



Progetto esecutivo Adeguamento sismico
Municipio di Guidizzolo (MN)

INGEA34

Studio associato di ingegneria ed architettura
Via Imre Nagy 58, 46100 – Mantova (MN)

COMMITTENTE



COMUNE DI GUIDIZZOLO

PIAZZALE MARCONI, 1

46040 – GUIDIZZOLO (MN)

INGEA34

VIA IMRE NAGY, 58

46100 – MANTOVA (MN)

PROGETTO ESECUTIVO ADEGUAMENTO SISMICO **MUNICIPIO DI GUIDIZZOLO (MN)**

R02 - RELAZIONE SUI RISULTATI DI INDAGINE E I MATERIALI IMPIEGATI

PROGETTO ESECUTIVO



Emissione	Data	Redatto	Controllato	Approvato
Emissione	09/02/2023	Mari	Mari	Mari



1. INDICE

1. INDICE	2
2. INDICE DELLE FIGURE	3
3. DEFINIZIONE CAMPAGNA DI INDAGINE.....	4
4. RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE	7
4.1. Indagini sui muri	7
4.2. Indagini sui solai.....	20
4.3. Riepilogo indagini.....	25
5. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI.....	30
5.1. MURATURA IN MATTONI E MALTA DI CALCE.....	30
5.1.1. Valori da tabella	30
5.1.2. Valutazione prove distruttive su mattoni e prove su malta	32
5.1.3. Valutazione prove martinetti piatti.....	33
5.1.4. Metodo statistico	33
5.1.5. Riassunto	35
5.2. MURATURA IN BLOCCHI IN LATERIZIO	35
5.3. MURATURA IN BLOCCHI IN LATERIZIO DOPPIO UNI.....	37
5.4. CALCESTRUZZO	39
5.5. ACCIAIO DA C.A.	40
6. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI PROGETTO.....	40
6.1. Riconfigurazioni.....	40
6.2. Ristilatura dei giunti	40
6.3. Rinforzo con tecnica dell'intonaco armato CRM.....	40
6.4. Fasce di piano/cordoli in FRCM	41
6.5. Calcestruzzo.....	42
6.6. Acciaio per C.A. e M.A.	42
6.7. Blocchi in laterizio per M.A.....	43
6.8. Malta per M.A.	43
6.9. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI	43



6.10. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE	44
7. VALORI NUMERICI DEL MODELLO DI CALCOLO	46
8. ANALISI GEOLOGICA.....	51
8.1. Risposta sismica locale	52
8.1.1. Dati di output.....	52
9. ALLEGATI	58

2. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Saggio 1 - M1 - muro piano terra	7
Figura 2: saggio 2 - M2 - muro perimetrale PT.....	8
Figura 3: saggio 3 - M3 zona bassa - muro PT	9
Figura 4: saggio 4 - M4 - muro PT.....	9
Figura 5: saggio 6 - M6 – muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio	10
Figura 6: saggio 6 - M6 – muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio	10
Figura 7: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT.....	11
Figura 8: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT - dettaglio.....	11
Figura 9: saggio 8 – M11 - muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio	12
Figura 10: saggio 8 – M11- lato interno - muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio ..	12
Figura 11: saggio 8 – M11- lato esterno - incrocio muro perimetrale con muro confinante edificio esistente	13
Figura 12: saggio 9 – M14 - parte bassa - muro perimetrale piano terra	13
Figura 13: saggio 13 - M7 - muro PP	14
Figura 14: saggio 14 - M8 - muro piano primo	15
Figura 15: saggio M8 - muro PP	15
Figura 16: saggio 15 - M9 - muro perimetrale PP	16
Figura 17: saggio 16 - M10 - muro perimetrale PP	16
Figura 18: saggio 16 - M10 - muro perimetrale PP - dettaglio malta	17
Figura 19: saggio 25 – M13 - muri sottotetto	17
Figura 20 - saggio 25 – M13 - muro sottotetto	18
Figura 21: saggio 28 - M16 - muro seminterrato - zona pavimento	18
Figura 22: saggio 28 - M16 - muro seminterrato (in corrispondenza del soffitto).....	19
Figura 23: saggio 32 - M20 - muro seminterrato (in corrispondenza del pavimento)	19
Figura 24: muro sottotetto in blocchi tipo Doppio UNI.....	20
Figura 25: saggio 10 – S2 - pavimento PT	21
Figura 26: saggio 11 – S6 - pavimento PT	22
Figura 27: saggio 12 – S1 - pavimento PT	23
Figura 28: saggio 21 - S3 - pavimento PP.....	23
Figura 29: saggio 21 - S3 - pavimento PP.....	24
Figura 30: saggio 22 - S4 - pavimento PP.....	24
Figura 31: saggio 26 - S5 - copertura zona sottotetto	25



3. DEFINIZIONE CAMPAGNA DI INDAGINE

Come già indicato nella relazione metodologica (R01) in fase di progetto esecutivo le indagini previste sono state finalizzate al raggiungimento di un livello di conoscenza intermedio in termini di caratteristiche dei materiali.

La posizione delle prove eseguite, di seguito elencate, è indicata nei seguenti elaborati:

“V01 - Rilievo geometrico strutturale – piante PI e PT”

“V02 - Rilievo geometrico strutturale – piante PP e PS”

La seguente tabella riepiloga le indagini eseguite.

N°PROVA	TIPOLOGIA ELEMENTO	CORRISPONDENZA CON ELEMENTO PROGRESSIVO	TIPOLOGIA DI PROVA
1	MURO PIANO TERRA	M1 (LTM_CM_02)	Prova sclerometrica su malta.
2	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M2 (LTM_PM_01) (LTM_CM_01)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta.
3	MURO PIANO TERRA	M3	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.
4	MURO PIANO TERRA	M4	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.
5	MURO PIANO TERRA	M5	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.
6	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M6 (LTM_MP_02)	Prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura.
7	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M12	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a. e prova sclerometrica sulla malta.
8	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M11 (LTM_MP_01)	Saggio esplorativo per la verifica di ammorsamento tra murature adiacenti e prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura.
9	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M_14	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
10	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO)	S2	Esecuzione di saggio esplorativo del pavimento del



	TERRA - in corrispondenza di zona senza interrato)		piano terra per verificare stratigrafia e materiali. Effettuato foro con trapano per verificare la presenza di un eventuale cavedio. Il saggio è da eseguirsi seguendo le tracce della pavimentazione esistente così da ripristinare del pavimento rimosso.
11	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S6	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio. Il saggio è da eseguirsi seguendo le tracce della pavimentazione esistente così da ripristinare del pavimento rimosso.
12	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S1	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio. Il saggio è da eseguirsi seguendo le tracce della pavimentazione esistente così da ripristinare del pavimento rimosso.
13	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M7 (LTM_CM_07)	Prova sclerometrica su malta.
14	MURO PIANO PRIMO	M8	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.
15	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M9 (LTM_PM_04) (LTM_CM_05)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta.
16	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M10 (LTM_PM_03) (LTM_CM_04)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta.
17	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M22 (LTM_CM_06)	Prova sclerometrica su malta.
18	MURO PIANO PRIMO	M23	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
19	MURO PIANO PRIMO	M24	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
20	MURO PIANO PRIMO	M25	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
21	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S3	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. Dimensioni minime del saggio: 15x15cm. Il saggio è da eseguirsi seguendo le tracce della pavimentazione esistente così da ripristinare del pavimento rimosso.
22	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S4	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al



			raggiungimento della soletta collaborante in c.a. Dimensioni minime del saggio: 15x15cm. Il saggio è da eseguirsi seguendo le tracce della pavimentazione esistente così da ripristinare del pavimento rimosso.
23	MURO SOTTOTETTO	M15 (LTM_CM_09)	Prova sclerometrica su malta.
24	MURO SOTTOTETTO	M26 (LTM_CM_08)	Prova sclerometrica su malta.
25	MURO SOTTOTETTO	M13	Saggio esplorativo per la verifica di presenza di cordolo in c.a.
26	SOLAIO 3 (COPERTURA SOTTOTETTO)	S5	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione degli elementi in laterizio per verificare le dimensioni degli elementi portanti.
27	MURO PIANO TERRA	M21	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
28	MURO SEMINTERRATO	M16	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
29	MURO SEMINTERRATO	M17	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
30	MURO SEMINTERRATO	M18	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
31	MURO SEMINTERRATO	M19	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
32	MURO SEMINTERRATO	M20	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
33	MURO SEMINTERRATO	M27	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
34	MURO SEMINTERRATO	M28	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
35	MURO SEMINTERRATO	M29	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
36	MURO SEMINTERRATO	M30	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
37	MURO SEMINTERRATO	M31	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
38	MURO SEMINTERRATO	M32	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
39	MURO SEMINTERRATO	M33	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
40	MURO SEMINTERRATO	M34	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.
41	MURO SEMINTERRATO	M35	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale.



4. RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE

4.1. Indagini sui muri

Si è proceduto all'esecuzione di una serie di saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.

Di seguito si riportano le immagini relative ai saggi eseguiti



Figura 1: Saggio 1 - M1 - muro piano terra



Figura 2: saggio 2 - M2 - muro perimetrale PT



Figura 3: saggio 3 - M3 zona bassa - muro PT



Figura 4: saggio 4 - M4 - muro PT



Figura 5: saggio 6 - M6 – muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio



Figura 6: saggio 6 - M6 – muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio



Figura 7: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT

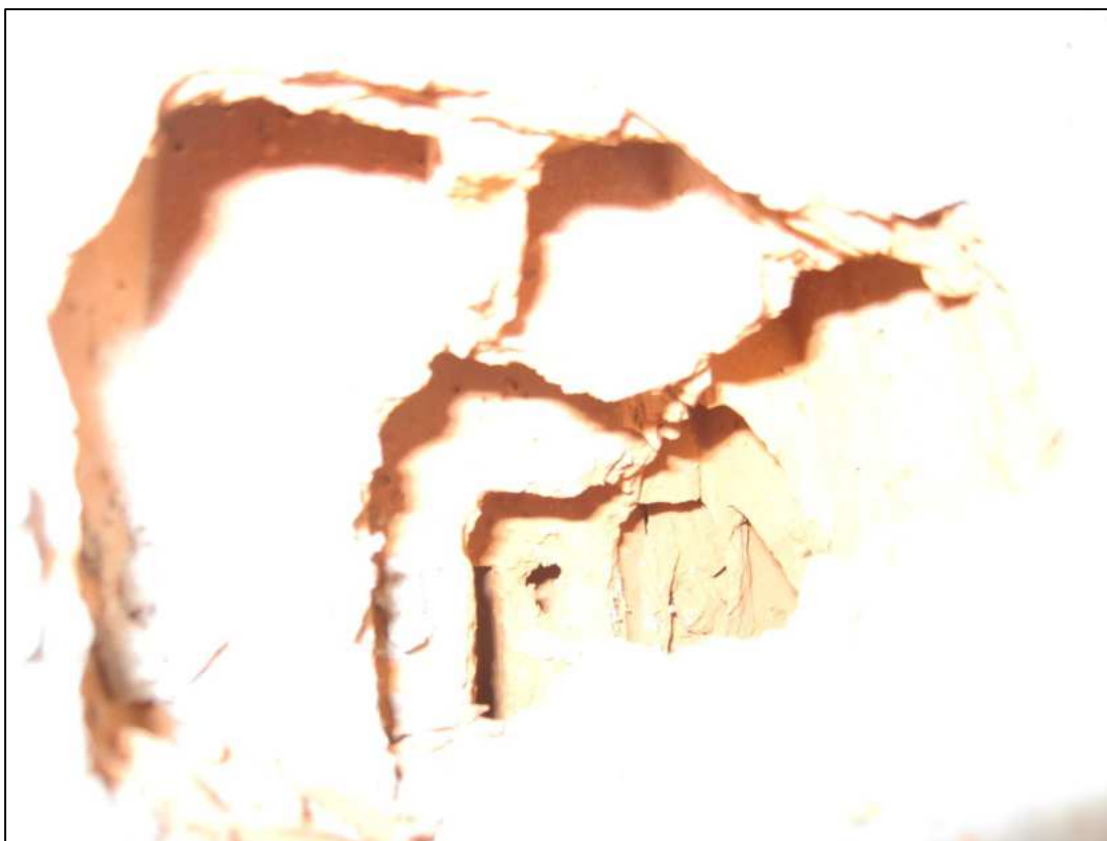


Figura 8: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT - dettaglio



Figura 9: saggio 8 – M11 - muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio



Figura 10: saggio 8 – M11- lato interno - muro perimetrale PT – prova martinetto piatto singolo e doppio



Figura 11: saggio 8 – M11- lato esterno - incrocio muro perimetrale con muro confinante edificio esistente



Figura 12: saggio 9 – M14 - parte bassa - muro perimetrale piano terra



Figura 13: saggio 13 - M7 - muro PP



Figura 14: saggio 14 - M8 - muro piano primo



Figura 15: saggio M8 - muro PP



Figura 16: saggio 15 - M9 - muro perimetrale PP



Figura 17: saggio 16 - M10 - muro perimetrale PP



Figura 18: saggio 16 - M10 - muro perimetrale PP - dettaglio malta



Figura 19: saggio 25 – M13 - muri sottotetto



Figura 20 - saggio 25 – M13 - muro sottotetto



Figura 21: saggio 28 - M16 - muro seminterrato - zona pavimento



Figura 22: saggio 28 - M16 - muro seminterrato (in corrispondenza del soffitto)



Figura 23: saggio 32 - M20 - muro seminterrato (in corrispondenza del pavimento)



Relativamente ai muri del blocco centrale del sottotetto, non essendo intonacati è stato possibile da un esame visivo riscontrare che sono formati da blocchi tipo doppio UNI e malta. Sono inoltre state eseguite prove sclerometriche sulla malta per definirne la resistenza.

Si riporta un'immagine relativa alle murature del sottotetto.

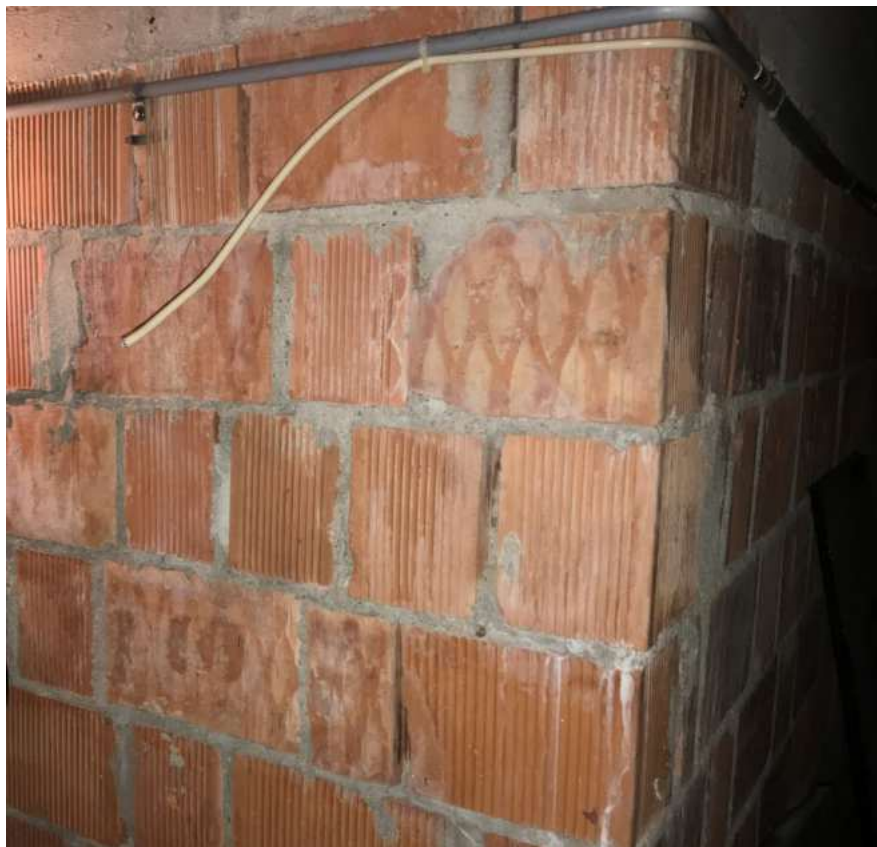


Figura 24: muro sottotetto in blocchi tipo Doppio UNI

4.2. Indagini sui solai

Si è proceduto all'esecuzione di una serie di saggi esplorativi del solaio per verificare la presenza della soletta collaborante nei solai in laterocemento e per determinare le sezioni degli elementi portanti della copertura.

