17490	0,00
115	18285	0,01
120	19080	0,01
125	19875	0,01
130	20670	0,01
135	21465	0,02
140	22260	0,02
145	23055	0,02
150	23850	0,11
0	0	0,10

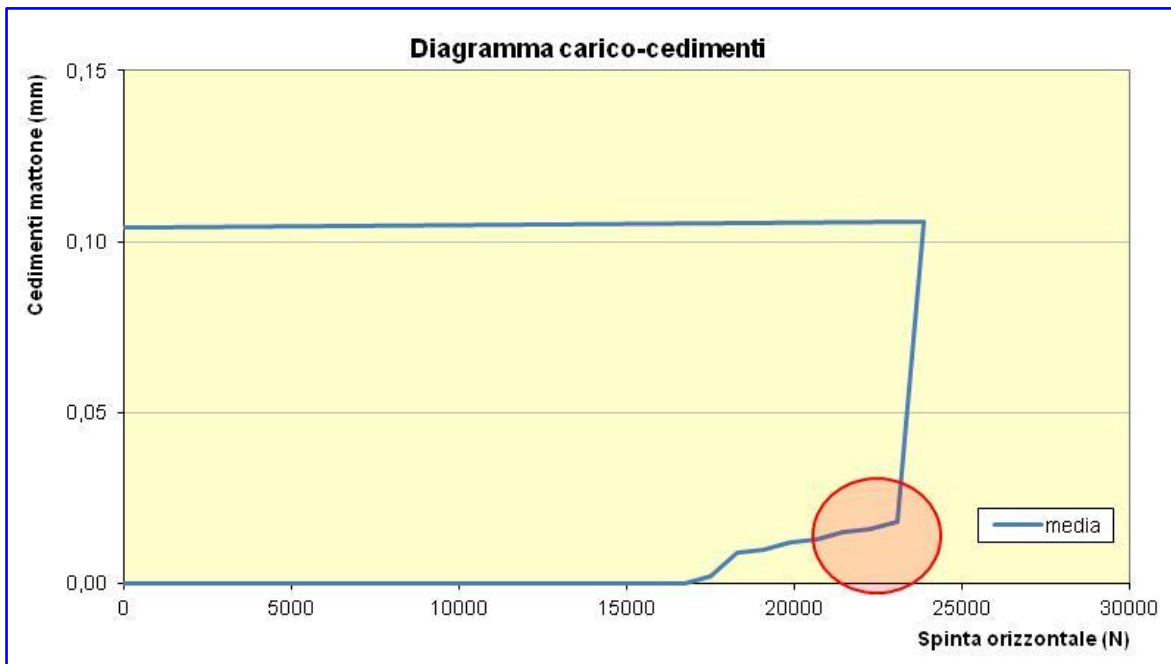


Fig. 17: *Diagramma Carico-Cedimenti*

forza laterale resistente	superf. malta (inf+sup)	R taglio τ_i
(N)	(cm ²)	(N/cm ²)
23850	564	42,29

4.2 Martinetti piatti e Shave Test - Prova N° 5383/VR-B

4.2.1 Piano rialzato L0 - 2 - Muro ovest scale – Tensione d’esercizio

Per la prova è stato utilizzato un martinetto MPS 350260.

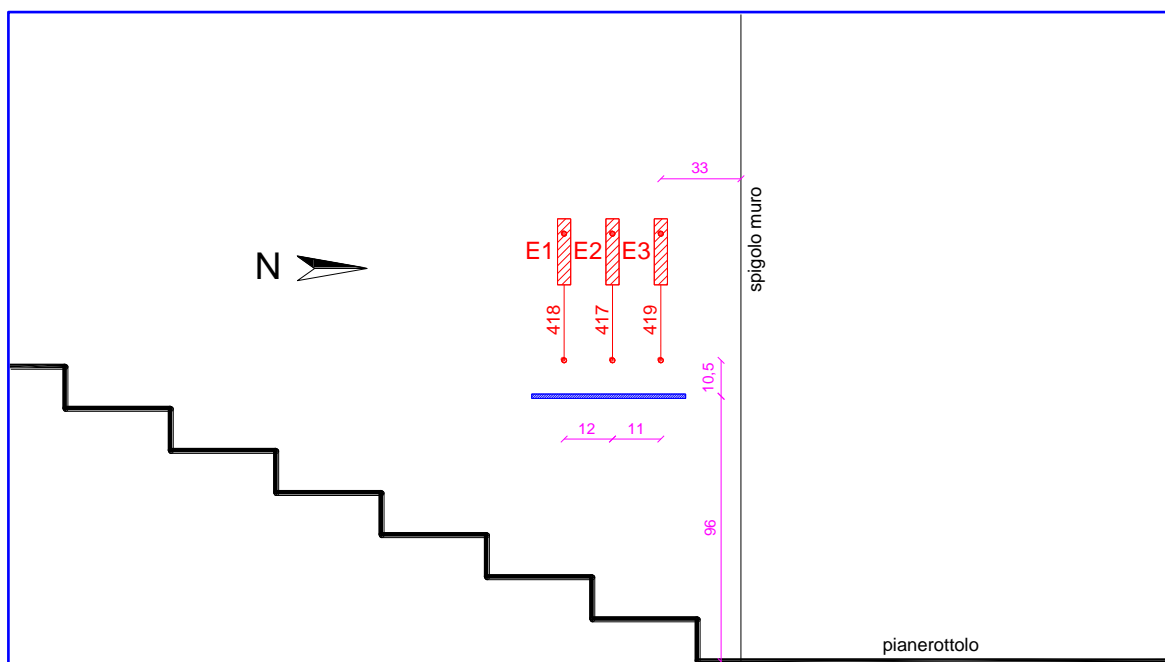


Fig. 18: *Disposizione martinetto e sensori*



Foto 28: *Esecuzione del taglio orizzontale per l’inserimento del martinetto*



Foto 29: *Sensori e martinetto installati per il carico d’esercizio*

Risultati della prova

FASE	p	E1	E2	E3	Commento
	(bar)	(mm)	(mm)	(mm)	
azzeramento	0,0	0,000	0,000	0,000	
fine taglio	0,0	-0,008	-0,002	-0,001	
martinetto	0,0	-0,008	-0,002	-0,001	
fine spurgo	0,0	-0,008	-0,002	-0,001	
I ciclo	1,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	2,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	3,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	4,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	5,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	6,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	7,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	8,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	9,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	10,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	11,0	-0,007	-0,002	-0,001	
	12,0	-0,006	-0,002	-0,001	
	13,0	-0,005	-0,002	-0,001	
	14,0	-0,004	-0,002	-0,001	
	15,0	-0,002	-0,001	0,000	azzeramento E3
	16,0	0,000	0,000	0,000	azzeramento E1, E2
scarico	0,0	-0,005	-0,001	-0,001	

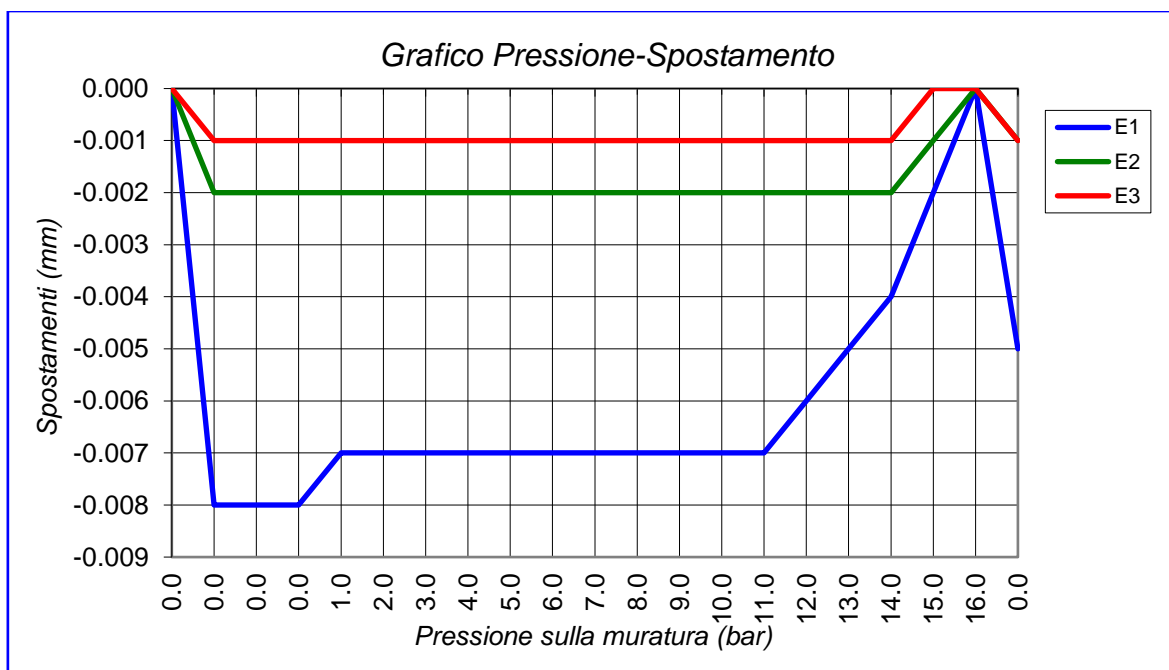


Fig. 19: Grafico Pressione-Spostamento

$$P = 15,0 \div 16,0 \text{ bar} = 1,50 \div 1,60 \text{ MPa}$$

TENSIONE ESERCIZIO RILEVATA: $\sigma_e = 1,50 \div 1,60 \cdot 0,827 = 1,24 \div 1,32 \text{ MPa}$

4.2.2 Piano rialzato L0 - 2 - Muro vano scale – Resistenza a compressione

Per la prova sono stati utilizzati due martinetti MPS 350260.