Il controllo è avvenuto con rimozione del pavimento e del sottofondo fino al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. e il numero di saggi realizzati per ogni piano è indicato nella tabella riassuntiva riportata al capitolo precedente della presente relazione.



Figura 25: saggio 10 – S2 - pavimento PT



Figura 26: saggio 11 – S6 - pavimento PT



Figura 27: saggio 12 – S1 - pavimento PT



Figura 28: saggio 21 - S3 - pavimento PP



Figura 29: saggio 21 - S3 - pavimento PP



Figura 30: saggio 22 - S4 - pavimento PP

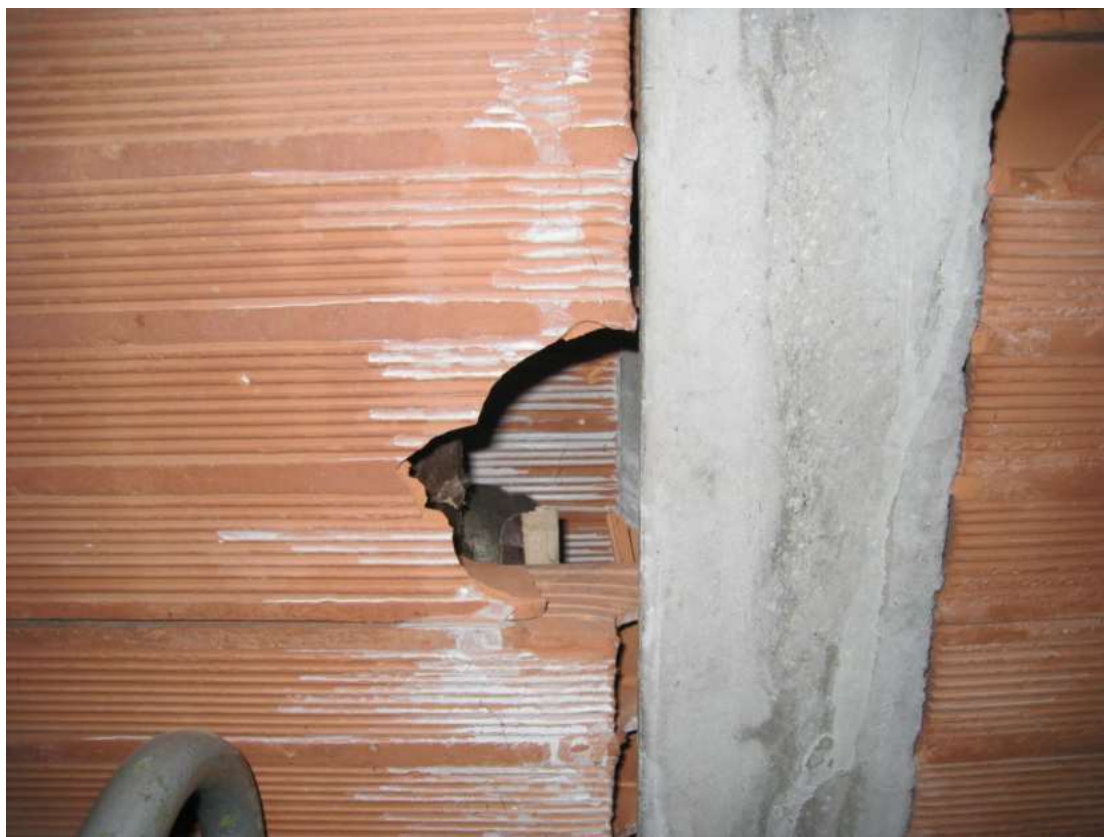


Figura 31: saggio 26 - S5 - copertura zona sottotetto

4.3. Riepilogo indagini

In questo paragrafo sono riepilogate le informazioni ricavate dai saggi esplorativi realizzati, le cui immagini sono riportate nel paragrafo precedente.

N°PROVA	TIPOLOGIA ELEMENTO	CORRISPONDENZA CON ELEMENTO PROGRESSIVO	ESITO DELLA PROVA
1	MURO PIANO TERRA	M1 (LTM_CM_02)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
2	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M2 (LTM_PM_01) (LTM_CM_01)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
3	MURO PIANO TERRA	M3	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a. Fino alla quota del pavimento della biblioteca il muro è in c.a. (primi 105 cm dal pavimento della sala civica). La parte alta è realizzata con blocco Poroton.
4	MURO PIANO TERRA	M4	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed



			<p>efficacia del collegamento alle porzioni in c.a.</p> <p>La muratura riscontrata è in blocchi in laterizio.</p>
5	MURO PIANO TERRA	M5	<p>Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale. È stato riscontrato un rivestimento in blocco in laterizio Doppio Uni e muratura in pietra.</p>
6	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M6 (LTM_MP_02)	<p>Prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di LTM srl allegato.</p>
7	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M12 (LTM_CM_03)	<p>Eseguito un saggio esplorativo sulla porzione esterna di un muro ad angolo e prova sclerometrica su malta.</p> <p>Il muro è intonacato esteriormente ed è realizzato con blocchi in laterizio di dimensioni 25x25cm.</p> <p>I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.</p>
8	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M11 (LTM_MP_01)	<p>Saggio esplorativo per la verifica di ammorsamento tra murature adiacenti.</p> <p>I muri sono accostati senza ammorsamento.</p> <p>Prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.</p>
9	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M14	<p>Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio. Sono state riscontrate due diverse stratigrafie, una sotto la quota del pavimento della biblioteca e una sopra.</p> <p>La stratigrafia riscontrata nella parte alta è 2 cm di intonaco, blocco doppio UNI spessore 12 cm, 4 cm di cemento, mattone pieno. Nella parte bassa è stata riscontrata una stratigrafia composta da 2 cm di intonaco, blocco doppio UNI spessore 12 cm, 3 cm di intercapedine, muro in sasso.</p>
10	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA - in corrispondenza di zona senza interrato)	S2	<p>Esecuzione di saggio esplorativo su pavimento del piano terra. La stratigrafia riscontrata è costituita da 2 cm di pavimento, 6 cm di sottofondo sabbia-cemento, 17-19 cm di calcestruzzo e 20 cm di ghiaiotto sciolto. Nella porzione di calcestruzzo del saggio non era presente armatura. Non è presente nessun cavedio.</p>
11	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S6	<p>Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio.</p> <p>La cappa è stata rintracciata ad una profondità di 11 cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 9 cm di sottofondo in malta cementizia. La cappa è di spessore circa 4 cm, nel saggio effettuato non è stata riscontrata armatura nella cappa.</p>
12	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S1	<p>Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio.</p> <p>La cappa è stata rintracciata ad una profondità di 11 cm dal</p>



			pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 9 cm di sottofondo in malta cementizia. La cappa è di spessore circa 4 cm.
13	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M7 (LTM_CM_07)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
14	MURO PIANO PRIMO	M8	Eseguito un saggio esplorativo sulla porzione di un muro di spina al piano primo. Il muro è intonacato internamente ed è realizzato con mattoni pieni in laterizio e malta scarsa.
15	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M9 (LTM_PM_04) (LTM_CM_05)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
16	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M10 (LTM_PM_03) (LTM_CM_04)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
17	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M22 (LTM_CM_06)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
18	MURO PIANO PRIMO	M23	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da: 1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
19	MURO PIANO PRIMO	M24	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da: 1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
20	MURO PIANO PRIMO	M25	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da: 1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
21	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S3	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. La soletta è stata rintracciata ad una profondità di 9cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 7 cm di massetto.
22	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S4	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. La soletta è stata rintracciata ad una profondità di 10 cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 8 cm di massetto.
23	MURO SOTTOTETTO	M15 (LTM_CM_09)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
24	MURO SOTTOTETTO	M26	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel



		(LTM_CM_08)	rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione. Resistenza stimata malta 4,7 N/mm ²
25	MURO SOTTOTETTO	M13	Saggio esplorativo per la verifica della presenza di cordolo in c.a., che è stato riscontrato. Sono stato riscontrati mattoni pieni per un'altezza di 15-20 cm, superiormente è presente un cordolo di spessore 20 cm.
26	SOLAIO 3 (COPERTURA SOTTOTETTO)	S5	Esecuzione di saggio esplorativo con rimozione di una porzione di tavellone in laterizio inferiore. Queste presentano uno spessore di 6cm. Gli elementi portanti sono travetti prefabbricati in c.a. ed è presente uno strato superiore di tavelloni il cui spessore si ipotizza sia sempre pari a 6cm. L'intercapedine tra tavelloni è riempita con isolante in lana di roccia di spessore 14 cm.
27	MURO PIANO TERRA	M21	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
28	MURO SEMINTERRATO	M16	Eseguiti 2 saggi, nelle zone a ridosso del pavimento e del soffitto. Il muro ispezionato è in calcestruzzo. Data l'indagine visiva non si hanno a disposizione informazioni sui ferri d'armatura
29	MURO SEMINTERRATO	M17	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo.
30	MURO SEMINTERRATO	M18	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo.
31	MURO SEMINTERRATO	M19	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in calcestruzzo. Il muro è composto da due strati esterni in calcestruzzo e uno interno in pietra.
32	MURO SEMINTERRATO	M20	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo, non è stato definito lo spessore.
33	MURO SEMINTERRATO	M27	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
34	MURO SEMINTERRATO	M28	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
35	MURO SEMINTERRATO	M29	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in blocchi in laterizio Doppio UNI
36	MURO SEMINTERRATO	M30	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in blocchi in laterizio Doppio UNI
37	MURO SEMINTERRATO	M31	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
38	MURO SEMINTERRATO	M32	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in calcestruzzo. Il muro è composto da due strati esterni in calcestruzzo e uno interno in pietra.
39	MURO SEMINTERRATO	M33	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in



			calcestruzzo.
40	MURO SEMINTERRATO	M34	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
41	MURO SEMINTERRATO	M35	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.



5. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI ESISTENTI

Nel presente capitolo si procede alla valutazione delle caratteristiche dei materiali esistenti.

Come spiegato nel documento "R01 - Relazione tecnica generale" considerando la documentazione bibliografica acquisita e confermata sulla base del sopralluogo eseguito e considerando le indagini e le prove estese effettuate, si può considerare un livello di conoscenza LC2; a tale livello di conoscenza compete un determinato fattore di confidenza, denominato FC, il cui valore è $FC = 1,2$.

5.1. MURATURA IN MATTONI E MALTA DI CALCE

Per la determinazione dei valori di riferimento della muratura, si è partiti dai risultati ottenuti utilizzando tre diverse metodologie. Di seguito saranno riportati i tre metodi utilizzati per definire i valori di riferimento della muratura in *mattoni pieni e malta di calce*.

5.1.1. Valori da tabella

In questo caso i valori di riferimento sono assunti seguendo le indicazioni riportate nella tabella C8.5.I della circolare n. 7/2019.

Nel seguito si riportano gli stralci normativi relativi alla caratterizzazione delle murature, con riferimento alla muratura in esame.

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Figura 1: riferimento normativo - Tab. C8.5.I Circ. 7/2019

Come indicato al par. C8.5.4.1 delle NTC2018 i valori medi dei parametri meccanici delle murature presenti nelle tabelle sono assunti nel seguente modo per il livello di conoscenza LC2:

- Resistenze valori medi degli intervalli
- Moduli elastici valori medi degli intervalli

C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

Nel caso in cui la muratura in esame possa essere ricondotta alle tipologie murarie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, i valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche possono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

LC1: -Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.
- Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC2: - Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I
-Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC3: -I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro X , una stima dei parametri μ' e σ' della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$
$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero n di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

dove \bar{X} è la media delle n prove dirette e κ è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza σ'^2 della distribuzione a-priori.

Figura 2: riferimento normativo determinazione parametri muratura (C8.5.4.1 Circ. 7/2019)

Si riportano i valori medi dei parametri della muratura:

N°	TIPOLOGIA ELEMENTO	f_m (MPa)	τ_0 (MPa)	f_{v0} (MPa)	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mc)
2	Muro in mattoni pieni e malta di calce	3.45	0.09	0.20	1500	500	1800

Tabella 1: parametri murature

Con:

- f_m : resistenza media a compressione;
- f_{v0m} : resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali;
- τ_{0m} : resistenza a taglio per fessurazione diagonale;
- E: modulo elastico di Young;
- G: modulo elastico tangenziale;
- γ : peso specifico del materiale;



5.1.2. Valutazione prove distruttive su mattoni e prove su malta

Di seguito vengono riportati i risultati derivanti dalla prova di compressione su mattone pieno in laterizio.

5.3 Prova di compressione su mattone pieno in laterizio- UNI EN 772/1

TABELLA 1 (carico applicato parallelamente alla direzione di posa)						
Punto prelievo campione	Dimensioni faccia caricata (mm)		Altezza provino (mm)	Massa volumica lorda (kg/m³)	Carico di rottura(N)	Resistenza a compressione del singolo elemento(N/mm²)
M1-Mattone pieno muratura perimetrale P.terra (lato lungo ovest)	122	121	55	1673	420900	28,5
M3-Mattone pieno muratura perimetrale 1°P. (lato lungo ovest)	81	129	54	1547	222900	21,3
M4-Mattone pieno muratura perimetrale 1°P. (lato corto sud)	133	124	47	1726	495100	30,0

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica "CONTROLS" da 3000 kN – mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 19/05/22

La media dei tre valori di resistenza a compressione del singolo elemento risulta:

$$f_{m,blocco} = 26,6 \text{ N/mm}^2$$

Dalla media delle indagini sclerometriche effettuate sulla malta si ottiene una resistenza di 1,40 N/mm².

$$f_{malta} = \frac{1,4 + 1,4 + 1,4 + 1,4}{4} = 1,4 \text{ N/mm}^2$$

Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm²)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	–

Considerando un valore di resistenza del blocco di 26,60 N/mm² e interpolando i valori della tabella 11.10.VI delle NTC 2018, si otterrebbero le seguenti resistenze:

$$f(M5) = \sim 7,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f(M2,5) = \sim 6,65 \text{ N/mm}^2$$

Essendo la malta di resistenza inferiore rispetto ai valori presentati in tabella, dovrebbe essere effettuata un'estrapolazione lineare per determinare il valore di resistenza della muratura. Non è ammessa l'estrapolazione per la determinazione dei valori, tuttavia effettuando un'estrapolazione si otterrebbe un valore di resistenza pari a:



$$\frac{7,8 - 6,65}{5 - 2,5} = \frac{6,65 - x}{2,5 - 1,4}$$
$$x \cong 6,14 \text{ N/mm}^2$$

Il valore che si otterrebbe risulterebbe troppo elevato rispetto al valore ottenuto in forma tabellare. Questa metodologia è stata dunque scartata.

5.1.3. Valutazione prove martinetti piatti

Come esplicitato nei capitoli precedenti, sono state effettuate delle prove con martinetti piatti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura dei mattoni pieni in laterizio.

I saggi in cui vengono utilizzati i martinetti piatti sono il saggio n° 6 (M6) e il saggio n° 8 (M11).

I risultati delle prove sono riportati nel Rapporto di prova 1126B/2022 di "L.T.M. Laboratorio Tecnologico Mantovano s.r.l." allegato alla seguente relazione.

Di seguito sono riportati i valori di resistenza ottenuti dalle due prove:

$$f_{MP01}=3,230 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{MP02}=2,892 \text{ N/mm}^2$$

La media dei valori di resistenza è data da: $(3,23+2,829)/2$

$$\mathbf{f=3,03 \text{ N/mm}^2}$$

Di seguito sono riportati i valori dei moduli elastici ottenuti dalle due prove:

$$E_{MP01}=17396 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{MP02}=19257 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{media}=18326,5 \text{ daN/cm}^2$$

$$\mathbf{E_{media}=1832,65 \text{ N/mm}^2}$$

5.1.4. Metodo statistico

In questo caso i valori di riferimento sono assunti seguendo le indicazioni riportate al paragrafo C8.5.4.1 della circolare n. 7/2019 in merito al livello di conoscenza LC3.

Nel seguito si riportano gli stralci normativi relativi alla definizione dei parametri, con riferimento alle prove effettuate.



C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

Nel caso in cui la muratura in esame possa essere ricondotta alle tipologie murarie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, i valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche possono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

LC1: -Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

- Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC2: - Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I

-Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC3: -I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro X , una stima dei parametri μ' e σ' della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$

$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero n di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

dove \bar{X} è la media delle n prove dirette e κ è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza σ'^2 della distribuzione a-priori.

Tabella C.8.5.III -Valori del coefficiente κ suggeriti per l'aggiornamento del valore medio dei parametri meccanici, secondo l'equazione [C8.5.4.3], con riferimento ai più diffusi metodi di indagine diretta sulle proprietà meccaniche della muratura.

Metodo di prova	Parametro	κ
Prova di compressione diretta (su una porzione di parete muraria)	E	1,5
	f	1
Martinetto piatto doppio	E	1,5
	f (*)	2 (*)
Prova di compressione e taglio (su un pannello isolato nella parete muraria) – prova tipo Sheppard	G	1,5
	$\tau_0 - f_{v0}$	1
Prova di compressione diagonale	G	1,5
	τ_0	1
Prova di taglio diretto sul giunto	f_{v0}	2
Prove in laboratorio sui costituenti (**)	f_b, f_m, f_g	2

(*) La prova con il martinetto piatto doppio consente di ottenere una misura del modulo elastico E della muratura, molto più raramente di misurarne direttamente la resistenza a compressione. Il coefficiente in tabella è quello suggerito quando nella prova viene misurata direttamente la resistenza a compressione. Ricordando che esiste una correlazione empirica approssimata di proporzionalità tra modulo E e la resistenza media a compressione della muratura (desumibile dagli intervalli di variazione dei due parametri nella tabella C.8.5.I) il modulo E ottenuto dalla prova con martinetto piatto può fornire una stima indiretta di f utilizzabile nell'equazione [C8.5.4.3] purché si adotti un valore di τ almeno pari a 3.

Resistenza muratura:

$$\mu' = \frac{1}{2}(2,6 + 4,3) = 3,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu'' = \frac{2 \cdot 3,03 + 2 \cdot 3,45}{2 + 2} = 3,24 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$\mu' = \frac{1}{2}(1200 + 1800) = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu'' = \frac{2 \cdot 1833 + 1,5 \cdot 1500}{2 + 1,5} = 1690 \text{ N/mm}^2$$



5.1.5. Riassunto

Di seguito vengono riportati i valori medi di resistenza e i valori di modulo elastico, ottenuti con le diverse metodologie precedentemente esplicitate.

5.1.5.1. Metodo 1: valori da tabella

In questo caso, coerentemente con le scelte dei valori tabellari, si considera un livello di conoscenza LC2.

LC2; F.C.=1,2; $\gamma_M=2$ (sismico)

$$f_m = \frac{3,45}{2 \cdot 1,2} = 1,4375 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 1500 \text{ N/mm}^2$$

5.1.5.2. Metodo 3: valutazione prove martinetti piatti

In questo caso, partendo da prove dirette sui materiali, si considera un livello di conoscenza LC3.

LC3; F.C.=1; $\gamma_M=2$ (sismico)

$$f_m = \frac{3,03}{2 \cdot 1} = 1,515 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 1833 \text{ N/mm}^2$$

5.1.5.3. Metodo 4: metodo statistico

In questo caso, partendo da prove dirette sui materiali, si considera un livello di conoscenza LC3.

LC3; F.C.=1; $\gamma_M=2$ (sismico)

$$f_m = \frac{3,24}{2 \cdot 1} = 1,62 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 1690 \text{ N/mm}^2$$

5.1.5.4. Valori assunti

Si ritiene di assumere per la muratura in mattoni pieni e malta di calce, i seguenti parametri di base:

- $f = 3,03 \text{ N/mm}^2$ dalla media delle prove, considerando il valore più cautelativo (metodo 3)
- $\tau_0 = 0,09 \text{ N/mm}^2$ da valori tabellari (metodo 1)
- $f_{v0} = 0,09 \text{ N/mm}^2$ da valori tabellari risulta 0,20 ma cautelativamente è stato assunto 0,09 (metodo 1)
- $E = 1800 \text{ N/mm}^2$ dalla media delle prove (metodo 3)
- $G = 600 \text{ N/mm}^2$ ($\nu = 0,333$)
- $w_{media} = 1900 \text{ daN/mc}$ calcolata partendo dai risultati delle prove di laboratorio

5.2. MURATURA IN BLOCCHI IN LATERIZIO

Per quanto riguarda la muratura in blocchi in laterizio, per determinare i valori di riferimento si è partiti dalla tabella 11.10.VI delle NTC 2018.



Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	—

La resistenza della malta è stata ottenuta come media dei risultati delle prove sclerometriche.

$$R_{MALTA} = \frac{10,5 + 8,0 + 4,7 + 6,7}{4} = 7,5 \text{ N/mm}^2$$

A favore di sicurezza è stata considerata una malta equivalente a M5.

Il blocco può assumersi equivalente a un moderno blocco Poroton, cautelativamente viene considerato $f_{bk}=10 \text{ N/mm}^2$.

Tab. 11.10.VIII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)

Elementi per muratura	f_{vk0} (N/mm^2)		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 3 \text{ mm}$)	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20 0,30	0,30*	0,15
	M2,5 - M9 0,20		
	M1 - M2 0,10		
Silicato di calcio	M10 - M20 0,20	0,20**	0,15
	M2,5 - M9 0,15		
	M1 - M2 0,10		
Calcestruzzo vibrocompresso	M10 - M20 0,20	0,20**	0,15
Calcestruzzo areato autoclavato	M2,5 - M9 0,15		
Pietra artificiale e pietra naturale a massello	M1 - M2 0,10		

* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 5,0 \text{ N/mm}^2$

** valore valido per malte di classe M5 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$

Si possono quindi assumere i seguenti parametri:

- $F_k=4,7 \text{ MPa}$
- $F_{hk}=50\%F_k=2,35 \text{ MPa}$
- $F_{vk,0}=0,20 \text{ MPa}$
- $F_{v,0hk}=0,20 \text{ MPa}$
- $\tau_0 = 0,20 \text{ N/mm}^2$
- $F_{vlimk} = 0,065 f_b$ (resistenza blocchi verticale) = $0,65 \text{ MPa}$
- Modulo $E = 1000 f_k = 4700 \text{ MPa}$



- Modulo G = 0.4E = 1880 MPa

5.3. MURATURA IN BLOCCHI IN LATERIZIO DOPPIO UNI

Per quanto riguarda la muratura in blocchi in laterizio, per determinare i valori di riferimento si è partiti dalla tabella 11.10.VI delle NTC 2018.

Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	—

La resistenza della malta è stata ottenuta come media dei risultati delle prove sclerometriche.

$$R_{MALTA} = \frac{10,5 + 8,0 + 4,7 + 6,7}{4} = 7,5 \text{ N/mm}^2$$

A favore di sicurezza è stata considerata una malta equivalente a M5.

Il blocco può assumersi equivalente a un moderno blocco Doppio UNI, cautelativamente viene considerato $f_{bk}=15 \text{ N/mm}^2$.

Tab. 11.10.VIII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)

Elementi per muratura	f_{vk0} (N/mm^2)		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 3 \text{ mm}$)	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20 0,30	0,30*	0,15
	M2,5 - M9 0,20		
	M1 - M2 0,10		
Silicato di calcio	M10 - M20 0,20	0,20**	0,15
	M2,5 - M9 0,15		
	M1 - M2 0,10		
Calcestruzzo vibrocompresso	M10 - M20 0,20	0,20**	0,15
Calcestruzzo areato autoclavato	M2,5 - M9 0,15		
Pietra artificiale e pietra naturale a massello	M1 - M2 0,10		

* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 5.0 \text{ N/mm}^2$

** valore valido per malte di classe M5 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 3.0 \text{ N/mm}^2$

Partendo dalle tabelle soprastanti, si ottengono i seguenti parametri:



- $F_k=6,0$ MPa
- $F_{hk}=50\%F_k=3,0$ MPa
- $F_{vk,0}=0,20$ MPa
- $F_{v,0hk}=0,20$ MPa
- $\tau_0 = 0,20$ N/mm²
- $F_{vlimk} = 0.065 f_b$ (resistenza blocchi verticale) = 0.975 MPa
- Modulo E = 1000 f_k = 6000 MPa
- Modulo G = 0.4E = 2400 MPa

Cautelativamente è stato deciso di assumere i valori minimi di riferimento seguendo le indicazioni riportate nella tabella C8.5.I della circolare n. 7/2019.

Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

A favore di sicurezza sono stati assunti i valori minimi delle resistenze e la media dei valori dei moduli elastici:

- $F_k=5,0$ MPa
- $F_{hk}=50\%F_k=2,5$ MPa
- $F_{vk,0}=0,20$ MPa
- $F_{v,0hk}=0,20$ MPa
- $\tau_0 = 0,08$ N/mm²
- $F_{vlimk} = 0.065 f_b$ (resistenza blocchi verticale) = 0.65 MPa
- Modulo E = 4550 MPa



- Modulo $G = 1137,5 \text{ MPa}$

Per questa tipologia di materiale è stato assunto cautelativamente un livello di conoscenza LC1, a cui corrisponde un fattore di confidenza $FC = 1,35$.

5.4. CALCESTRUZZO

Per la determinazione della classe di resistenza del calcestruzzo si è partiti dai risultati ottenuti delle prove sclerometriche. Da tali prove è stato possibile assumere un calcestruzzo classificato $R_{ck}250$ per le strutture in elevazione.

I parametri di calcolo medi assunti per le analisi numeriche seguenti, relativamente al calcestruzzo, sono i seguenti:

CALCESTRUZZO IN SITO

Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck} = 25 \text{ MPa}$

I vari parametri di calcolo sono i seguenti:

R_{ck}	25.00	[N/mm ²]
f_{ck}	20.75	[N/mm ²]
f_{cd}	11.76	[N/mm ²]
σ_c	12.45	[N/mm ²]
f_{ctm}	2.27	[N/mm ²]
f_{ctf}	2.72	[N/mm ²]
f_{ctk}	1.59	[N/mm ²]
$f_{bd \text{ ader}}$	2.38	[N/mm ²]
f_{ctd}	1.06	[N/mm ²]
σ_c	12.45	[N/mm ²]
σ_c	9.34	[N/mm ²]
f_{cm}	28.75	[N/mm ²]
E	30200.49	[N/mm ²]

I dati di interesse sono la resistenza a compressione, il modulo elastico ed il valore medio della resistenza a trazione per flessione, tenendo conto di avere raggiunto un livello di conoscenza basso, LC1, cui compete l'assunzione di un fattore di confidenza pari a $FC=1.35$.



5.5. ACCIAIO DA C.A.

Per quanto riguarda l'acciaio da c.a. non è stato ritenuto significativo effettuare delle prove sul materiale, i dati a disposizione sono dunque le informazioni ricavabili dagli Stati di avanzamento lavori dei progetti esistenti.

Si ipotizza la seguente classificazione dei ferri:

- | | |
|----------------------------|----------------|
| • Strutture di fondazione: | Acciaio FeB32k |
| • Struttura del sovralzo: | Acciaio FeB44k |

Per l'acciaio da c.a. si assume un livello di conoscenza intermedio, pari a LC1, cui compete un fattore di confidenza pari a $FC=1.35$.

6. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI PROGETTO

Nel presente capitolo sono elencati i materiali da utilizzare per la realizzazione degli interventi esposti nella relazione *"R01_Relazione tecnica generale"*.

6.1. Riconfigurazioni

Per realizzare le nuove pareti ammorsate alle pareti esistenti, utilizzare i medesimi materiali delle pareti esistenti, quindi i materiali riportati nel capitolo precedente. Nel modello di calcolo le porzioni di muratura riconfigurata sono state considerate con gli stessi parametri della muratura esistente.

6.2. Ristilatura dei giunti

- Malta di classe minima M10

6.3. Rinforzo con tecnica dell'intonaco armato CRM

- Rete in fibra di vetro alcali resistente
 - Resistenza a trazione media (trama) ≥ 921 MPa
 - Resistenza a trazione caratteristica (trama) ≥ 822 MPa
 - Modulo elastico medio (trama) $\geq 51,37$ GPa
 - Deformazione a rottura, valore medio (trama) $\geq 1,83\%$
- Bio-malta fibrorinforzata strutturale a base di calce idraulica naturale NHL 3,5
 - Resistenza a compressione (28 gg) ≥ 10 MPa
 - Resistenza a flessione (28 gg) ≥ 3 MPa



- Modulo elastico, valore medio (28 gg) ≥ 7 GPa
- Percentuale in peso delle componenti organiche $\leq 10\%$

Nel modello di calcolo è stato considerato l'intervento di rinforzo con intonaco armato tenendo conto di un coefficiente migliorativo da applicare ai parametri della muratura esistente, come indicato nella tabella C.8.5.II della Circ. 7/2019 in riferimento alle NTC2018.

Tabella C8.5.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove sismiche o similari).

(**) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(***) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione f_m superiore a 2 N/mm^2 . In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a $f_m^{0,35}$ (f_m in N/mm^2).

(****) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

Avendo condotto delle analisi di tipo non lineare, tale semplificazione è apparsa come la migliore per cogliere il miglioramento delle caratteristiche di resistenza dei muri e delle fasce consolidate.

6.4. Fasce di piano/cordoli in FRCC

- Tessuto in acciaio inox
 - Spessore equivalente del tessuto $\geq 0,091$ mm
 - Modulo elastico medio $\geq 228,52$ GPa
 - Deformazione ultima media $\geq 0,76\%$
- Malta a base di calce idraulica
 - Resistenza a compressione caratteristica > 15 MPa
 - Percentuale in peso delle componenti organiche $\leq 10\%$

Caratteristiche del sistema composito su supporto in laterizio

- Spessore nominale ≥ 10 mm
- Deformazione limite convenzionale $\geq 0,76$ %



6.5. Calcestruzzo

- **Calcestruzzo strutture di fondazione:**

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di esposizione XC2;

Resistenza a compressione (cilindrica)→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione →	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. QP)→	$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.21 \text{ N/mm}^2$

- **Calcestruzzo strutture di elevazione:**

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di esposizione XC1;

Resistenza a compressione (cilindrica)→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione →	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. QP)→	$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.21 \text{ N/mm}^2$

6.6. Acciaio per C.A. e M.A.

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1.15 \leq R_m/R_e \leq 1.35$
Rapporto f_y misurato/ f_y nom	≤ 1.25

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$



6.7. Blocchi in laterizio per M.A.

- Blocchi in laterizio per strutture di elevazione in muratura armata:
 - resistenza del blocco caratteristica verticale 15 MPa
 - resistenza del blocco caratteristica orizzontale 4 MPa
 - percentuale di foratura < 45%

6.8. Malta per M.A.

- Malta per muratura armata:
 - resistenza a compressione a 28 gg >10 MPa
 - modulo elastico a 28 gg 9000 MPa
 - classe (secondo UNI EN 998-2) M10

6.9. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
Elevazione CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC1

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1 , XC2 , XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III: Descrizione delle condizioni ambientali

Le fondazioni e l'elevazione dell'opera si trovano in condizioni ambientali Ordinarie.

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁



c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.IV: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

In grigio chiaro sono indicate gli stati limite di fessurazione da utilizzare per le verifiche delle fondazioni.

6.10. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

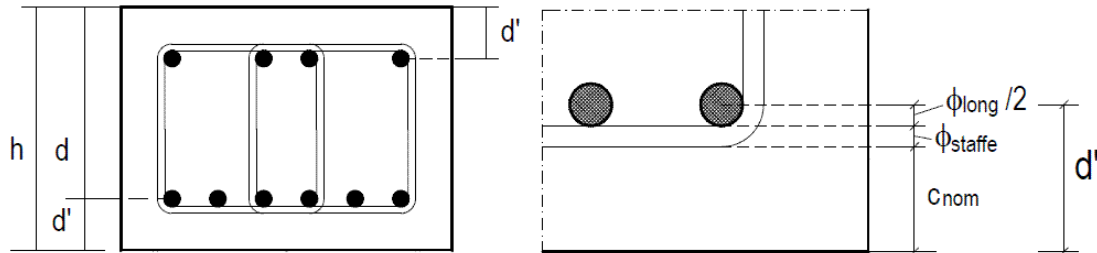
Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

Classe di esposizione ambientale	Copriferro $c_{min,dur}$ [mm]							
	15	25	30	35	40	45	50	55
XC1	C25/30, 0.60, 300							
XC2	C25/30, 0.60, 300							
XC3	C28/35, 0.55, 320							
XC4	C32/40, 0.50, 340							
XD1	C28/35, 0.55, 320							
XD2	C35/45, 0.45, 360							
XD3	C35/45, 0.45, 360							
XS1	C28/35, 0.55, 320							
XS2	C35/45, 0.45, 360							
XS3	C35/45, 0.45, 360							
XF1	C28/35, 0.50, 320							
XF2 – XF3	C25/30, 0.50, 340							
XF4	C28/35, 0.45, 360							
XA1	C28/35, 0.55, 320							
XA2	C32/40, 0.50, 340							
XA3	C35/45, 0.45, 360							



$$c_{nom} = \max (c_{min,b}, c_{min,dur}) + 10 \text{ (mm)} \geq 20 \text{ mm}$$

$c_{min,b} = \phi \sqrt{n_b}$ n_b numero di barre di un eventuale gruppo di barre; per barra singola $n_b = 1$.