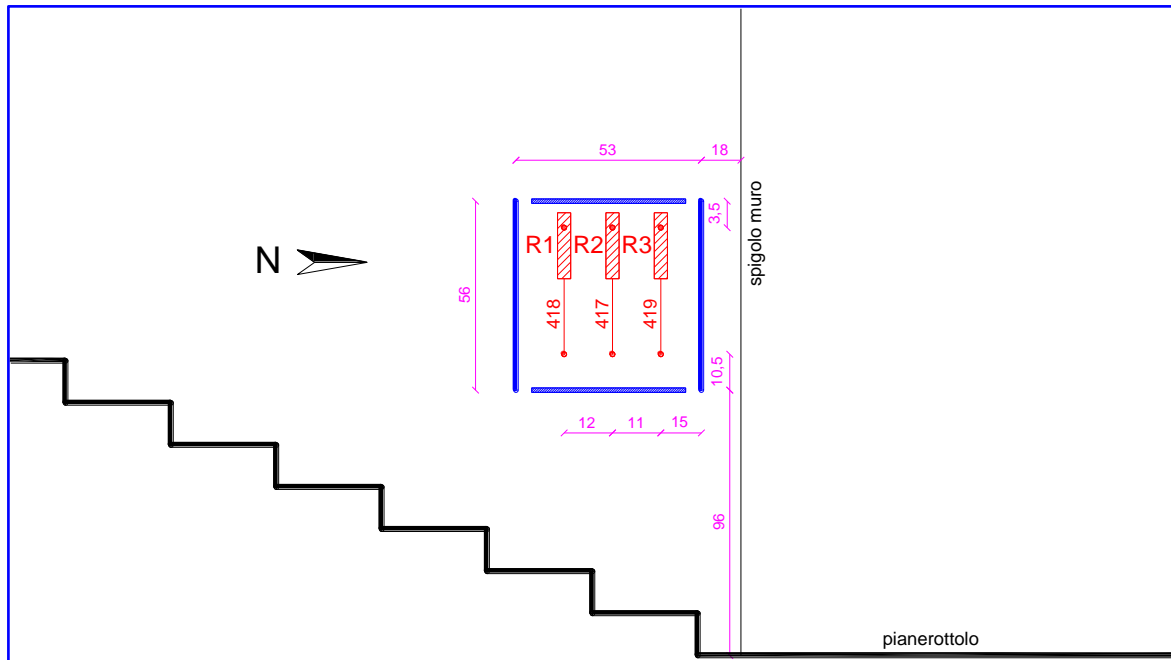


Fig. 20: *Disposizione martinetti e sensori*



Foto 30: *Esecuzione del taglio verticale per la realizzazione della prova*



Foto 31: *Sensori e martinetti installati per la prova a compressione*

Risultati della prova

FASE	p	R1	R2	R3	Commento	
	(bar)	(mm)		(mm)		
I ciclo	0,0	0,000	0,000	0,000	azzeramento	
	2,0	-	0,000	0,045		
	4,0	-	0,000	0,075		
	6,0	-	0,000	0,090		
	8,0	-	0,064	0,103		
	10,0	-	0,080	0,115		
	12,0	-	0,095	0,134		
	14,0	-	0,104	0,146		
	16,0	-	0,127	0,157		
	18,0	-	0,146	0,171		
	20,0	-	0,153	0,179		
	22,0	-	0,171	0,192		
	24,0	-	0,180	0,204		
	scarico	0,0	-	0,073	0,069	
II ciclo	0,0	-	0,073	0,069		
	4,0	-	0,075	0,108		
	8,0	-	0,081	0,134		
	12,0	-	0,107	0,155		
	16,0	-	0,130	0,175		
	20,0	-	0,157	0,192		
	24,0	-	0,183	0,207		
	28,0	-	0,218	0,224		
	32,0	-	0,251	0,250		
	36,0	-	0,289	0,282		
	40,0	-	0,333	0,310		
	44,0	-	0,439	0,353	rottura; fessura tra R1 e R2	
	scarico	0,0	-	0,340	0,157	

NB: il sensore R1 non ha avuto movimenti significativi.

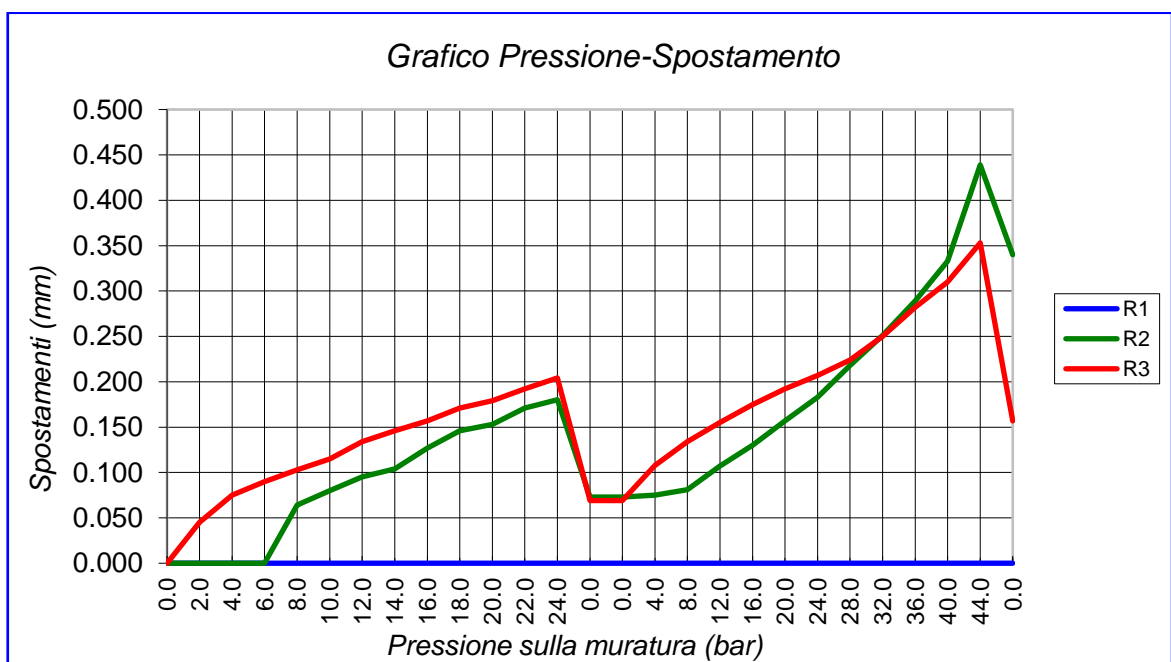


Fig. 21: Grafico Pressione-Spostamento

Considerando l'andamento dei sensori ed i segni di rottura sulla muratura abbiamo che:

$$P = 44 \text{ bar} = 4,40 \text{ MPa}$$

$$\text{TENSIONE ROTTURA RILEVATA: } \sigma_v = 4,40 \cdot 0,827 = 3,64 \text{ MPa}$$

4.2.3 Piano rialzato L0 - 2 - Muro vano scale – Resistenza a taglio

Muratura in mattoni pieni (dimensione campione di prova $24,0 \times 12,0 \times h 5,5 \text{ cm}$).

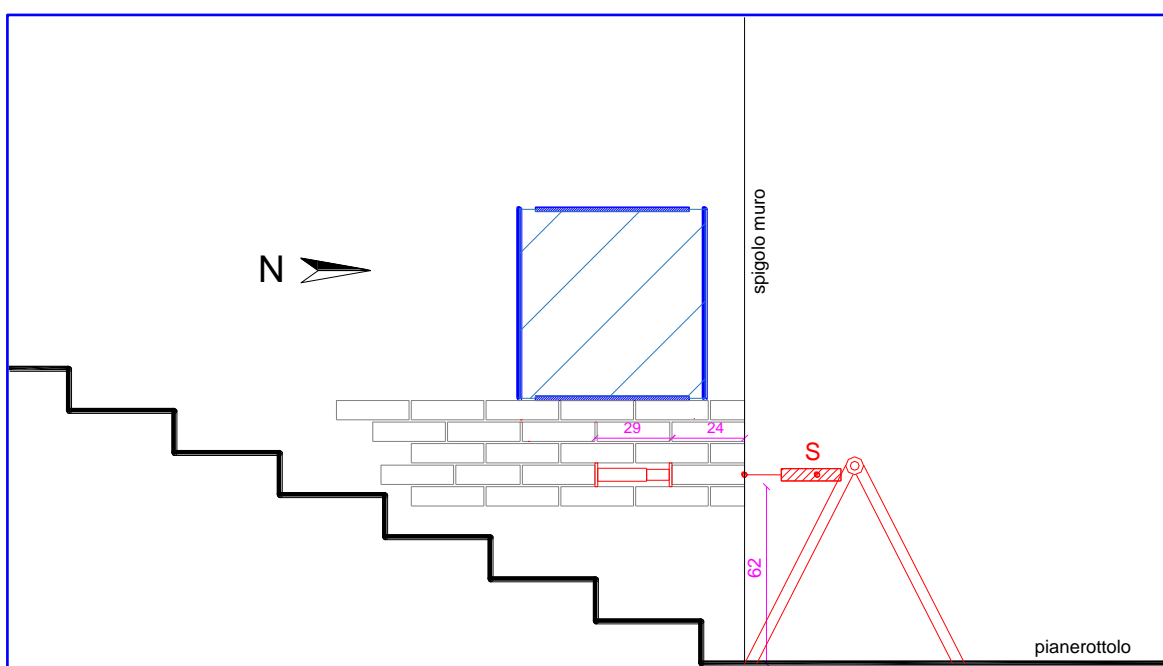


Fig. 22: *Disposizione martinetto e sensore*



Foto 32: *Panoramica della prova a taglio*

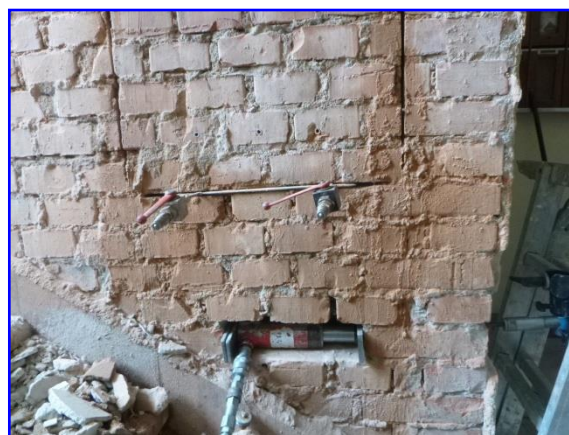


Foto 33: *Sensore e martinetto installati*

Risultati della prova

p <i>(bar)</i>	carico <i>(N)</i>	S <i>(mm)</i>
0	0	0,00
5	795	0,00
10	1590	0,00
15	2385	0,00
20	3180	0,00
25	3975	0,00
30	4770	0,00
35	5565	0,00
40	6360	0,00
45	7155	0,00
50	7950	0,00
55	8745	0,00
60	9540	0,00
65	10335	0,00
70	11130	0,00
75	11925	0,00
80	12720	0,00
85	13515	0,00
90	14310	0,01
95	15105	0,01
100	15900	0,01
105	16695	0,01
110	17490	0,01
115	18285	0,01
120	19080	0,01
125	19875	0,01
130	20670	0,01
135	21465	0,01
140	22260	0,01
145	23055	0,01
150	23850	0,01
155	24645	0,01
160	25440	0,01
165	26235	0,01
170	27030	0,01
175	27825	0,01
180	28620	0,01
185	29415	0,01
190	30210	0,01
195	31005	0,01
200	31800	0,01
205	32595	0,01
210	33390	0,01
215	34185	0,01
220	34980	0,02
225	35775	0,02

230	36570	0,02
235	37365	0,02
240	38160	0,02
245	38955	0,02
250	39750	0,02
255	40545	0,02
260	41340	0,02
265	42135	0,02
270	42930	0,02
275	43725	0,02
280	44520	0,02
285	45315	0,02
290	46110	0,03
295	46905	0,04
300	47700	0,06
0	0	0,06

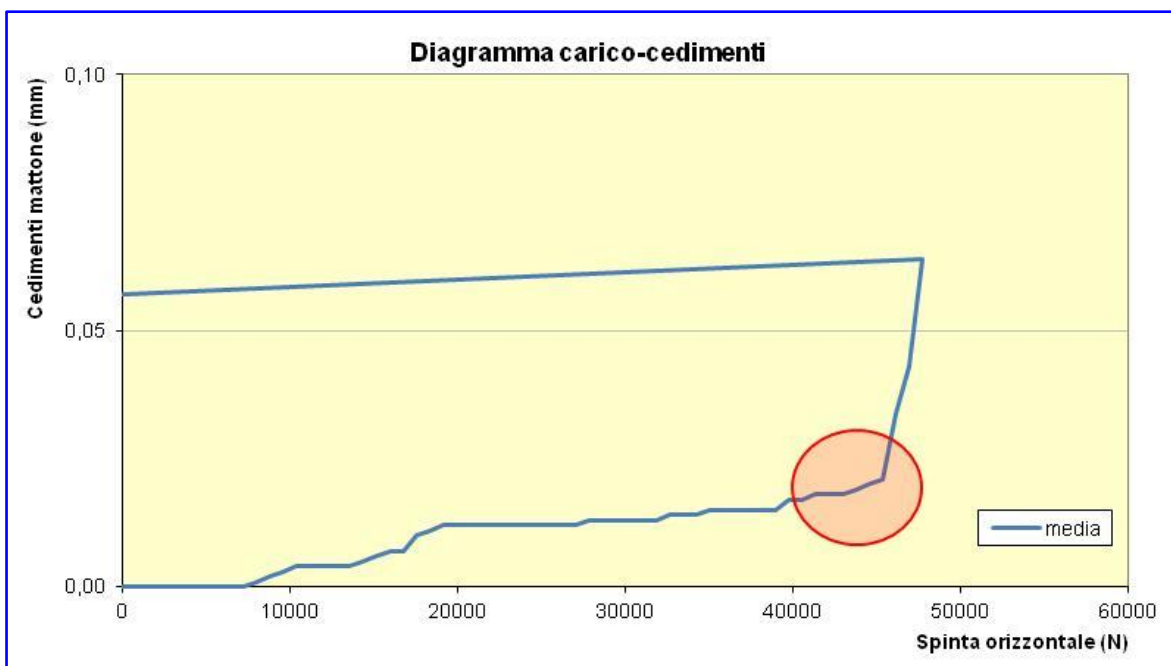


Fig. 23: *Diagramma Carico-Cedimenti*

forza laterale resistente	superf. malta (inf+sup)	R taglio τ_i
(N)	(cm ²)	(N/cm ²)
46110	576	80,05

4.3 Sclerometro per malta - Prova N° 5383/VR-C

Sono stati eseguiti sei controlli mediante penetrometro da malta; di seguito la tabella con la penetrazione media e la stima della resistenza secondo grafico di correlazione fornito dal produttore dello strumento:

Zona	Ubicazione	Penetrazione media	Resistenza
	(faccia)	(mm)	(MPa)
L0 - 3	Est	18	0,7
L0 - 4	Est	12	1,4
L2 - 1	Sud	15	1,0
L2 - 2	Ovest	13	1,3
L4 - 1	Est	14	1,1
L4 - 2	Sud	17	0,8

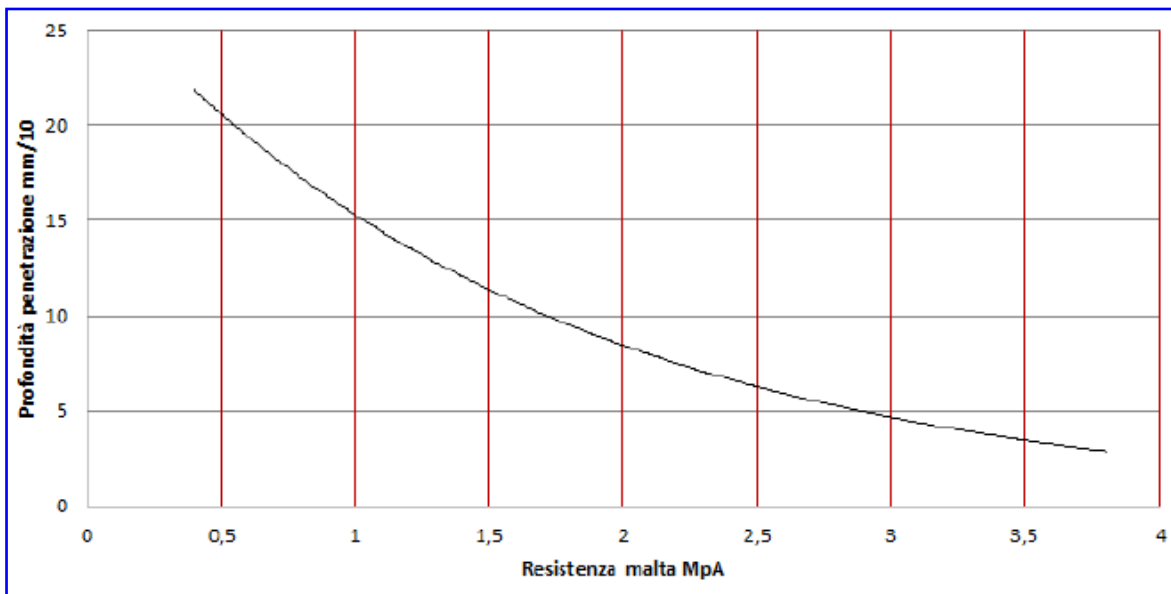


Fig. 24: Grafico di correlazione dello strumento

4.4 Prelievo malta e analisi petrografica - Prova N° 5383/VR-C

Sono stati prelevati due campioni di malta nelle zone L0 - 3 e L4 - 1.

I campioni di **malta** presentano caratteristiche simili tra loro con composizione mineralogico-petrografica in percentuali leggermente differenti. La malta L0 - 3 risulta piuttosto tenace mentre la malta L4 - 1 friabile, entrambe di colore grigio chiaro - nocciola.

Il legante è calce aerea con struttura omogenea e tessitura micritica mentre l'aggregato è composto da sabbia naturale prevalentemente di natura carbonatica (derivante dal disfacimento di litotipi calcarei) di forma naturale e sfericità medio-alta; il rapporto legante/aggregato è pari a 1/3.