Altezze d e d'

Prescrizioni esecutive	
Travi e solai	
Staffe chiuse con gancio antisismico a 45° lungo 10Ø	
Estendere rete sopra travi e cordoli	
Sovrapporre ferri dove non indicato per 1m	
Nella sovrapposizione tenere distanti i ferri 2 cm	
Distanziatori in plastica h=2 cm	
<p>N.B.: Ogni variante che si renda necessaria, da esigenze di cantiere, deve essere prima autorizzata dalla Direzione Lavori</p>	

- Sovrapporre i ferri nelle riprese per almeno 60 diametri ;
- Impiegare distanziatori in plastica o pasta di cemento per garantire un copriferro (misurato dall'esterno ferro e non dal baricentro ferro) di almeno cm 2,5 per le travi e cm 3 per i pilastri (a meno di prescrizioni superiori per esigenze di REI) ;
- Estendere la rete nella soletta dei solai fino all'esterno cordolo o travi ;
- Sovrapporre le reti di cui sopra per almeno cm 20 ;
- Ancorare i ferri aggiuntivi superiori dei solai all'esterno delle travi di bordo, curando di tenere il baricentro a circa 2.5 cm dal filo superiore del getto della caldana del solaio ;
- Nella giunzione per sovrapposizione dei ferri, non legare i due ferri fra loro, ma tenerli distanziati di almeno cm 2 (interferro).



7. VALORI NUMERICI DEL MODELLO DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizzato consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ν
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficiente di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	c.a.	Resistenza Rc	resistenza a compressione cubica
		Resistenza fctm	resistenza media a trazione semplice
		Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da



utilizzare nello stress block		
2	acciaio	Tensione ft Valore della tensione di rottura Tensione fy Valore della tensione di snervamento Resistenza fd Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 Resistenza fd (>40) Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm Tensione ammissibile Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 Tensione ammissibile(>40) Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura	Muratura consolidata Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo" Incremento resistenza Incremento conseguito in termini di resistenza Incremento rigidezza Incremento conseguito in termini di rigidezza Resistenza f Valore della resistenza a compressione Resistenza fv0 Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali Resistenza fh Valore della resistenza a compressione orizzontale Resistenza fb Valore della resistenza a compressione dei blocchi Resistenza fbh Valore della resistenza a compressione dei blocchi in direzione orizzontale Resistenza fv0h Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi Resistenza ft Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale Resistenza fvlm Valore della massima resistenza a taglio Resistenza fbt Valore della resistenza a trazione dei blocchi Coefficiente mu Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio (tipicamente 0.4) Coefficiente fi Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio Coefficiente ksb Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
4	legno	E0,05 Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5% Resistenza fc0 Valore della resistenza a compressione parallela Resistenza ft0 Valore della resistenza a trazione parallela Resistenza fm Valore della resistenza a flessione Resistenza fv Valore della resistenza a taglio Resist. ft0k Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione Resist. fmk Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione Resist. fvk Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio Modulo E0,05 Modulo elastico parallelo caratteristico Lamellare lamellare o massiccio

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP)

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
1	Calcestruzzo Classe C25/30 < MATERIALE NUOVO >			3.145e+05	0.20	1.310e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	300.0	396.4						



Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
	Resistenza fctm		25.6						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
2	Calcestruzzo Classe C20/25-Calcestruzzo Classe C20/25 < MATERIALE ESISTENTE >			3.020e+05	0.20	1.258e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.35
	Fattore di confidenza FC a								1.35
	Resistenza Rc	153.6	250.0						
	Resistenza fctm		22.6						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
11	Acciaio Fe360 - S235-acciaio Fe360-S235 < MATERIALE ESISTENTE >			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.20e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.35
	Tensione ft	3420.0	3600.0						
	Tensione fy	2232.5	2350.0						
	Resistenza fd	2350.0							
	Resistenza fd (>40)	2100.0							
	Tensione ammissibile	1600.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1400.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
22	Danesi - Poroton P800 MA 40.19.25 (30.19.21 - 25.19.25) e malta di classe M10-muratura E = 5.860e+04-muratura E = 5.860e+04 < MATERIALE NUOVO >			5.860e+04	0.0	2.344e+04	9.00e-04	1.00e-05	
	Resistenza f	58.6	73.2						
	Resistenza fh	29.3	36.6						
	Resistenza fv0	3.0	4.3						
	Resistenza fv0h	3.0	4.3						
	Resistenza tau0	1.5	2.1						
	Resistenza fvlim	7.8	11.1						
	Resistenza fb	120.0	150.0						
	Resistenza fbh	24.0	30.0						
	Resistenza fbt	10.0	12.5						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								0.50
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.50
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
99	Muratura in blocchi laterizi semipieni con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%) - Circ. n617/2009-muratura E = 3.150e+04-muratura E = 3.150e+04 < MATERIALE ESISTENTE >			3.150e+04	0.0	9450.0	1.10e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.35
	Resistenza f	24.0	30.0						
	Resistenza fh	12.0	15.0						
	Resistenza fv0	1.4	2.0						
	Resistenza fv0h	1.4	2.0						
	Resistenza tau0	0.7	1.0						
	Resistenza fvlim	2.7	3.9						
	Resistenza fb	48.0	60.0						
	Resistenza fbh	9.6	12.0						
	Resistenza fbt	2.2	2.8						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								0.50
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.50
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05



Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
108	Rapporto HRDv								1.00e-05
	Muratura in mattoni pieni e malta di calce - PROVE SITO-muratura (consolidata) E = 1.800e+04 < MATERIALE ESISTENTE >			1.800e+04	0.0	6000.0	1.90e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.20
	Muratura consolidata								
SP	Incremento resistenza (f)								1.30
SP	Incremento resistenza (v)								1.30
SP	Incremento rigidezza								1.00
	Resistenza f	24.2	30.3						
	Resistenza fh	10.4	15.0						
	Resistenza fv0	0.6	0.9						
	Resistenza fv0h	0.6	0.9						
	Resistenza tau0	0.6	0.9						
	Resistenza fvlim	2.4	3.4						
	Resistenza fb	21.3	26.6						
	Resistenza fbh	21.3	26.6						
	Resistenza fbt	2.2	2.8						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.50
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
109	Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura <= 40%) - Circ. n7/2019-muratura E = 4.550e+04-muratura E = 4.550e+04 < MATERIALE ESISTENTE >			4.550e+04	0.0	1.138e+04	1.50e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.35
	Resistenza f	40.0	50.0						
	Resistenza fh	20.0	25.0						
	Resistenza fv0	1.4	2.0						
	Resistenza fv0h	1.4	2.0						
	Resistenza tau0	0.6	0.8						
	Resistenza fvlim	4.5	6.5						
	Resistenza fb	80.0	100.0						
	Resistenza fbh	16.0	20.0						
	Resistenza fbt	2.2	2.8						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								0.50
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.50
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
158	materiale E = 2.100e+11 [w= 0.0] < MATERIALE NUOVO >			2.100e+11	0.0	1.050e+11	0.0	0.0	
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
159	materiale E = 210.00 [w= 0.0] < MATERIALE NUOVO >			210.0	0.0	105.0	0.0	0.0	
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
160	Muratura in blocchi laterizi semipieni con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%) - Circ. n617/2009-muratura E = 3.150e+04-muratura E = 4.700e+04 < MATERIALE ESISTENTE >			4.700e+04	0.0	1.880e+04	1.10e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.20
	Resistenza f	37.6	47.0						
	Resistenza fh	18.8	23.5						
	Resistenza fv0	1.4	2.0						
	Resistenza fv0h	1.4	2.0						
	Resistenza tau0	1.4	2.0						
	Resistenza fvlim	4.5	6.5						
	Resistenza fb	80.0	100.0						
	Resistenza fbh	40.0	50.0						
	Resistenza fbt	2.2	2.8						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								0.50



Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.50
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
162	Muratura in mattoni pieni e malta di calce - PROVE SITO-muratura (consolidata) E = 1.800e+04 < MATERIALE ESISTENTE >			1.800e+04	0.0	6000.0	2.00e-03	1.00e-05	
	Fattore di confidenza FC m								1.20
	Muratura consolidata								
	Incremento resistenza (f)								1.50
	Incremento resistenza (v)								1.50
	Incremento rigidezza								1.70
	Resistenza f	24.2	30.3						
	Resistenza fh	10.4	15.0						
	Resistenza fv0	0.6	0.9						
	Resistenza fv0h	0.6	0.9						
	Resistenza tau0	0.6	0.9						
	Resistenza fvlm	2.4	3.4						
	Resistenza fb	21.3	26.6						
	Resistenza fbh	21.3	26.6						
	Resistenza fbt	2.2	2.8						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								0.70
	Rapporto Rfessurata (taglio)								0.70
	Coefficiente ksb								0.85
	Coefficiente mu tilda								0.50
	Coefficiente fi								0.50
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Per quanto riguarda il materiale n° 108, i coefficienti di incremento di resistenza e rigidezza sono stati applicati solamente nel modello dello stato di progetto.

8. ANALISI GEOLOGICA

Di seguito vengono riportati alcuni stralci della relazione geotecnica redatta dal geologo....

1 -PREMESSA

Su incarico conferito dal comune di Guidizzolo, è stata eseguita, in data 14 Giugno 2022, una prospezione geofisica finalizzata alla ricostruzione stratigrafica e sismica dei terreni, nell'ambito di uno Studio Geologico eseguito presso il Municipio di Guidizzolo (MN), sito in Via Filzi.

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 profilo di sismica multicanale** con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dati **mediante metodologia MASW**, e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**.

Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'**andamento medio delle onde di taglio S** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro **$V_{s,eq}$** di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione secondo quanto previsto dal **D.M. 17/01/2018**, misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

Il profilo sismostratigrafico è stato quindi utilizzato per l'**analisi di Risposta Sismica Locale**, richiesta dai progettisti incaricati, per la valutazione dell'**azione sismica** del sito indagato, secondo gli Stati Limite previsti dal **D.M. 17/01/2018**.



Fig. 1 - Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite in sito su immagine da satellite (fonte Google Earth).

Di seguito è mostrato il profilo sismostratigrafico ottenuto mediante analisi MASW:

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio fino a -35,0 m dal p.c., ottenuto mediante analisi MASW, utilizzato per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$ (**Fig. 5**).

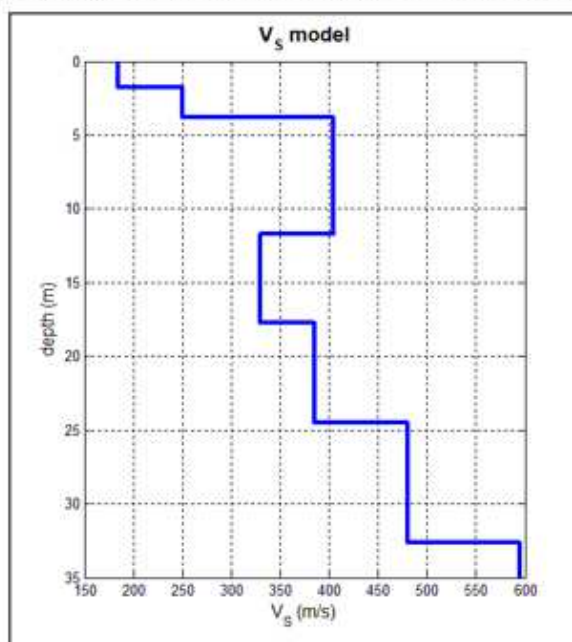


Fig. 5 - Profilo sismostratigrafico.

8.1. Risposta sismica locale

L'analisi di Risposta Sismica Locale viene eseguita nell'ambito di uno Studio Geologico redatto in Via Filzi, nel comune di Guidizzolo (MN), utilizzando un approccio numerico con utilizzo di accelerogrammi naturali e tramite l'utilizzo di codice di calcolo monodimensionale.

Mediante tali metodologie è stato possibile valutare quantitativamente l'azione sismica sul sito indagato secondo lo Stato Limite di Operatività (SLO), Stato Limite di Danno (SLD), Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC).

8.1.1. Dati di output

Come previsto dalla normativa vigente, si riportano i risultati della Risposta Sismica Locale in termini di valori numerici dello spettro di risposta elastico in accelerazione (PSA), per lo Stato Limite di Operatività (SLO), Stato Limite di Danno (SLD), Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC).

In merito, in funzione dei risultati ottenuti, per i progettisti incaricati si ritiene fortemente consigliabile l'utilizzo degli spettri di risposta elastici non normalizzati, ovvero quelli ottenuti numericamente tal quale dall'analisi di RSL eseguita, e riportati nelle tabelle seguenti

Per un mero confronto grafico tra i risultati ottenuti nel presente studio, e gli spettri di risposta derivanti dal metodo semplificato basato sull'assegnazione di una categoria di sottosuolo (di cui al par. 3.2.2 delle NTC 2018), vengono presentati gli spettri anche in formato normalizzato.



Per tale scopo la procedura ha previsto la trasformazione dello spettro elastico di risposta, risultato delle simulazioni numeriche (output), in uno spettro con forma standard a quello derivabile mediante metodi semplificati (NTC 2018). In questo modo lo spettro di forma standard è risultato costituito da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, ed un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T$ e quindi con velocità costante.

Nello specifico, è stato utilizzato il Metodo di Normalizzazione ICMS (2008), secondo la procedura sviluppata da Pergalani e Compagnoni (2013) e successivamente nell'ambito della MS3 di Fivizzano (GdL Fivizzano, 2017), secondo il quale è stato possibile trasformare lo spettro di RSL in uno spettro con andamento regolarizzato (normalizzato), ovvero come detto simile a quello degli spettri semplificati di normativa.

Pur non essendoci obblighi normativi e/o regolamentari per la scelta di un metodo di normalizzazione rispetto ad un altro, si ritiene preferibile la procedura di Normalizzazione ICMS per una migliore coerenza statistica dell'approccio, in cui l'elevazione e l'ampiezza del plateau sono determinate sulla base del valore medio in pseudoaccelerazione ed in pseudovelocità nell'intorno significativo del valore spettrale di picco. Il secondo motivo riguarda il fatto che tale metodo di normalizzazione è l'unico per il quale si abbia un riferimento normativo (Ord. n. 55 del 24/04/2018 emanata dal Commissario Straordinario per la ricostruzione – Sisma 2016).