Le caratteristiche mineralogiche-petrografiche di entrambi i campioni e il rispettivo rapporto legante/aggregato non trovano corrispondenza con le classi riportate nel D.M. 14/01/2008 punto 11.10.2.2. quindi risultano non classificabili.

Si vedano in allegato i rapporti di prova n° 4888_1 - 19 e n° 4888_2 - 19.

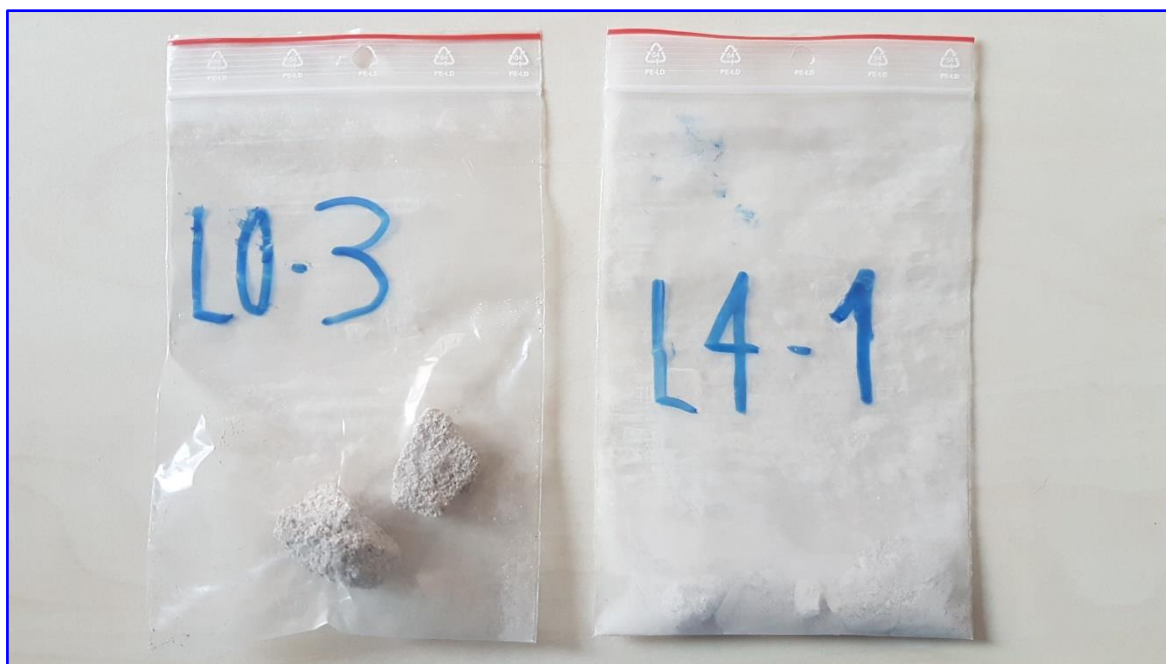


Foto 34: Campioni di malta prelevati

5 CARICO SU SOLAIO – PROVA N° 5384/VR

5.1 Descrizione della prova

La prova di carico è stata eseguita per verificare l'idoneità statica di un solaio in latero cemento del piano rialzato, zona nord/ovest dell'edificio, avente una luce di 4,80 m, un interasse dei travetti di 60 cm ed uno spessore complessivo di 37 cm.

Il carico richiesto e concordato preventivamente con il Tecnico Incaricato ing. Marco Favalli è pari a $q = 3,00 \text{ kN/m}^2$ da aumentare successivamente in favore della sicurezza.

La prova, eseguita con il sistema oleodinamico in 4 cicli di carico/scarico, consiste nel generare lo stesso momento flettente che si otterrebbe col carico distribuito attraverso l'utilizzo di una forza concentrata su una striscia larga 1,00 m.

Il carico è stato applicato "a spinta" mediante l'utilizzo di un martinetto oleodinamico posizionato in mezzeria del solaio esaminato e contrastato dal solaio superiore.



Foto 35: Martinetto oleodinamico per l'applicazione del carico sul solaio



Foto 36: Sensori montati su aste per rilevare i cedimenti in tempo reale

In funzione dei parametri utilizzati la forza equivalente risulta essere:

$$F_{eq} = q \times C_v \times b \times L = \mathbf{12,10 \text{ kN}}$$

dove:

$q = 3,00 \text{ kN/m}^2$ carico previsto;

$C_v = 0,40$ coefficiente di vincolo;

$b = 2,10 \text{ m}$ fascia collaborante;

$L = 4,80 \text{ m}$ luce.

5.2 Schema ubicazione carico e sensori

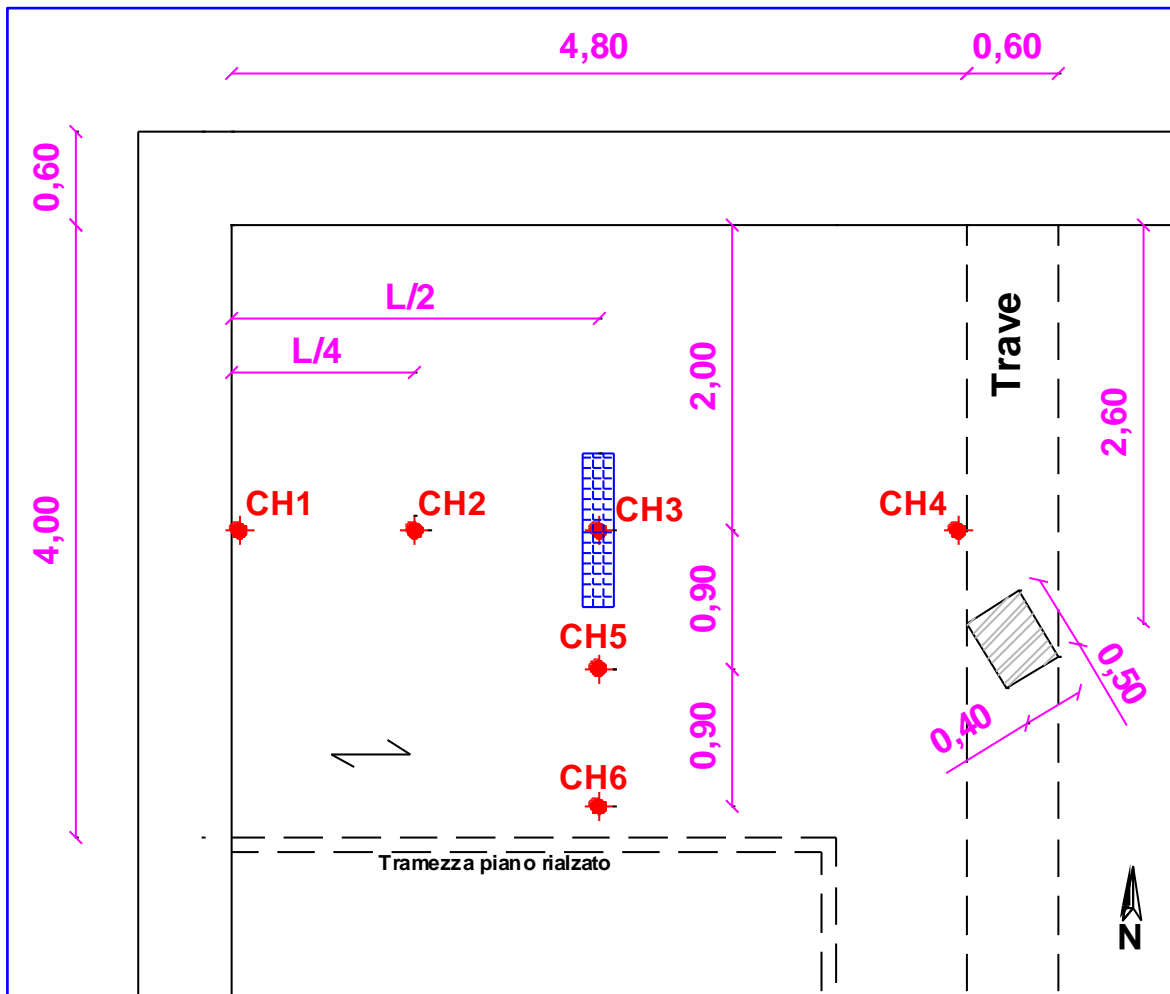


Fig. 25: *Disposizione martinetto (in blu) e sensori (in rosso)*

N.B. Nello schema non compaiono alcune tramezze del piano rialzato perché svincolate mediante demolizione prima dell'esecuzione della prova.