SLO				SLD			
Periodo (s)	Periodo (s)			Periodo (s)	Sa (g)		
0.00000	0.0737564	0.29640	0.1828946	0.00000	0.098169	0.29640	0.299693
0.01000	0.0742956	0.31489	0.1828946	0.01000	0.098558	0.31489	0.300826
0.01062	0.0748349	0.33453	0.1828946	0.01062	0.098584	0.33453	0.312603
0.01129	0.0753741	0.35540	0.1828946	0.01129	0.098612	0.35540	0.281011
0.01199	0.0759133	0.37758	0.1828946	0.01199	0.098644	0.37758	0.23926
0.01274	0.0764526	0.40113	0.1828946	0.01274	0.09868	0.40113	0.219861
0.01353	0.0769918	0.42616	0.1828946	0.01353	0.098711	0.42616	0.207344
0.01438	0.0775310	0.45275	0.1828946	0.01438	0.098758	0.45275	0.193598
0.01528	0.0780703	0.48099	0.1828946	0.01528	0.09881	0.48099	0.184939
0.01623	0.0786095	0.51100	0.1828946	0.01623	0.098871	0.51100	0.172125
0.01724	0.0791487	0.54288	0.1828946	0.01724	0.09894	0.54288	0.176411
0.01832	0.0796880	0.57675	0.1828946	0.01832	0.099014	0.57675	0.173632
0.01946	0.0802272	0.61274	0.1828946	0.01946	0.099104	0.61274	0.173355
0.02067	0.0807664	0.65096	0.1828946	0.02067	0.099205	0.65096	0.173241
0.02196	0.0813057	0.69158	0.1828946	0.02196	0.099321	0.69158	0.171528
0.02333	0.0818449	0.73472	0.1828946	0.02333	0.099454	0.73472	0.178821
0.02479	0.0823841	0.78056	0.1828946	0.02479	0.099608	0.78056	0.181881
0.02634	0.0829234	0.82926	0.1828946	0.02634	0.099759	0.82926	0.17309
0.02798	0.0834626	0.88100	0.1828946	0.02798	0.099964	0.88100	0.167866
0.02972	0.0840018	0.93596	0.1828946	0.02972	0.100221	0.93596	0.152259
0.03158	0.0845411	0.99435	0.1828946	0.03158	0.100436	0.99435	0.132234
0.03355	0.0850803	1.05639	0.1828946	0.03355	0.100693	1.05639	0.112049
0.03564	0.0856195	1.12230	0.1828946	0.03564	0.101061	1.12230	0.10814
0.03786	0.0861588	1.19232	0.1828946	0.03786	0.101612	1.19232	0.108307
0.04023	0.0866980	1.26670	0.1828946	0.04023	0.102156	1.26670	0.103943
0.04274	0.0872372	1.34573	0.1828946	0.04274	0.102613	1.34573	0.093711
0.04540	0.0877765	1.42969	0.1828946	0.04540	0.103731	1.42969	0.090736
0.04824	0.0883157	1.51889	0.1828946	0.04824	0.105266	1.51889	0.086332
0.05125	0.0888549	1.61365	0.1828946	0.05125	0.108676	1.61365	0.077172



0.05444	0.0893942	1.71432	0.1828946	0.05444	0.112839	1.71432	0.070561
0.05784	0.0899334	1.82127	0.1828946	0.05784	0.115975	1.82127	0.06274
0.06145	0.0904726	1.93490	0.1828946	0.06145	0.121577	1.93490	0.056773
0.06528	0.0910119	2.05562	0.1828946	0.06528	0.134283	2.05562	0.050756
0.06935	0.0915511	2.18386	0.1828946	0.06935	0.150634	2.18386	0.046582
0.07368	0.0920903	2.32011	0.1828946	0.07368	0.1595	2.32011	0.047482
0.07828	0.0926296	2.46486	0.1828946	0.07828	0.151312	2.46486	0.042311
0.08316	0.0931688	2.61864	0.1828946	0.08316	0.152208	2.61864	0.036469
0.08835	0.0937080	2.78201	0.1828946	0.08835	0.149173	2.78201	0.034361
0.09386	0.0942473	2.95558	0.1828946	0.09386	0.150688	2.95558	0.033099
0.09972	0.0947865	3.13998	0.1828946	0.09972	0.158811	3.13998	0.031288
0.10594	0.0953257	3.33587	0.1828946	0.10594	0.152518	3.33587	0.030136
0.11255	0.0958650	3.54400	0.1828946	0.11255	0.154237	3.54400	0.027809
0.11957	0.0964042	3.76510	0.1828946	0.11957	0.160292	3.76510	0.025292
0.12703	0.0969434	4.00000	0.1828946	0.12703	0.170965	4.00000	0.02425
0.13495	0.0974827			0.13495	0.192025		
0.14337	0.0980219			0.14337	0.190186		
0.15232	0.0985611			0.15232	0.178285		
0.16182	0.0991004			0.16182	0.158603		
0.17192	0.0996396			0.17192	0.161106		
0.18264	0.1001788			0.18264	0.166394		
0.19404	0.1007181			0.19404	0.181439		
0.20614	0.1012573			0.20614	0.201799		
0.21901	0.1017965			0.21901	0.232319		
0.23267	0.1023357			0.23267	0.224131		
0.24718	0.1028750			0.24718	0.224906		
0.26261	0.1034142			0.26261	0.257596		
0.27899	0.1039534			0.27899	0.303705		

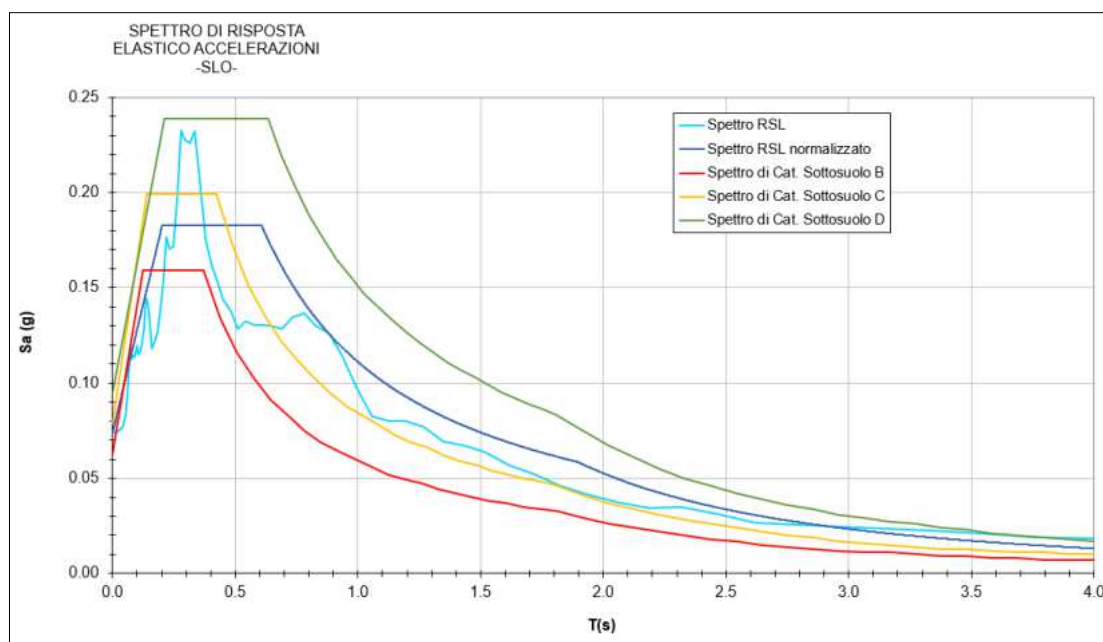
Fig. 1 - Valori numerici degli spettri di risposta elastici ottenuti agli stati limite considerati (SLO e SLD).

SLV				SLC			
Periodo (s)	Sa (g)			Periodo (s)	Sa (g)		
0.00000	0.216672	0.29640	0.648214	0.00000	0.26968888	0.29640	0.80561964
0.01000	0.217556	0.31489	0.673389	0.01000	0.26968888	0.31489	0.83813354
0.01062	0.2176	0.33453	0.736065	0.01062	0.26972916	0.33453	0.92041424
0.01129	0.217649	0.35540	0.697957	0.01129	0.2697747	0.35540	0.88636307
0.01199	0.217705	0.37758	0.614061	0.01199	0.26982619	0.37758	0.80404013
0.01274	0.217766	0.40113	0.574329	0.01274	0.26988115	0.40113	0.76419017
0.01353	0.217833	0.42616	0.521537	0.01353	0.269944	0.42616	0.69364046
0.01438	0.217914	0.45275	0.472338	0.01438	0.27001859	0.45275	0.61828325
0.01528	0.218003	0.48099	0.438632	0.01528	0.27009831	0.48099	0.56788138
0.01623	0.218107	0.51100	0.402095	0.01623	0.27019415	0.51100	0.51568658
0.01724	0.218225	0.54288	0.400457	0.01724	0.27030283	0.54288	0.50858184
0.01832	0.218362	0.57675	0.396088	0.01832	0.27041481	0.57675	0.50315404
0.01946	0.218516	0.61274	0.388396	0.01946	0.27055377	0.61274	0.48317471
0.02067	0.21869	0.65096	0.391755	0.02067	0.27071205	0.65096	0.48836603
0.02196	0.218889	0.69158	0.386237	0.02196	0.27089706	0.69158	0.48158436
0.02333	0.219116	0.73472	0.406152	0.02333	0.27111167	0.73472	0.50541318
0.02479	0.219361	0.78056	0.413069	0.02479	0.27136465	0.78056	0.51064464
0.02634	0.219637	0.82926	0.394553	0.02634	0.27163585	0.82926	0.48703347
0.02798	0.21997	0.88100	0.381735	0.02798	0.27193365	0.88100	0.44668162
0.02972	0.220362	0.93596	0.358556	0.02972	0.27229433	0.93596	0.40941251
0.03158	0.220813	0.99435	0.322459	0.03158	0.27271784	0.99435	0.35862181
0.03355	0.221338	1.05639	0.27666	0.03355	0.27322355	1.05639	0.35457452
0.03564	0.221843	1.12230	0.270596	0.03564	0.27369601	1.12230	0.3605604
0.03786	0.222565	1.19232	0.272428	0.03786	0.27452853	1.19232	0.35575146
0.04023	0.223698	1.26670	0.266858	0.04023	0.27573277	1.26670	0.32564413



0.04274	0.224385	1.34573	0.242685	0.04274	0.27650429	1.34573	0.31676804
0.04540	0.225062	1.42969	0.235287	0.04540	0.27709086	1.42969	0.30210901
0.04824	0.226508	1.51889	0.22542	0.04824	0.27852801	1.51889	0.2699725
0.05125	0.231272	1.61365	0.200726	0.05125	0.2833669	1.61365	0.24593303
0.05444	0.236505	1.71432	0.182859	0.05444	0.2888272	1.71432	0.21972282
0.05784	0.240485	1.82127	0.163393	0.05784	0.29385767	1.82127	0.2005955
0.06145	0.2448	1.93490	0.149346	0.06145	0.29746279	1.93490	0.17695293
0.06528	0.259623	2.05562	0.13235	0.06528	0.30830479	2.05562	0.16104374
0.06935	0.286853	2.18386	0.121038	0.06935	0.33475432	2.18386	0.16548152
0.07368	0.309853	2.32011	0.124126	0.07368	0.36038264	2.32011	0.14802934
0.07828	0.302912	2.46486	0.11088	0.07828	0.35955446	2.46486	0.1274177
0.08316	0.313019	2.61864	0.095383	0.08316	0.37090139	2.61864	0.11857784
0.08835	0.311774	2.78201	0.088929	0.08835	0.3743435	2.78201	0.11461057
0.09386	0.308812	2.95558	0.085734	0.09386	0.36788973	2.95558	0.10737442
0.09972	0.326882	3.13998	0.080392	0.09972	0.38796673	3.13998	0.10222203
0.10594	0.320592	3.33587	0.076468	0.10594	0.38332427	3.33587	0.09433219
0.11255	0.323018	3.54400	0.070634	0.11255	0.38968976	3.54400	0.08579182
0.11957	0.338624	3.76510	0.064146	0.11957	0.40920963	3.76510	0.08128014
0.12703	0.364955	4.00000	0.061062	0.12703	0.44246737	4.00000	0.80561964
0.13495	0.401831			0.13495	0.48414044		
0.14337	0.412959			0.14337	0.50517414		
0.15232	0.404245			0.15232	0.50002047		
0.16182	0.363271			0.16182	0.45575906		
0.17192	0.346692			0.17192	0.43241973		
0.18264	0.349986			0.18264	0.43365925		
0.19404	0.364222			0.19404	0.4450611		
0.20614	0.401895			0.20614	0.48073021		
0.21901	0.45757			0.21901	0.54457627		
0.23267	0.461773			0.23267	0.56032431		
0.24718	0.485268			0.24718	0.59534267		
0.26261	0.560557			0.26261	0.69886342		
0.27899	0.643454			0.27899	0.79663964		

Fig. 2 - Valori numerici degli spettri di risposta elastici ottenuti agli stati limite considerati (SLV e SLC).



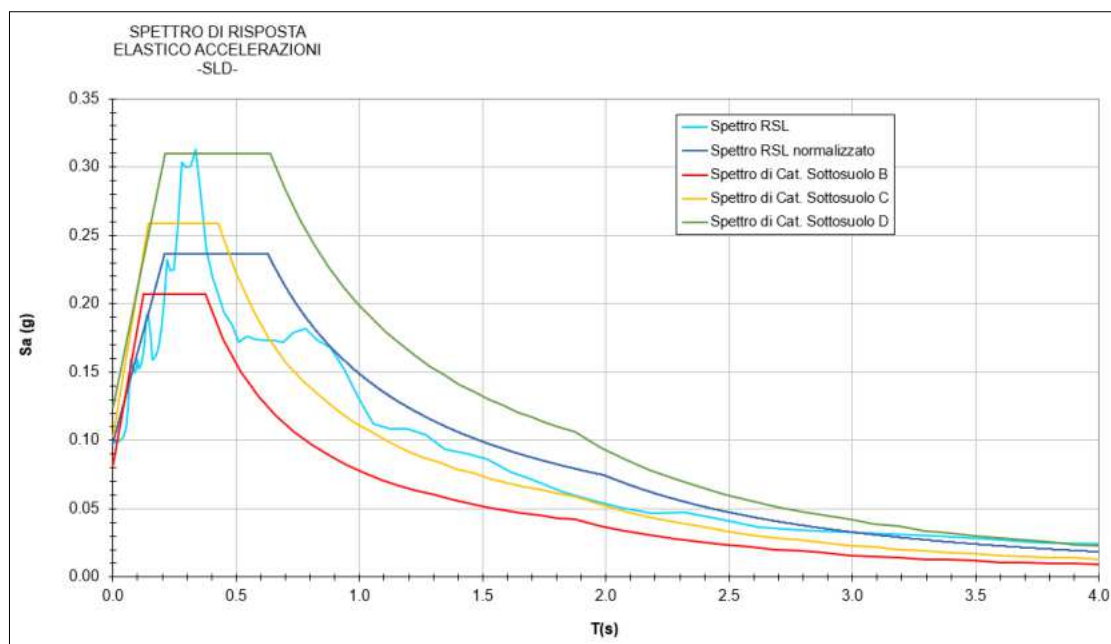
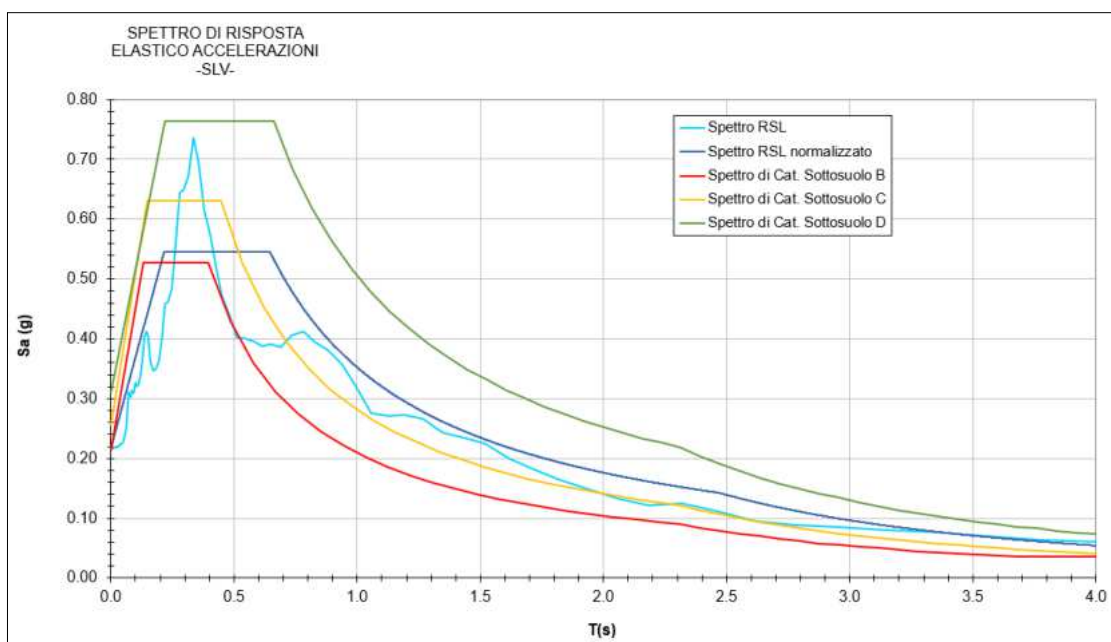


Fig. 3 - Spettri di risposta elastici medi RSL e relativi spettri normalizzati,
per lo **SLO** (in alto) e per lo **SLD** (in basso).