5.3 Risultati della prova - 4 cicli di carico/scarico

Forza (kN)	Carico (kN/m ²)	Frecce (mm)						Orario (h.m.s)	Linearità % (CH 3)
		CH 1 App. W	CH 2 L/4 W	CH 3 L/2	CH 4 App. E	CH 5 1° trv.	CH 6 2° trv.		
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.10.25	-
4,0	0,99	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	15.11.28	-
8,0	1,98	0,00	0,05	0,07	0,00	0,02	0,01	15.12.13	57
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.16.09	-
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.16.37	-
4,0	0,99	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	15.17.17	-
8,0	1,98	0,00	0,04	0,06	0,00	0,04	0,01	15.18.11	67
12,0	2,98	0,00	0,07	0,10	0,00	0,05	0,01	15.19.17	60
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.24.30	-
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.24.37	-
4,0	0,99	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	15.25.27	-
8,0	1,98	0,00	0,04	0,06	0,00	0,04	0,01	15.26.29	67
12,0	2,98	0,01	0,08	0,10	0,00	0,06	0,01	15.27.26	60
16,0	3,97	0,01	0,10	0,15	0,00	0,08	0,02	15.28.41	53
16,0	3,97	0,01	0,10	0,15	0,00	0,08	0,02	15.43.37	53
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.45.36	-
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.45.53	-
4,0	0,99	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	15.46.30	-
8,0	1,98	0,01	0,05	0,06	0,00	0,05	0,00	15.47.48	100
12,0	2,98	0,01	0,07	0,10	0,00	0,07	0,01	15.48.40	90
16,0	3,97	0,01	0,10	0,15	0,00	0,08	0,02	15.49.45	80
12,0	2,98	0,01	0,08	0,11	0,00	0,07	0,01	15.50.54	-
8,0	1,98	0,01	0,05	0,06	0,00	0,05	0,00	15.51.22	-
4,0	0,99	0,01	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	15.51.58	-
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15.52.19	-

Per il IV ciclo di carico/scarico

Ripetibilità	Linearità media	Linearità minima	Permanenza	Area ist./carico
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	90	80	0	2,99

Curva d'isteresi per il carico distribuito

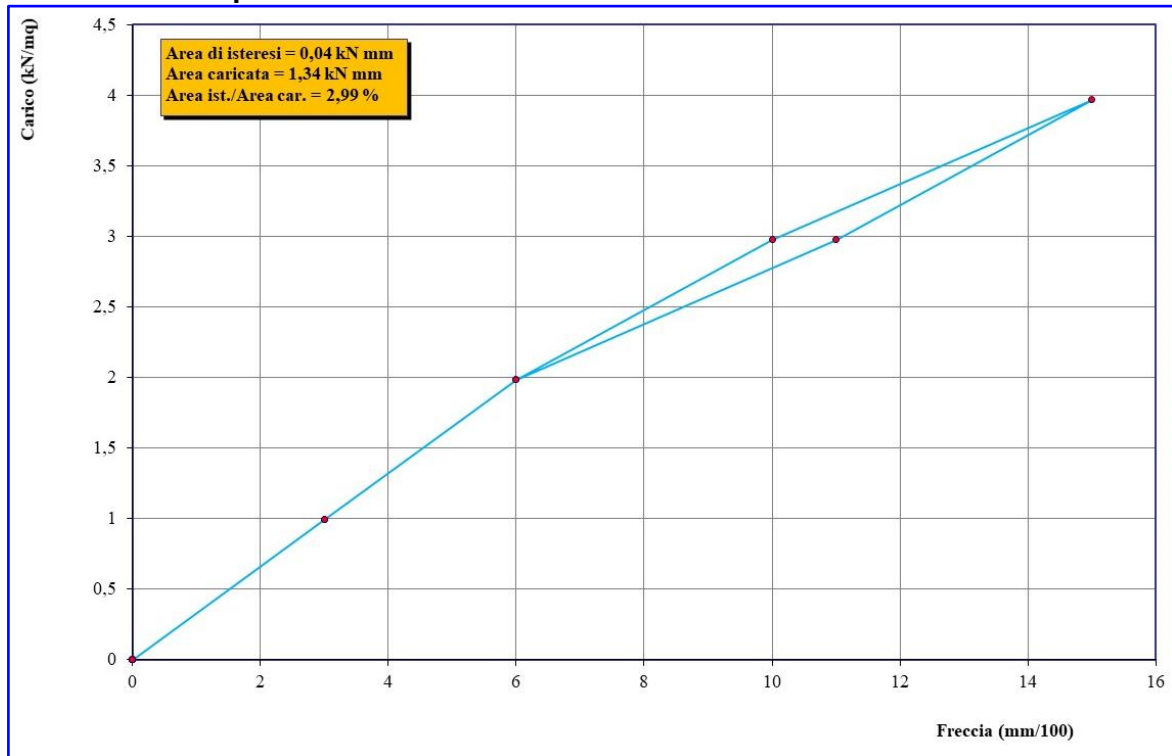


Fig. 26: Grafico rappresentativo dell'area d'isteresi relativa al CH3

Grafico carico-deformazioni

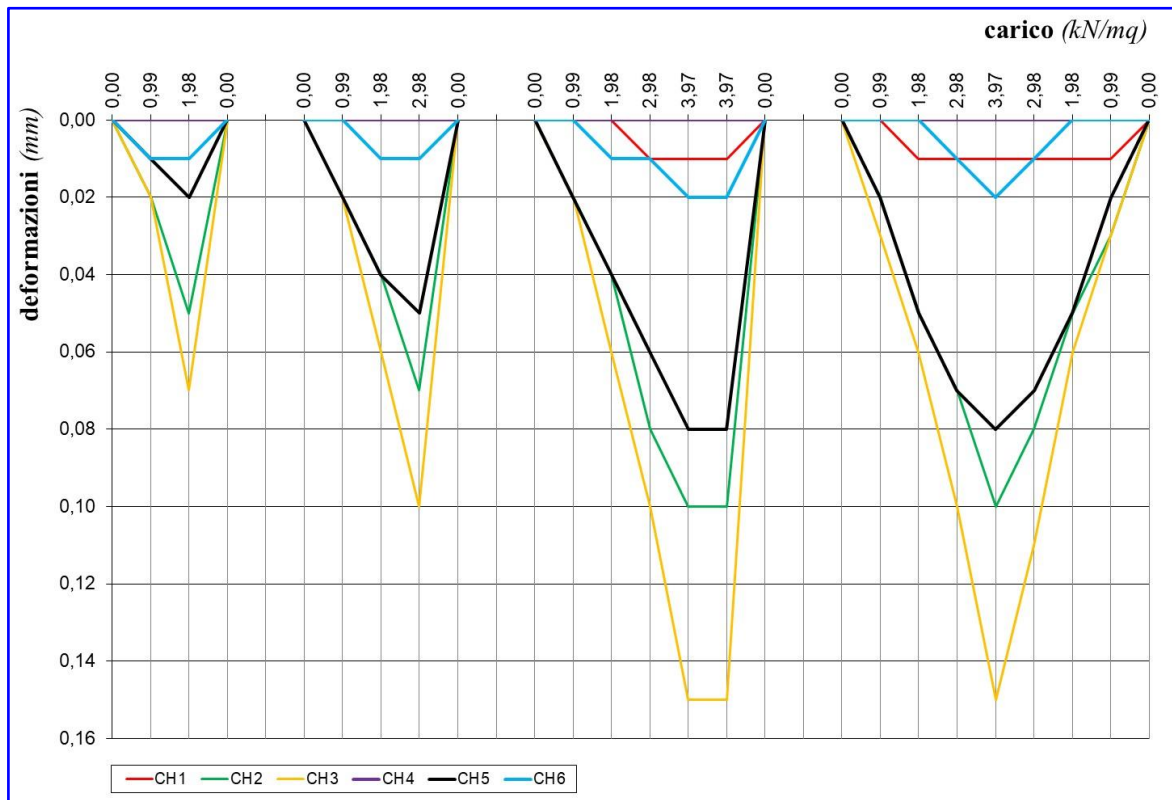


Fig. 27: Grafico carico-deformazioni

6 CONSIDERAZIONI TECNICHE FINALI

Di seguito alcune considerazioni su quanto rilevato:

6.1 Indagini su c.a.

Le prove Vickers eseguite sulle armature permettono di stimare che l'acciaio utilizzato in sito sia del tipo **FeB32K**.

Le prove di Laboratorio sui provini cilindrici estratti hanno evidenziato una certa variabilità delle caratteristiche del calcestruzzo e valutando le indagini con ultrasuoni eseguite sugli stessi (vedi tabella di seguito)...

Carota (N°)	Velocità (m/s)	Resistenza (N/mm ²)
L-1 - 1	4435	23,3
L-1 - 4	4410	30,0
L0 - 2	4225	26,6
L1 - 1	3887	19,8
L2 - 2	3233	14,0
L3 - 1	3995	25,3

...si è potuto elaborare un grafico di correlazione esponenziale tra velocità e resistenze caratteristico dell'edificio:

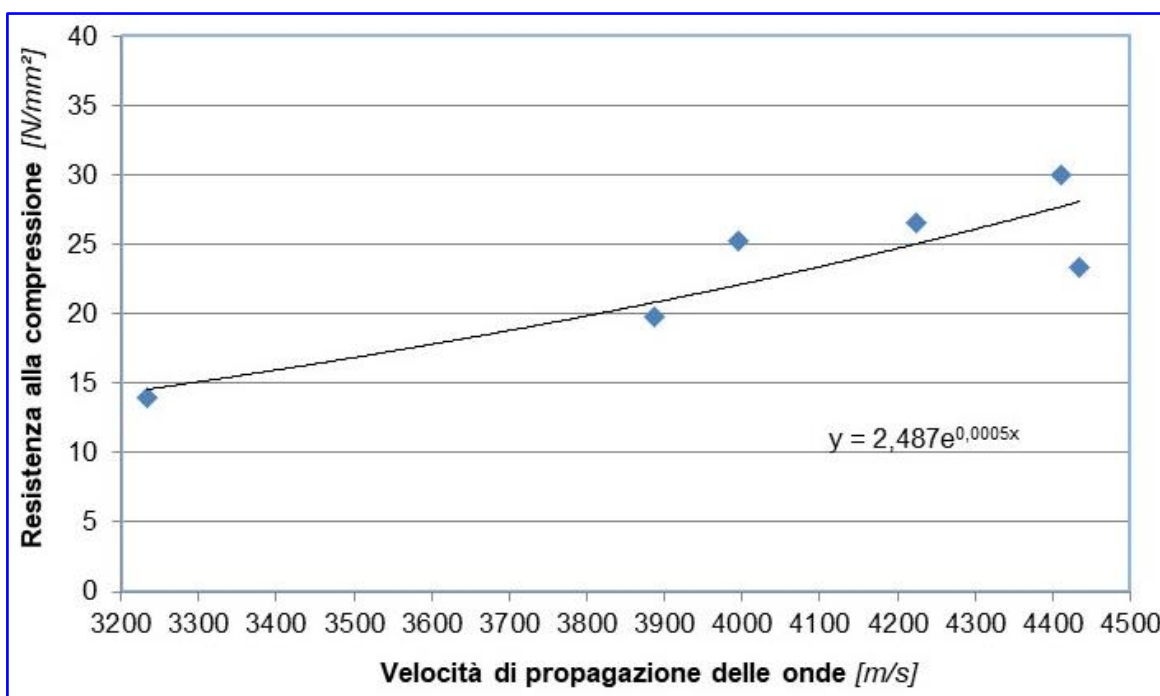


Fig. 28: Grafico di correlazione tra velocità e resistenze caratteristico dell'edificio

Dal grafico si possono stimare le resistenze nelle zone in cui sono state eseguite solo le prove con ultrasuoni:

Zona	Velocità	Resistenza
(N°)	(m/s)	(Mpa)
L-1 - 2	4168	20,0
L-1 - 3	4192	20,2
L0 - 1	3531	14,5
L1 - 2	3566	14,8
L2 - 1	3638	15,3
L3 - 2	3796	16,6

Infine si riporta una tabella riassuntiva delle resistenze ottenute dalle indagini distruttive e non distruttive nelle varie zone:

Zona	Ultrasuoni	Carotaggi	media Resistenza
	Stima R_c	$R_{c,is}$	
(N°)	(Mpa)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
L-1 - 1	-	23,3	23,4
L-1 - 2	20,0	-	
L-1 - 3	20,2	-	
L-1 - 4	-	30,0	
L0 - 1	14,5	-	18,4
L0 - 2	-	26,6	
L1 - 1	-	19,8	
L1 - 2	14,8	-	
L2 - 1	15,3	-	
L2 - 2	-	14,0	
L3 - 1	-	25,3	
L3 - 2	16,6	-	

Le medie delle resistenze ricavate risultano alquanto variabili e ci fanno notare una certa differenza tra le zone anche sullo stesso piano; premesso ciò, si stima che la resistenza caratteristica strutturale in situ (ottenuta con la media delle resistenze determinate con le diverse indagini) sia un $R_{ck,is}$ 20,0-25,0 N/mm² al piano seminterrato mentre un $R_{ck,is}$ 15,0-20,0 N/mm² ai piani superiori.

Si fa presente che le “Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera del settembre 2017” riportano che la resistenza caratteristica strutturale in situ complessiva ($R_{ck,is}$) non deve essere inferiore a 0,85 volte la resistenza caratteristica potenziale (R_{ck}) misurata sui campioni convenzionali correttamente confezionati e maturati in fase di getto.

6.2 Indagini su muratura

Premesso che le malte analizzate in Laboratorio non sono risultate classificabili secondo D.M. 17/01/2018, riassumiamo gli esiti delle prove con martinetti piatti sulle murature:

Zona	Tipologia	Piano	Carico di esercizio (MPa)	Carico di rottura (MPa)
L0 - 1	Muro est vano scale	rialzato	1,90	4,30
L0 - 2	Muro ovest vano scale	rialzato	1,24÷1,32	3,64

6.2.1 Stima dei moduli elastici

I dati dei cicli di carico eseguiti durante la verifica della tensione di rottura possono inoltre essere utilizzati per determinare i valori del modulo di Young.

La Normativa Italiana indica di assumere, come valore del modulo elastico, quello calcolato nell'intervallo tra 1/10 e 4/10 della tensione di rottura della muratura.

I diagrammi a seguito riportati rappresentano l'individuazione dell'equazione della linea di tendenza lineare basata sulla media delle deformazioni nella prima parte del ciclo di carico.

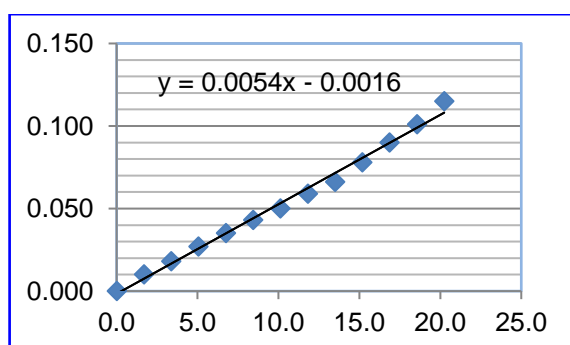


Fig. 29: L0 - 1

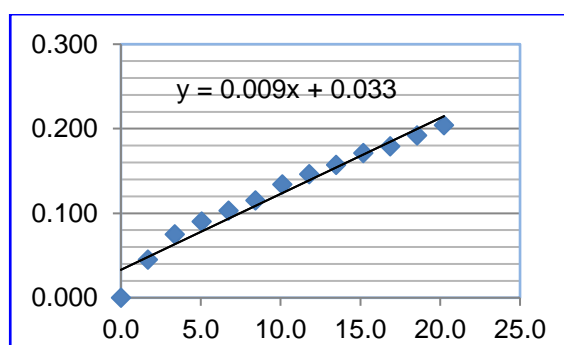


Fig. 30: L0 - 2

Utilizzando l'equazione della linea di tendenza lineare individuata nel grafico è possibile risalire alle deformazioni medie nell'intervallo di carico richiesto dalla normativa.

Il modulo di elasticità E si può calcolare attraverso la relazione:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\frac{L_2}{L} - \frac{L_1}{L}}$$

dove: L_1 = deformazioni medie misurate dai sensori al 10% del carico di rottura stimato;

L_2 = deformazioni medie misurate dai sensori al 40% del carico di rottura stimato;

L = media delle basi di misura;

σ_1 = 10% del carico di rottura stimato;

σ_2 = 40% del carico di rottura stimato.

Di conseguenza:

L0 - 1 – Mattoni pieni in laterizio - Piano rialzato muro est vano scale

La rottura si è verificata a 4,30 MPa che corrispondono a 43,85 kg/cm².

La linea di tendenza delle deformazioni del sensore R2 (R3 non ha avuto deformazioni compatibili con R2 ai bassi carichi e non è stato considerato) è:

$$L=0,0054\sigma-0,0016$$

Per cui abbiamo che $\sigma_1= 4,39$ kg/cm² e $\sigma_2= 17,54$ kg/cm² a cui corrispondono $L_1=-0,022079$ mm, $L_2=0,093117$ mm ed $L=389^*$ mm da cui deriva che:

$$E = \frac{13,155207}{0,000183} = 72037 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{7064 \text{ MPa}}$$

* Media riferita ai soli capisaldi del sensore R2.

L0 - 2 – Mattoni pieni in laterizio - Piano rialzato muro ovest vano scale

La rottura si è verificata a 3,63 MPa che corrispondono a 37,11 kg/cm².

La linea di tendenza delle deformazioni del sensore R3 (R2 non ha avuto deformazioni compatibili con R3 ai bassi carichi e non è stato considerato) è:

$$L=0,009\sigma+0,033$$

Per cui abbiamo che $\sigma_1= 3,71$ kg/cm² e $\sigma_2= 14,84$ kg/cm² a cui corrispondono $L_1=0,066399$ mm, $L_2=0,166596$ mm ed $L=419,0^*$ mm da cui deriva che:

$$E = \frac{11,133000}{0,000239} = 46556 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{4566 \text{ MPa}}$$

* Media riferita ai soli capisaldi del sensore R3.

I valori medi del modulo di elasticità normale della muratura risultano essere superiori a quanto previsto per questo tipo di muratura nella tabella C8.5.1 della Circolare applicativa del D.M. 17/01/2018 (NTC2018).

6.2.2 Resistenza a taglio caratteristica

Come già riportato, la resistenza τ_0 sotto compressione nulla (resistenza a taglio caratteristica) può essere ottenuta con la seguente:

$$\tau_i = \tau_0 + \mu \cdot S_v$$

da cui:

$$\tau_0 = \tau_i - \mu \cdot S_v$$

dove:

S_v è lo stato di compressione del provino;

μ è il coefficiente di attrito e deve essere ipotizzato; varia tra 0,3÷1,6 con valore medio 0,8 e coefficiente di variazione compreso fra il 30 ed il 50%.

La resistenza al taglio caratteristica si è potuta individuare solamente per la zona L0 - 2. Con la resistenza individuata e per non avere dei risultati inclassificabili (dato lo sviluppo della prova stessa), si è adottato $\mu = 0,4$; lo stato di compressione utilizzato è quello dell'azzeramento dei sensori E1 ed E2 (16 bar = 1,60×0,827 = 1,32 Mpa = 132 N/cm²) con la prova a carico di esercizio.

Muratura in mattoni pieni in laterizio

R taglio τ_i	stato di compressione	coeff. attrito (μ)	τ_0
(N/cm ²)	(N/cm ²)	(0,3÷1,6)	(N/cm ²)
80,05	160,0	0,4	16,05

La resistenza media a taglio della muratura τ_0 ricade nel range previsto per questo tipo di muratura nella tabella C8.5.1 della Circolare applicativa del D.M. 17/01/2018 (NTC2018).

6.3 Prova di carico su solaio

La prova di carico ha evidenziato deformazioni molto contenute (che falsano la percentuale della Linearità) con residui nulli in tutti i punti monitorati.

I parametri di controllo rientrano nei limiti statistici indicati a testimonianza di un comportamento elastico del solaio esaminato.

La 4 EMME Service S.p.A. risponde esclusivamente della correttezza delle misure ottenute in cantiere. I calcoli successivi sono da considerarsi solo a supporto dell'indagine e devono essere approvati dal Tecnico Incaricato.

Verona, 05 aprile 2019

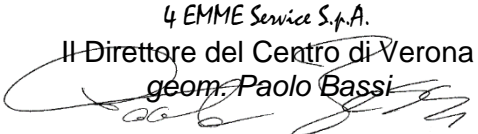
I relatori
ing. Andrea Palermo



geom. Simone Marcolini



4 EMME Service S.p.A.
Il Direttore del Centro di Verona
geom. Paolo Bassi





4 EMME Service S.p.A.

Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180
laboratorio.bz@4emme.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina 1 di 1

RAPPORTO DI PROVA / PRÜFBERICHT

NR. 2456

del / vom 04/04/2019

Intestataro certificato:
Zeugnisinhaber:

A.T.E.R.
Piazza Pozza, 1
37123 Verona (VR)

Verbale di accettazione:
Annahmeprotokoll:

Nr. 6227 del / vom 20/03/2019

Descrizione della prova:
Prüfungsbeschreibung:

PROVA DI COMPRESSIONE SU PROVINI CILINDRICI
DRUCKFESTIGKEITSPRÜFUNG AUF ZYLINDRISCHE PROBEKÖRPER

Norme di riferimento:
Bezugsnormen:

UNI EN 12390-3:2009

Descrizione del materiale:
Materialbeschreibung:

6 provini cilindrici ricavati da spezzoni di carote di calcestruzzo
6 zylindrische Probekörper aus Betonbohrkernen gewonnen

Cantiere - Luogo del prelievo:
Baustelle - Ort der Probeentnahme:

Edificio in Via Merano, 14 a Verona (VR)

Committente delle opere:
Bautenauftraggeber:

A.T.E.R. Verona

Impresa:

-

Baufirma:

-

Richiesta sottoscritta dal Direttore Lavori:
Prüfauftrag vom Bauleiter unterschrieben:

Prelievo eseguito da:

4 Emme Service S.p.A.

Entnahme verrichtet von:

Dati dichiarati / Angegebene Daten			Risultati di prova / Prüfergebnisse								
Sigla Kennz.	Data estrazione Entnehmungs- datum	Posizione in opera Bauteil	Dimensioni Abmessungen [mm]		h/d	Massa volumica Dichte [kg/m ³]	Resistenza a compressione Druckfestigkeit f _c [N/mm ²]	Tipo rottura Bruchtyp	Max Inerte Max Gestein Ø [mm]	Armatura rilevata Bewehrung [mm]	Data prova Prüfdatum
			Ø	h							
L-1 - 1	12/03/2019	Pilastro	94	94	1/1	2391	21,4	S	26	-	04/04/2019
L-1 - 4	12/03/2019	Pilastro	94	96	1/1	2390	28,1	S	34	-	04/04/2019
L0 - 2	12/03/2019	Pilastro	94	94	1/1	2344	24,6	S	36	-	04/04/2019
L1 - 1	12/03/2019	Pilastro	94	94	1/1	2310	18,1	S	28	-	04/04/2019
L2 - 2	12/03/2019	Pilastro	94	95	1/1	2248	12,8	S	29	-	04/04/2019
L3 - 1	12/03/2019	Pilastro	94	95	1/1	2296	23,4	S	32	-	04/04/2019

Legenda/ Legende:

S = rottura soddisfacente / genügender Bruch NS = rottura non soddisfacente / ungenügender Bruch

Note / Anmerkungen: i provini sono stati tagliati e rettificati / die Probekörper sind abgeschnitten und geschliffen worden.

Attrezzatura utilizzata / Verwendete Ausrüstung					Certificato di taratura / Eichungszeugnis		
Nr.	Tipo / Typ	Matricola / Matrikel	Marca / Marke	Portata / Traglast	Nr.	Data / Datum	Ente / Anstalt
02	65-L1201*_C8232	02042333	Controlis	250 kN	LAT 104 1555/2018	23/11/2018	Politecnico di Milano

Lo Sperimentatore
Der Laborotechniker
Konrad Abraham

Il direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. Settimio Martinello

Il presente certificato non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio. / Laboratorio Materiali da Costruzione e Laboratorio Geotecnico (Terre e Rocce) autorizzati con D.M. 62187 del 28.07.2004, D.M. 161 del 19.04.2011 e D.M. 7476 del 27.07.2012 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 360/2001.



Rapporto di Prova

Nr. 4888_1 - 19

Altavilla Vicentina, 29/03/2019

pag. 1 di 3

Spett.le
4Emme Service S.p.a.
 Via Roveggia, 136
 37135 – Verona (VR)

DATI CAMPIONE:

Identificazione: 4888/1 (Vs. Rif. Campione L0-3)
Descrizione: Malta
Luogo campionamento: Cantiere ATER, Via Merano 14, Verona
Data ricevimento: 14/03/2019 *Data prelievo:* non comunicato
Data inizio prove: 15/03/2019 *Data fine prove:* 28/03/2019

Il presente Rapporto di Prova si riferisce solo al campione sottoposto alle prove. La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio. I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 4 settimane salvo diverse indicazioni.

Risultati delle Prove

Prova: *Descrizione allo stereomicroscopio del campione tal quale*

Il campione esaminato è costituito da alcuni frammenti di una malta piuttosto tenace di colore d'insieme grigio chiaro-nocciola.

Prova: *Descrizione petrografica di una malta secondo UNI 11176:2006*

DESCRIZIONE AL MICROSCOPIO OTTICO

Caratteristiche del legante

Struttura	omogenea
Tessitura	micritica (< 4µm)
Rapporti aggregato/legante	regolari
Composizione	carbonatica

Caratteristiche della porosità

Percentuale dei pori	medio (25%)
Ubicazione	legante
Forma e misura dei pori	bollosità ameboidi e irregolari da 0.2-1.4mm
Riempimenti di fratture	non osservati

Caratteristiche dell'aggregato

Granulometria	da: arenaceo grossolano (1÷0.5mm) a: arenacea molto fine (125÷63µm)
Frazioni prevalenti	arenacea media e fine (0.5÷0.125mm)
Tipo di granulometria	seriata
Classazione	scarsa
Forma	naturale
Sfericità	medio-alta
Arrotondamento	da subarrotondati ad angolosi
Distribuzione	omogenea

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 – tel. 0444/522076 fax 0444/277912 info@rcartsrl.it
 PEC rcart@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 – cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI – Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.



Rapporto di Prova

Nr. 4888_1 - 19

Altavilla Vicentina, 29/03/2019

pag. 2 di 3

Addensamento	elevato (50%)
Orientamento	non orientati
Presenza orli di reazione	non osservata

Composizione mineralogico-petrografica dell'aggregato	
15%	granuli mono e policristallini di solo quarzo e a quarzo prevalente; feldspato alcalino incolore; plagioclasio; granuli litici riferibili a gneiss e a sericite
80%	granuli calcarei costituiti da micriti e micriti \pm fossilifere a foraminiferi planctonici; frammenti di bioclasti; microsparti; spariti, frammenti di cristalli di calcite spatica
5%	granuli litici riferibili a vulcaniti acide a fenocristalli di feldspato/plagioclasio, quarzo, biotite, in massa di fondo vetrosa
tracce	granuli di selce

Tipo di aggregato	sabbia naturale
-------------------	-----------------

Aggiunte

Classificazione	-
Dimensioni	-
Forma	-

Prodotti di alterazione

Ubicazione	-
Morfologia	-
Composizione	-

DEFINIZIONE DEL TIPO DI IMPASTO

Legante	calce aerea
Aggregato	sabbia naturale a granulometria prevalente compresa tra 0.5-0.125mm, prevalentemente di natura carbonatica (derivante dal disfacimento di litotipi calcarei) e in minor misura di natura quarzoso-silicatica (derivante dal disfacimento di litotipi metamorfici quali gneiss e micascisti e, in tracce, di magmatici effusivi)
Legante/aggregato	1/3

CLASSIFICAZIONE SECONDO D.M. 14/01/2008

Le caratteristiche mineralogiche-petrografiche del campione esaminato e il rispettivo rapporto legante/aggregato non trovano corrispondenza con le classi riportate nel D.M. 14/01/2008 punto 11.10.2.2. quindi la malta risulta *non classificabile*.

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 - tel. 0444/522076 fax 0444/277912 info@rcartsrl.it
 PEC rcart@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 - cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI - Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.