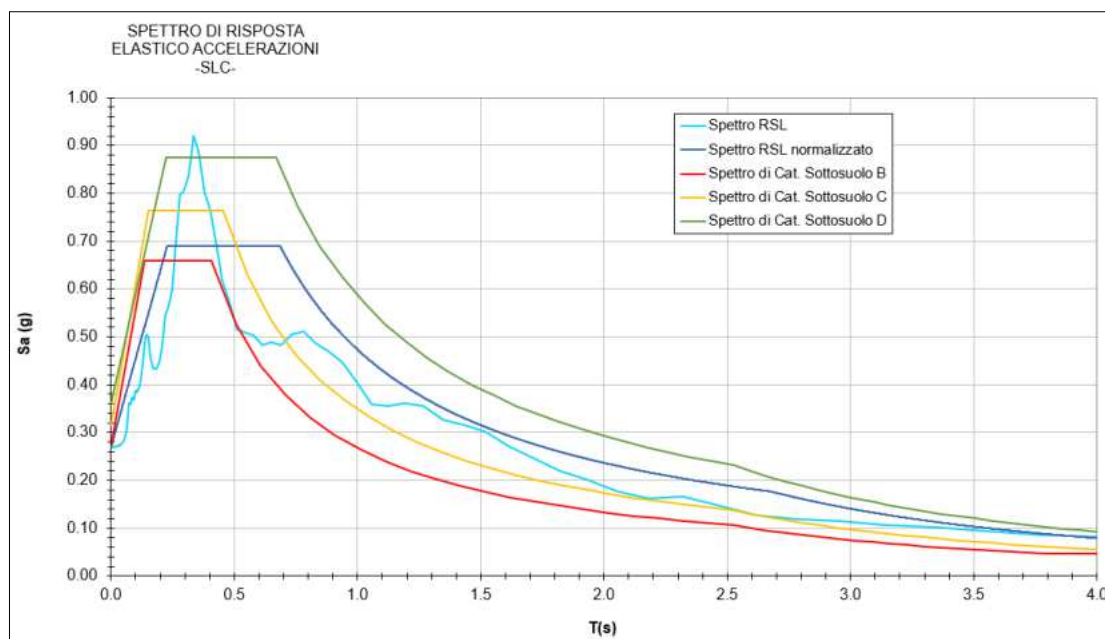


Fig. 4 - Spettri di risposta elastici medi RSL e relativi spettri normalizzati, per lo **SLV** (in alto) e per lo **SLC** (in basso).



Infine, in base ai risultati ottenuti dall'analisi di Risposta Sismica Locale si forniscono, per gli stati limite considerati (SLO, SLD, SLV, SLC), i seguenti parametri dipendenti e parametri indipendenti, calcolati applicando le equazioni riportate nel D.M. del 17/01/2018:

PARAMETRI INDIPENDENTI

SLO		SLD		SLV		SLC	
a_g	0,053	a_g	0,069	a_g	0,178	a_g	0,232
F_0	2,508	F_0	2,511	F_0	2,463	F_0	2,421
T_c^*	0,257	T_c^*	0,279	T_c^*	0,287	T_c^*	0,287

in cui:

a_g = accelerazione orizzontale massima al bedrock

F_0 = fattore di amplificazione spettrale massima

T_c^* = tratto spettrale a periodo costante per il periodo di ritorno di riferimento

PARAMETRI DIPENDENTI (Spettro Normalizzato)

SLO		SLD		SLV		SLC	
T_B	0,202 s	T_B	0,210 s	T_B	0,216 s	T_B	0,228 s
T_c	0,607 s	T_c	0,629 s	T_c	0,647 s	T_c	0,685 s
T_D	1,895 s	T_D	1,993 s	T_D	2,467 s	T_D	2,679 s
S_e ($a_{max} T=0$)	0,074g	S_e ($a_{max} T=0$)	0,098 g	S_e ($a_{max} T=0$)	0,217 g	S_e ($a_{max} T=0$)	0,270g
$S_{e_{max}}$ (plateau norm.)	0,183 g	$S_{e_{max}}$ (plateau norm.)	0,237 g	$S_{e_{max}}$ (plateau norm.)	0,545 g	$S_{e_{max}}$ (plateau norm.)	0,691 g

in cui:

T_B = periodo di inizio del tratto dello spettro di accelerazione orizzontale

T_c = periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale

T_D = periodo di inizio tratto a spostamento costante dello spettro di accelerazione orizzontale

S_e = accelerazione spettrale orizzontale a $T=0$

$S_{e_{max}}$ = accelerazione spettrale orizzontale massima

9. ALLEGATI

Si allega alla presente il report di indagine del laboratorio tecnologico mantovano.


www.pqrs-ltm.it


L.T.M. Laboratorio Tecnologico Mantovano s.r.l.
Sede di Mantova

Aut. Min. LL.PP. n° 23470 e successive – Settore A
 Via Pitentino 10/12 – 46010 Curtatone (MN)
 Tel 0376/291712 Fax 0376/293042

Sede di Milano

Aut. Min. LL.PP. n° 53482 e successive – Settore A
 Via della Pace, 15c - 20098 S. Giuliano Milanese (MI)
 Tel 02/98245376 Fax 02/98246407
 Email: info@labtecman.com PEC:
labtecman@pec.it

INDAGINI IN SITU

**Indagini conoscitive sui materiali e
 strutture eseguite c/o:**

Municipio di Guidizzolo (MN)

Relazione tecnico illustrativa

c04			Verbale di Accettazione 756B del 18/11/2022	ESEGUITA DA: L.T.M. s.r.l. con sede in Curtatone (MN)
03			Rapporto di prova prot. N. 01B del 03/01/2023 – Emendamento al prot. n. 1126B del 30/11/2022	IMPRESA / STUDIO INGEA 34
02			Il Responsabile del settore Ing. Virginio Brocagoli	CODICE COMMESSA
01	Prot. N. 1B del 03/01/2023	Emendamento per revisione tabella indagine sclerometriche su malte		COMMITTENTE Comune di Guidizzolo Servizi tecnici, Lavori Pubblici, Manutenzione Patrimonio
	Prot. N. 1126B del 30/11/2022		Il tecnico rilevatore t.i.n. Fabio Gozzi	RIFERIMENTI COMMITTENTE Dott. Ing. Fabio Mari
emissione	Data	Oggetto		

Sommario

1	GENERALITA'.....	3
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	3
3	MODALITA' DI INDAGINE	3
4	METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	4
4.1	Prova sclerometrica su malta	4
4.1	Prelievo campioni laterizio e prova di compressione.....	5
4.2	MARTINETTI PIATTI.....	5
5	RISULTATI INDAGINI	10
5.1	Martinetti piatti – Punto di prova MP1 - Muro perimetrale lato lungo ovest	12
5.2	Martinetti piatti – Punto di prova MP2 - Muro perimetrale lato corto nord.....	17
5.3	Prova di compressione su mattone pieno in laterizio– UNI EN 772/1	22
5.4	Indagine sclerometrica sulla malta – ASTM C803.....	22

1 GENERALITA'

Nei giorni 17 e 18 novembre 2022, presso la sede municipale del comune di Guidizzolo (MN), sono state eseguite indagini atte a verificare lo stato di consistenza delle murature.

Hanno partecipato all'esecuzione delle indagini i Signori:

- T.I.M. Fabio Gozzi L.T.M. S.r.l.
- Ing. Gianmarco Ferrari L.T.M. S.r.l.
- Sig. Marcus Tegtmeier L.T.M. S.r.l.
- Ing. Fabio Mari Studio INGEA 34

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

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

- sopralluogo preliminare per l'individuazione degli elementi strutturali idonei alle indagini e per la definizione della logistica legata all'intervento da eseguire;
- identificazione delle strutture da indagare;
- preparazione delle aree di prova;
- preparazione dell'attrezzatura;
- effettuazione delle prove e dei rilievi;
- analisi dei risultati;
- redazione della relazione tecnica.

3 MODALITA' DI INDAGINE

Per i controlli sulla **muratura e sulla relativa malta di allettamento**, si sono utilizzate le seguenti metodologie di indagine:

- prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura
- prova sclerometrica sulla malta in opera per la determinazione della stima della resistenza a compressione
- prelievo di blocchi in laterizio in opera per la determinazione della resistenza a compressione

I dettagli relativi alle strutture in oggetto, le attrezzature utilizzate e i risultati sperimentali sono riportati nel seguito

4 METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

4.1 Prova sclerometrica su malta

La prova viene eseguita con uno speciale sclerometro per malte (tipo M) dove attraverso il valore di rimbalzo R , si misura la durezza/resistenza della malta di allettamento , sfruttando la correlazione tra il rimbalzo della massa metallica e la durezza del materiale stesso.

Le prove si devono svolgere tramite 10 battute per zona di indagine, distanziate fra loro di almeno 20 mm, su malta di allettamento pulita e lisciata con pietra abrasiva, con lo sclerometro posizionato sempre ortogonalmente alla superficie di prova. Per ogni punto di impatto bisogna eseguire n.3 battute considerando valido solo il 3° valore ottenuto.

Attraverso l'utilizzo di tabelle di conversione fornite dal costruttore infine è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto all'indice di rimbalzo. Il valore ottenuti sono puntuali è quindi rappresentativi solo dei punti testati.



Strumentazione : Sclerometro "PASI" - mod. Tipo M - matr. M 0051

4.1 Prelievo campioni laterizio e prova di compressione

Il prelievo dei blocchi in laterizio o di loro porzioni, ai fini dell'esecuzione delle prove di compressione in laboratorio, viene effettuato tramite martello demolitore, avendo cura di preservare il campione da eventuali danneggiamenti.



In laboratorio, dopo aver effettuato rettifica ed essiccazione dei blocchi, viene infine effettuata la prova di compressione.



4.2 MARTINETTI PIATTI

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

MARTINETTO PIATTO SINGOLO

La determinazione dello stato di sollecitazione di una muratura si basa sul rilascio tensionale successivo all'esecuzione di un taglio in direzione normale alla superficie di verifica e al carico agente. Per questo bisogna tener conto della relazione che intercorre tra le tensioni e le deformazioni in una muratura continua e la successiva modifica causata dal taglio orizzontale che determina un nuovo stato tensionale della struttura.

La prova a martinetto singolo utilizza un approccio teorico, simile a quello utilizzato nelle prove edometriche sui terreni: eseguendo un taglio normale alla superficie si genera il rilascio istantaneo delle tensioni esistenti nella muratura. Questo deve essere annullato ponendo, nella fessura creata, un martinetto piatto che, opportunamente riempito con olio in pressione,

consente di ripristinare lo stato di tensione iniziale e di definire i parametri meccanici della struttura. Di seguito sono descritti i dettagli dell'esecuzione della prova:

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

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

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

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

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

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

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

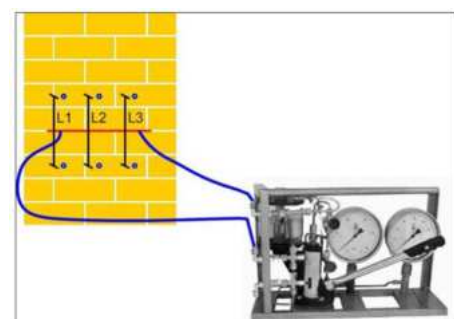
La tensione del martinetto che annulla la convergenza delle superfici murarie, provocata dal taglio, è uguale alla tensione verticale media preesistente nella muratura, salvo fattori di correzione dovuti al rapporto tra il martinetto e la superficie di taglio.

Il fattore di correzione deve considerare il rapporto tra l'area del martinetto e l'area di taglio (K_a è il rapporto tra area del martinetto e area di taglio) e di K_m , la costante di rigidità intrinseca del singolo martinetto, determinata con test di taratura in laboratorio e legata al fattore di forma (contiene informazioni legate al materiale utilizzato, alla rigidità, alla dimensione e al tipo di bordo). In questo modo la tensione media di esercizio σ_e , nella zona di prova, risulta legata alla pressione di ripristino determinata dal martinetto dalla relazione:

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

Ricapitolando:

- σ_e tensione di esercizio.
- p pressione di ripristino del martinetto.
- K_m costante di rigidità del martinetto.
- K_a rapporto A_m/A_t (superficie martinetto / superficie di taglio).



Schema di acquisizione – martinetto singolo.

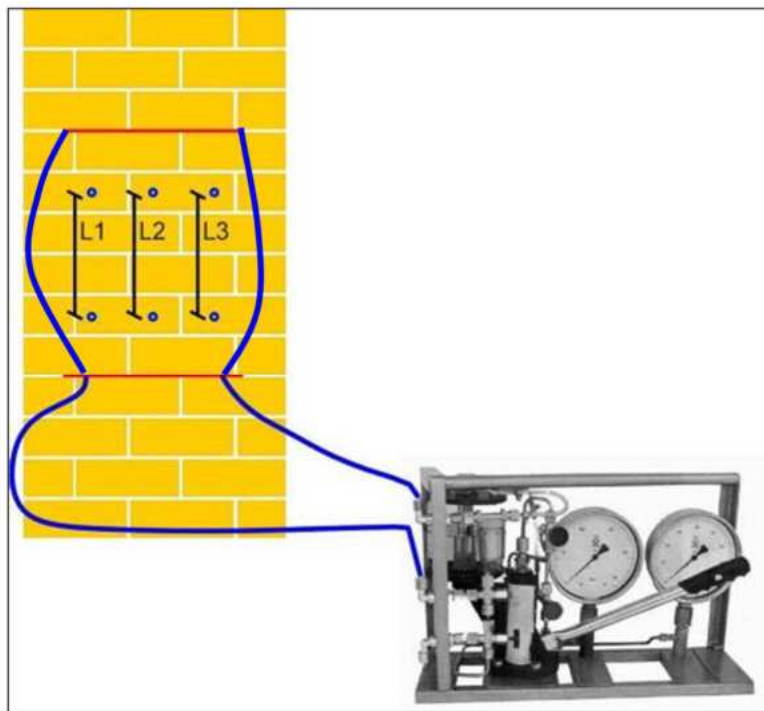
MARTINETTO PIATTO DOPPIO

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

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

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

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

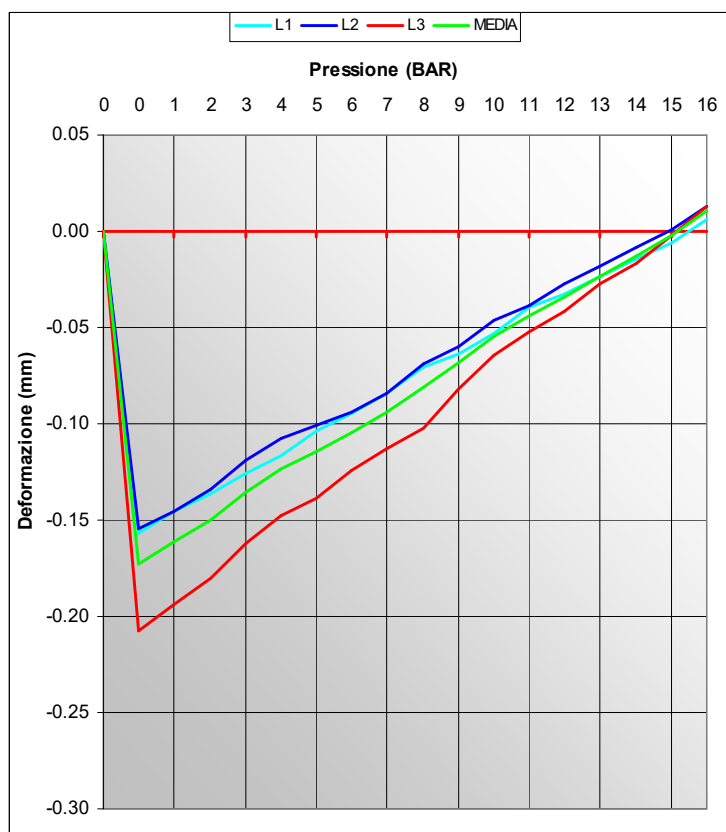


Schema di acquisizione – martinetto doppio.

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

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





Aumentando successivamente la pressione si provoca la compressione del concio con la conseguente diminuzione della distanza tra i riferimenti. Le letture delle distanze relative alle tre coppie di dime, avvengono, una volta raggiunto un dato step di carico, a stabilizzazione avvenuta delle deformazioni. I valori letti vengono così graficizzati su PC ottenendo delle curve sforzi/deformazioni. La perdita della linearità di tali diagrammi, rappresenta la tensione di rottura, oltre la quale le deformazioni escono dal campo elastico per assumere una componente prevalentemente plastica. Il campione risulta sottoposto ad uno stato di sollecitazione molto prossimo a quello di una prova di compressione mono-assiale di laboratorio, nonostante il confinamento laterale della muratura, dovuto al parziale collegamento tra il campione e la muratura circostante. Il *Modulo Elastico E* è facilmente ricavabile mediante la formula:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

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

Ricapitolando:

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

$$\varepsilon = dl / L.$$

dl spostamento dei riferimenti dalla base di misura.

L lunghezza della base di misura.

K_m costante di rigidezza del martinetto.

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

Strumentazione

L'indagine è stata eseguita utilizzando la strumentazione di seguito riportata.

Il sistema utilizzato per l'applicazione dei carichi e la misura degli spostamenti è il seguente:

Sistema di carico:

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



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.



5 RISULTATI INDAGINI

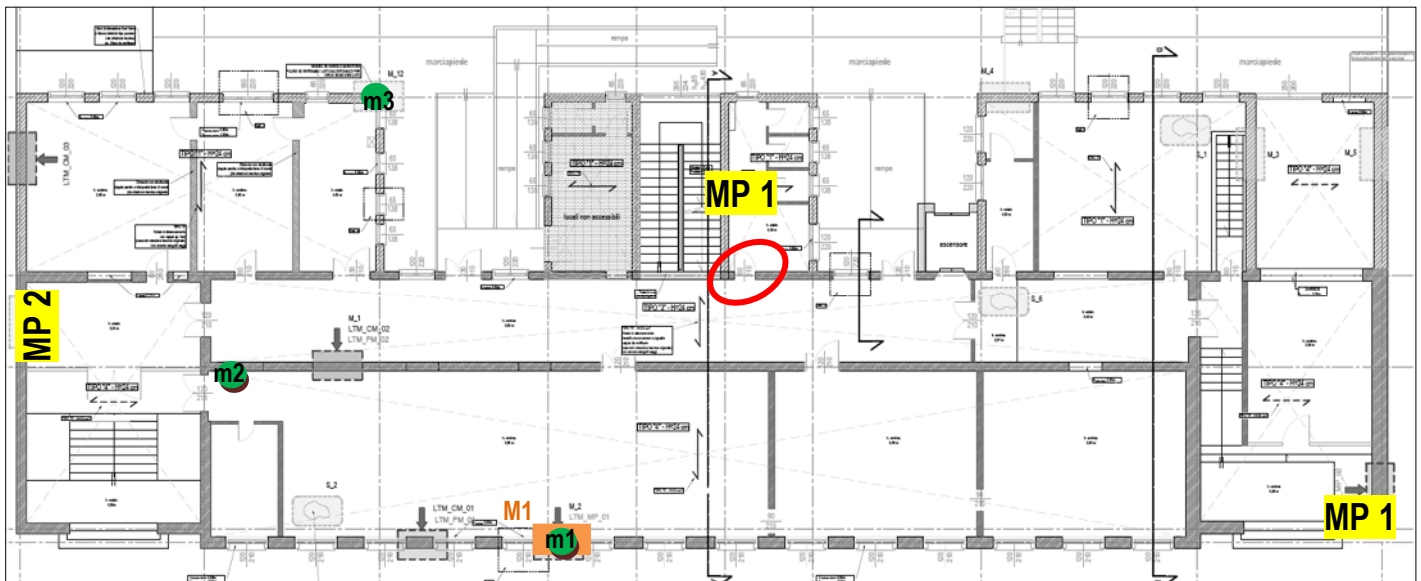
I punti di indagine sono stati scelti in funzione delle esigenze della Committenza e delle possibilità logistiche legate all'esecuzione delle prove.

Complessivamente l'indagine ha previsto la verifica, nelle zone individuate, con le seguenti metodologie:

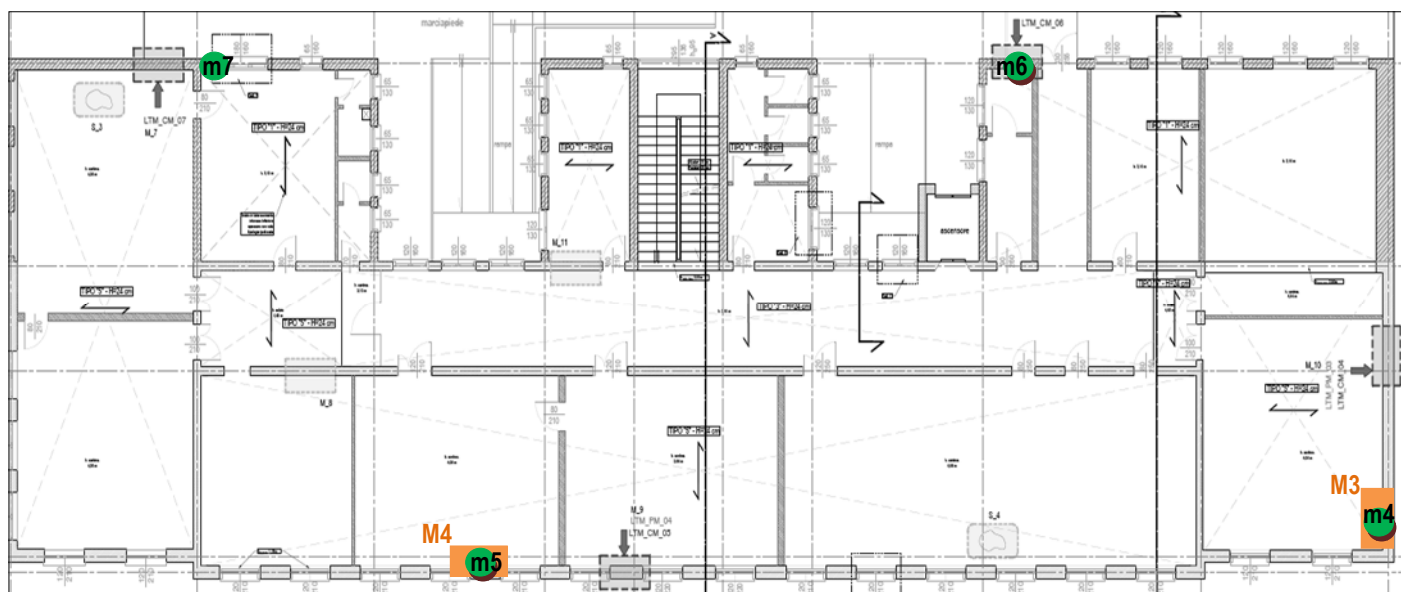
- N.2 prove con martinetti piatti singolo e doppi su muratura
- N.9 prove sclerometriche su malta
- N.3 prelievi di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione

Seguono planimetrie con le ubicazioni dei punti d'indagine.

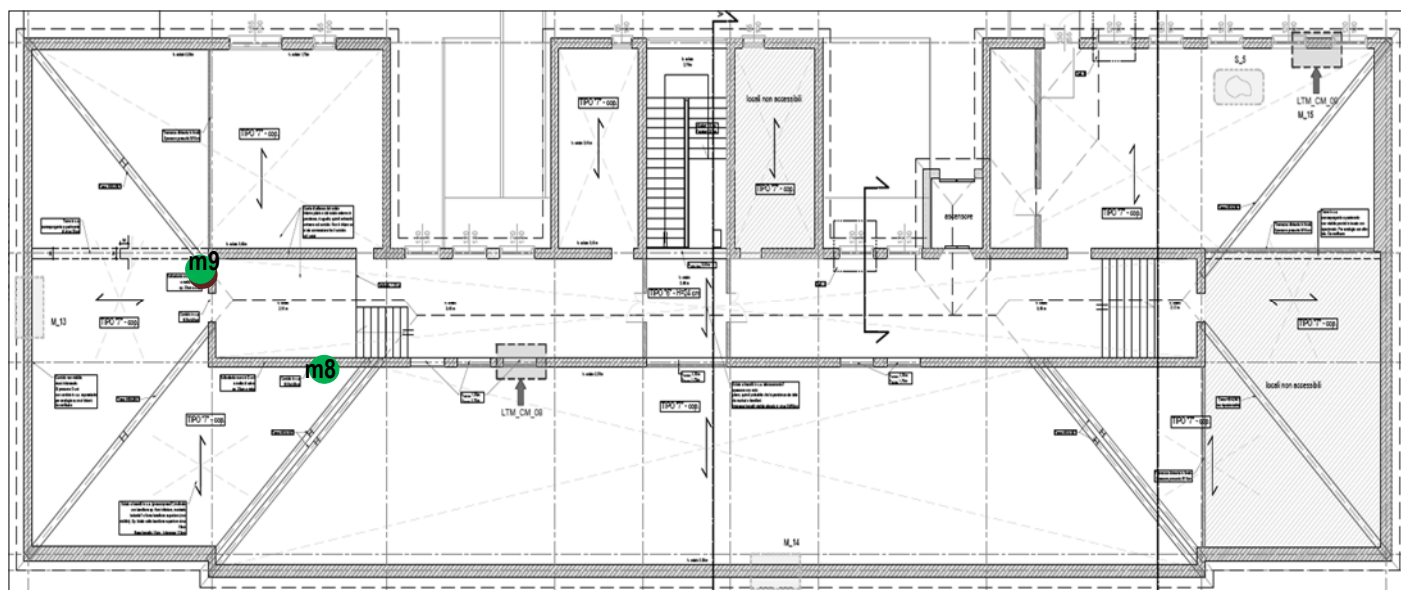
Legenda: :Martinetti Piatti (MP) - : Prelievo Mattone(M) - ● : Sclerometriche malta(m)



Piano Terra



Piano Primo



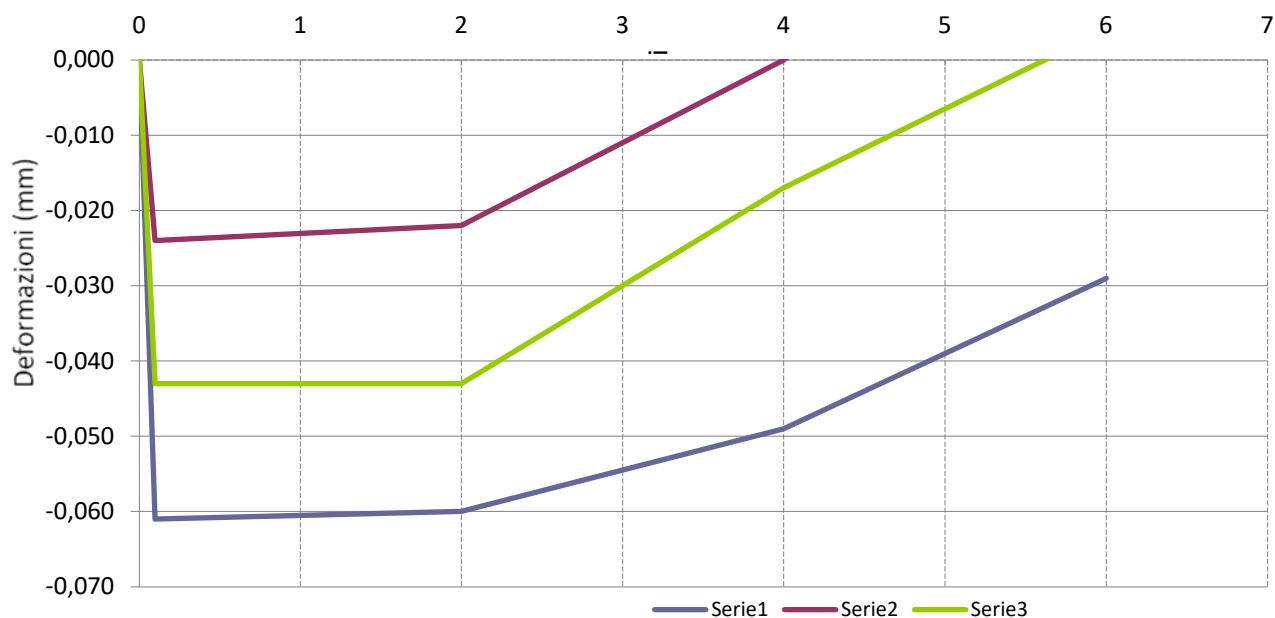
Piano Sottotetto

5.1 Martinetti piatti – Punto di prova MP1 - Muro perimetrale lato lungo ovest

Data:	17/11/2022	Area martinetti (cm ²)																																																									
Tipologia muratura:	MATTONI PIENI	Km																																																									
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56																																																								
Area superfici di taglio (cm ²):	852,00																																																										
<div>MARTINETTO SINGOLO</div>																																																											
Tensione esercizio σ_e	4,72	daN/cm ²																																																									
<div></div>																																																											
<table><tr><th colspan="4">LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE</th><th colspan="4">CEDIMENTI (mm)</th></tr><tr><th>BAR</th><th>L1</th><th>L2</th><th>L3</th><th>L1</th><th>L2</th><th>L3</th><th>MEDIA (L1-L2-L3)</th></tr><tr><td>0</td><td>6,528</td><td>8,268</td><td>1,542</td><td>0,000</td><td>0,000</td><td>0,000</td><td>0,000</td></tr><tr><td>0</td><td>6,467</td><td>8,244</td><td>1,499</td><td>-0,061</td><td>-0,024</td><td>-0,043</td><td>-0,043</td></tr><tr><td>2</td><td>6,468</td><td>8,246</td><td>1,499</td><td>-0,060</td><td>-0,022</td><td>-0,043</td><td>-0,042</td></tr><tr><td>4</td><td>6,479</td><td>8,268</td><td>1,525</td><td>-0,049</td><td>0,000</td><td>-0,017</td><td>-0,022</td></tr><tr><td>6</td><td>6,499</td><td>8,305</td><td>1,546</td><td>-0,029</td><td>0,037</td><td>0,004</td><td>0,004</td></tr></table>				LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE				CEDIMENTI (mm)				BAR	L1	L2	L3	L1	L2	L3	MEDIA (L1-L2-L3)	0	6,528	8,268	1,542	0,000	0,000	0,000	0,000	0	6,467	8,244	1,499	-0,061	-0,024	-0,043	-0,043	2	6,468	8,246	1,499	-0,060	-0,022	-0,043	-0,042	4	6,479	8,268	1,525	-0,049	0,000	-0,017	-0,022	6	6,499	8,305	1,546	-0,029	0,037	0,004	0,004
LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE				CEDIMENTI (mm)																																																							
BAR	L1	L2	L3	L1	L2	L3	MEDIA (L1-L2-L3)																																																				
0	6,528	8,268	1,542	0,000	0,000	0,000	0,000																																																				
0	6,467	8,244	1,499	-0,061	-0,024	-0,043	-0,043																																																				
2	6,468	8,246	1,499	-0,060	-0,022	-0,043	-0,042																																																				
4	6,479	8,268	1,525	-0,049	0,000	-0,017	-0,022																																																				
6	6,499	8,305	1,546	-0,029	0,037	0,004	0,004																																																				

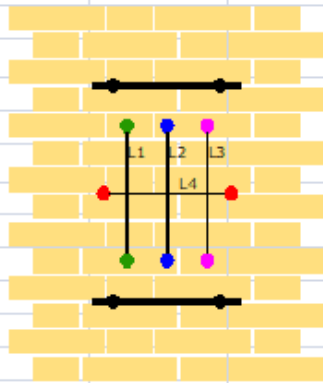
Diagramma Carico-Deformazioni

Pressione (bar)