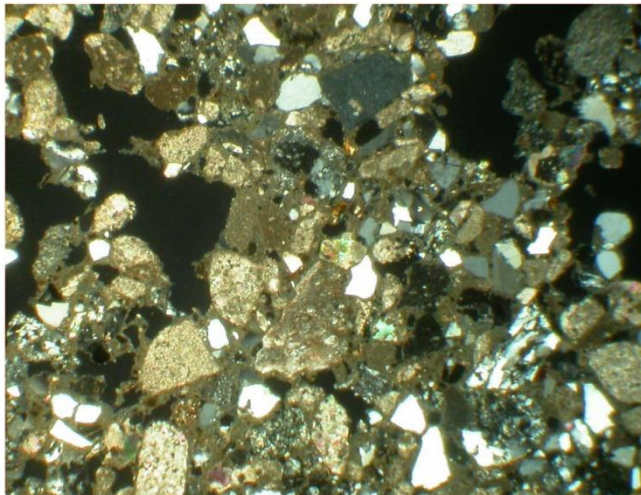
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA


Foto 1 – Campione 4888/1, sezione sottile del campione, Nicols incrociati.

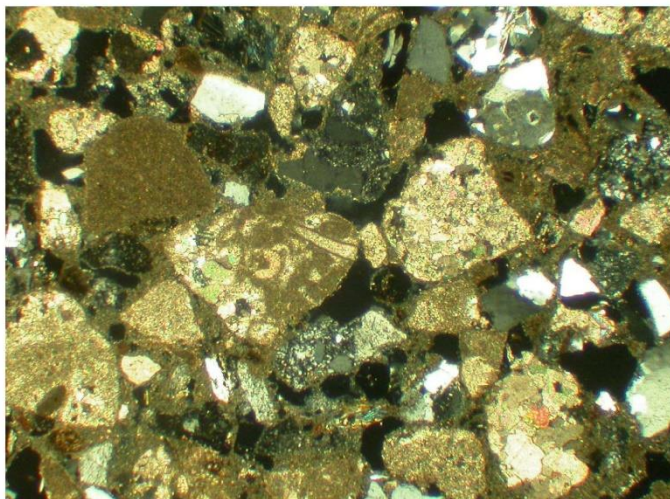


Foto 2 – Campione 4888/1, sezione sottile del campione, Nicols incrociati, dettaglio.

Il Direttore Tecnico
(d.s.s.a. geol. Mirella Baldan)

Mirella Baldan
MIRELLA BALDAN
N° 330

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 – tel. 0444/522076 fax 0444/277912 info@rcartsrl.it
PEC rcart@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 – cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI – Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.



Rapporto di Prova

Nr. 4888_2-2019

Altavilla Vicentina, 29/03/2019

pag. 1 di 3

Spett.le
4Emme Service S.p.a.
 Via Roveggia, 136
 37135 – Verona (VR)

DATI CAMPIONE:

Identificazione: 4888/2 (Vs. Rif. Campione L4-1)
 Descrizione: Malta
 Luogo campionamento: Cantiere ATER, Via Merano 14, Verona
 Data ricevimento: 14/03/2019 Data prelievo: non comunicato
 Data inizio prove: 15/03/2019 Data fine prove: 28/03/2019

Il presente Rapporto di Prova si riferisce solo al campione sottoposto alle prove. La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio. I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 4 settimane salvo diverse indicazioni.

Risultati delle Prove

Prova: Descrizione allo stereomicroscopio del campione tal quale

Il campione esaminato è costituito da alcuni frammenti di una malta friabile di colore d'insieme grigio chiaro-nocciola.

Prova: Descrizione petrografica di una malta secondo UNI 11176:2006

DESCRIZIONE AL MICROSCOPIO OTTICO

Caratteristiche del legante

Struttura	omogenea
Tessitura	micritica (< 4µm)
Rapporti aggregato/legante	regolari
Composizione	carbonatica

Caratteristiche della porosità

Percentuale dei pori	medio (25%)
Ubicazione	legante
Forma e misura dei pori	bollosità ameboidi e irregolari da 0.4-3.1mm
Riempimenti di fratture	non osservati

Caratteristiche dell'aggregato

Granulometria	da: conglomerico micro (4±2mm) a: arenacea molto fine (125±63µm)
Frazioni prevalenti	arenacea grossolana e media (1±0.25mm)
Tipo di granulometria	seriata
Classazione	assai scarsa
Forma	naturale
Sfericità	medio-alta
Arrotondamento	da subarrotondati ad angolosi
Distribuzione	omogenea
Addensamento	media (40%)

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 – tel. 0444/522076 fax 0444/277912 info@rcartsrl.it
 PEC rcarti@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 – cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI – Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.

Orientamento	non orientati
Presenza orli di reazione	non osservata

Composizione mineralogico-petrografica dell'aggregato	
20%	granuli mono e policristallini di solo quarzo e a quarzo prevalente; feldspato alcalino incolore; plagioclasio; granuli litici riferibili a gneiss e a sericite, singoli cristalli di Muscovite, Biotite e Clorite
65%	granuli calcarei costituiti da micriti e micriti ±fossilifere a foraminiferi planctonici; microspariti; spariti, frammenti di cristalli di calcite spatica
15%	granuli litici riferibili a vulcaniti acide a fenocristalli di feldspato/plagioclasio, quarzo, biotite, in massa di fondo vetrosa
tracce - granuli di litotipi magmatici intrusivi (tipo graniti/granodioriti)	

Tipo di aggregato	sabbia naturale
-------------------	-----------------

Aggiunte

Classificazione	-
Dimensioni	-
Forma	-

Prodotti di alterazione

Ubicazione	-
Morfologia	-
Composizione	-

DEFINIZIONE DEL TIPO DI IMPASTO

Legante	calce aerea
Aggregato	sabbia naturale a granulometria prevalente compresa tra 1-0.25mm, prevalentemente di natura carbonatica (derivante dal disfacimento di litotipi calcarei) e subordinatamente di natura quarzoso-silicatica (derivante dal disfacimento sia di litotipi metamorfici quali gneiss e micascisti sia di litotipi magmatici effusivi ed intrusivi)
Legante/aggregato	1/3

CLASSIFICAZIONE SECONDO D.M. 14/01/2008

Le caratteristiche mineralogiche-petrografiche del campione esaminato e il rispettivo rapporto legante/aggregato non trovano corrispondenza con le classi riportate nel D.M. 14/01/2008 punto 11.10.2.2. quindi la malta risulta *non classificabile*.

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 - tel. 0444/522076 fax 0444/277912 info@rcartsrl.it
 PEC rcarti@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 - cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI - Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

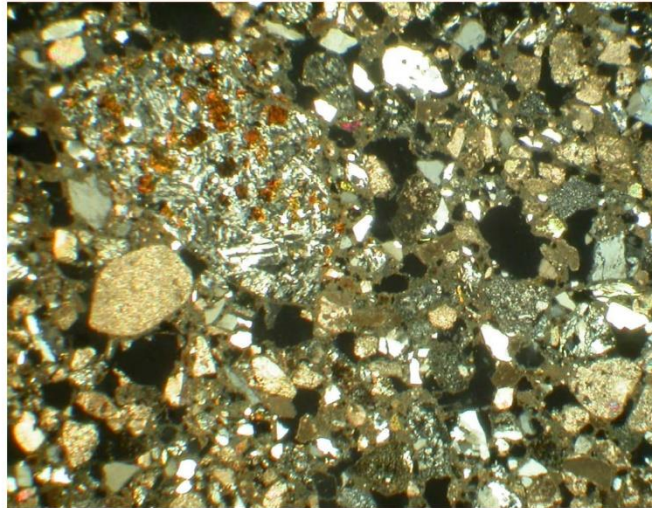


Foto 1 – Campione 4888/2, sezione sottile del campione, Nicols incrociati.

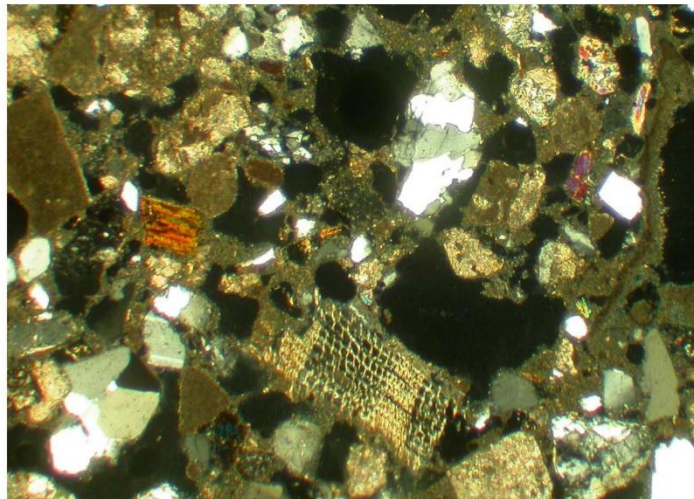


Foto 2 – Campione 4888/2, sezione sottile del campione, Nicols incrociati, dettaglio.

Il Direttore Tecnico
(d.s.sa geol. Mirella Baldan)

R&C Art S.r.l.

Sede legale ed amministrativa: 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Via Retrone 39 – tel. 0444/522076 fax 0444/522012 info@rcartsrl.it
PEC rcart@pec.it C. F./P. IVA 03867580247 – cap. soc. 20.000,00€ i.v. - REA 360764/VI – Direzione e Coordinamento Helios Group S.p.A.