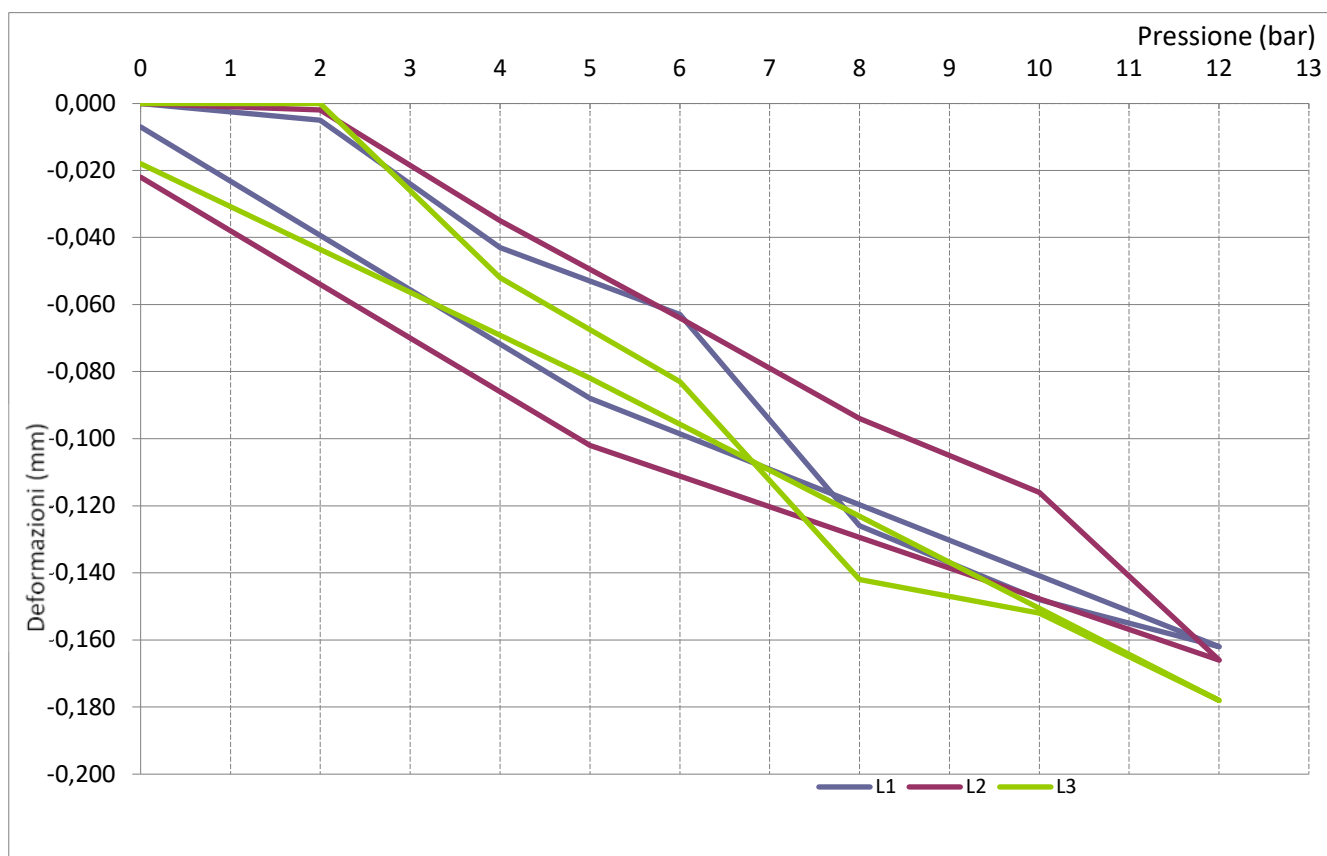


Tensione esercizio
 σ_e (daN/cm²)

4,72

Data:	17/11/2022	Area martinetti	
Tipologia muratura:	MATTONI PIENI	Km	(cm ²)
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm ²):	852,00		
<div>MARTINETTO DOPPIO 1°ciclo</div>			
			

LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	4,292	2,730	2,989		0,000	0,000	0,000		0,000
2	4,287	2,728	2,989		-0,005	-0,002	0,000		-0,002
4	4,249	2,695	2,937		-0,043	-0,035	-0,052		-0,043
6	4,229	2,666	2,906		-0,063	-0,064	-0,083		-0,070
8	4,166	2,636	2,847		-0,126	-0,094	-0,142		-0,121
10	4,144	2,614	2,837		-0,148	-0,116	-0,152		-0,139
12	4,130	2,564	2,811		-0,162	-0,166	-0,178		-0,169
5	4,204	2,628	2,907		-0,088	-0,102	-0,082		-0,091
0	4,285	2,708	2,971		-0,007	-0,022	-0,018		-0,016

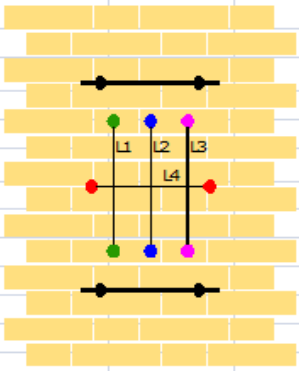




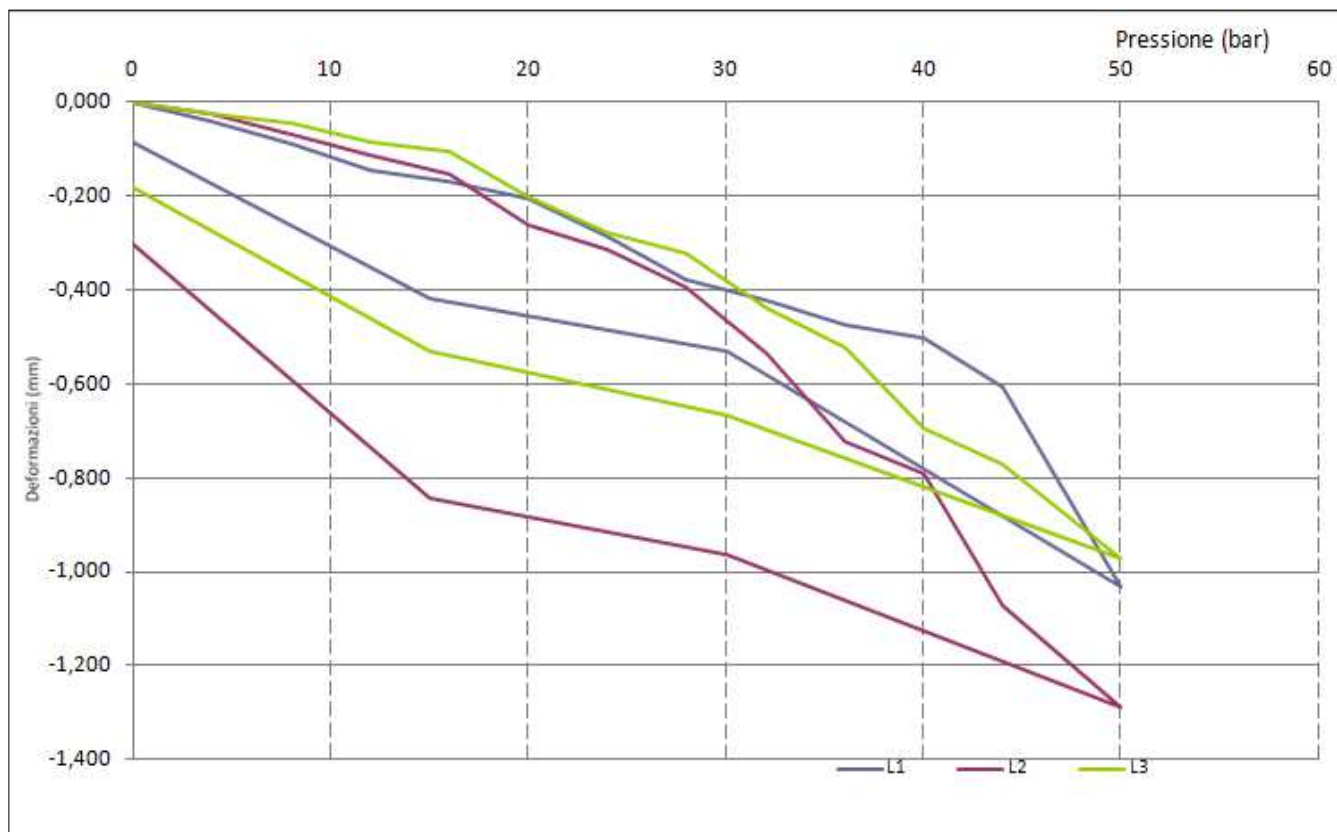
E medio (daN/cm ²)	17396
---	--------------

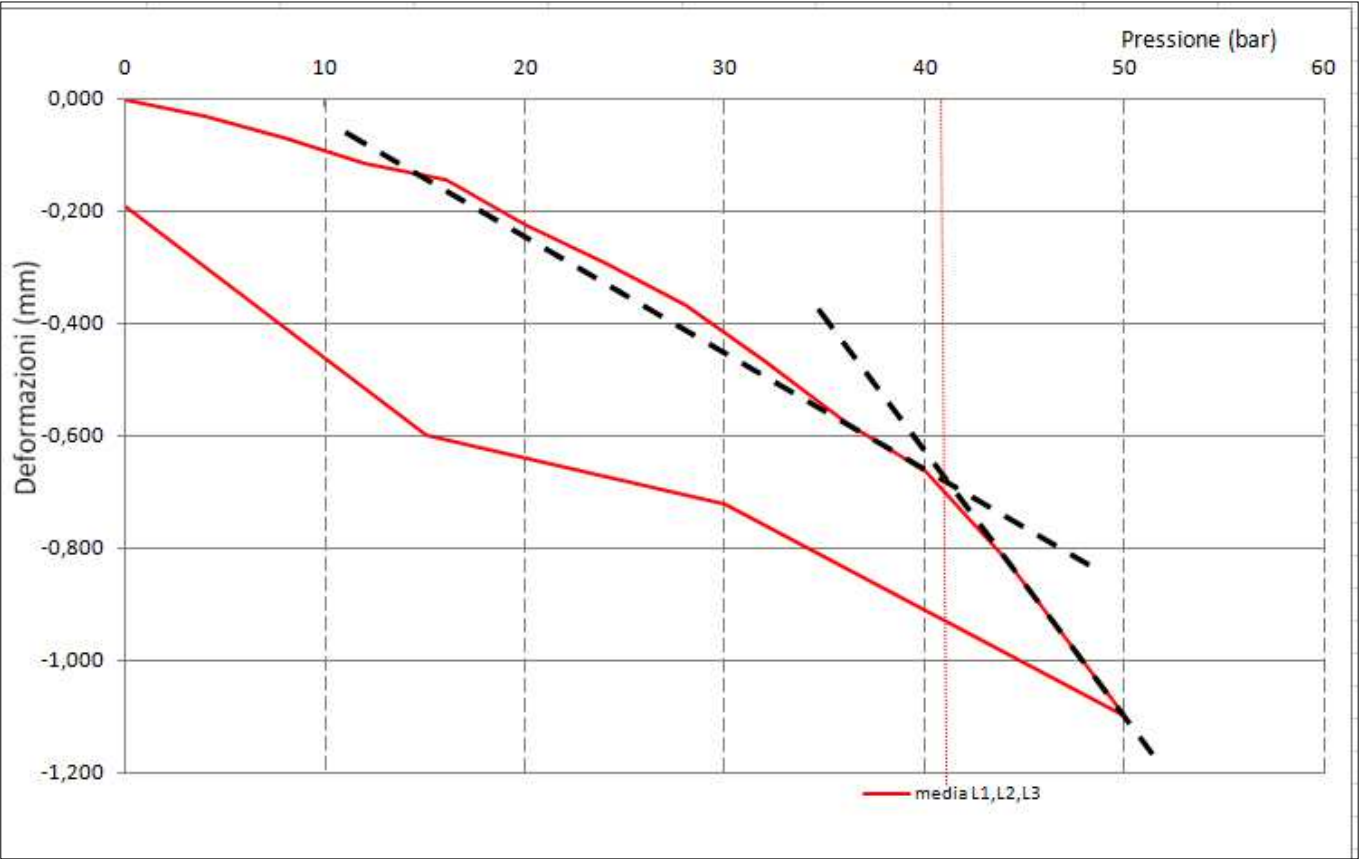
Documentazione fotografica punto di prova



Data:	17/11/2022	Area martinetti (cm²)	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI		
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
<div>MARTINETTO DOPPIO CICLO ULTIMO</div> <div></div>			

LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	4,285	2,708	2,971		0,000	0,000	0,000		0,000
4	4,245	2,683	2,947		-0,040	-0,025	-0,024		-0,030
8	4,196	2,640	2,927		-0,089	-0,068	-0,044		-0,067
12	4,140	2,593	2,887		-0,145	-0,115	-0,084		-0,115
16	4,115	2,555	2,864		-0,170	-0,153	-0,107		-0,143
20	4,080	2,445	2,770		-0,205	-0,263	-0,201		-0,223
24	3,999	2,393	2,695		-0,286	-0,315	-0,276		-0,292
28	3,907	2,314	2,648		-0,378	-0,394	-0,323		-0,365
32	3,864	2,175	2,534		-0,421	-0,533	-0,437		-0,464
36	3,810	1,985	2,449		-0,475	-0,723	-0,522		-0,573
40	3,783	1,915	2,278		-0,502	-0,793	-0,693		-0,663
44	3,679	1,638	2,199		-0,606	-1,070	-0,772		-0,816
50	3,255	1,419	2,000		-1,030	-1,289	-0,971		-1,097
30	3,755	1,744	2,306		-0,530	-0,964	-0,665		-0,720
15	3,868	1,866	2,442		-0,417	-0,842	-0,529		-0,596
0	4,200	2,407	2,788		-0,085	-0,301	-0,183		-0,190





E_{medio}
(daN/cm²) **19574**

BAR	Tensione Limite Elastico (daN/cm ²)
41,1	32,30

5.2 Martinetti piatti – Punto di prova MP2 - Muro perimetrale lato corto nord

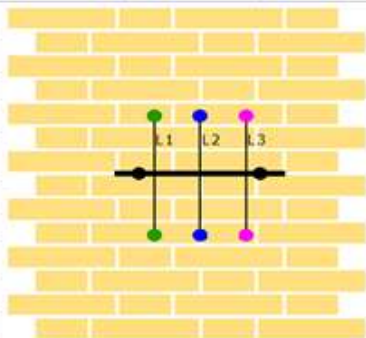
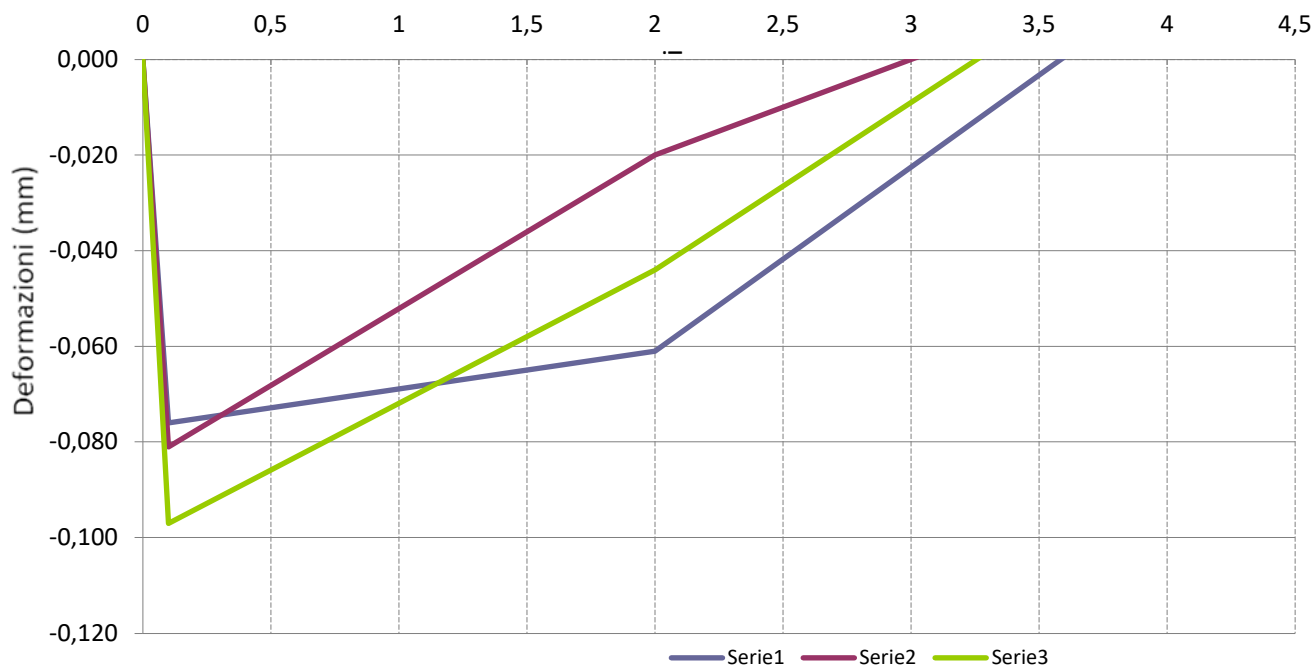
Data:	17/11/2022	Area martinetti					
Tipologia muratura:	MATTONI PIENI	Km (cm ²)					
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86 778,56					
Area superfici di taglio (cm ²):	852,00						
MARTINETTO SINGOLO							
Tensione esercizio σ_e		3,14 daN/cm ²					
LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE							
BAR	L1	L2	L3	CEDIMENTI (mm)			
0	8,645	8,098	7,875	L1	L2	L3	MEDIA (L1-L2-L3)
0	8,569	8,017	7,778	0,000	0,000	0,000	0,000
2	8,584	8,078	7,831	-0,076	-0,081	-0,097	-0,085
4	8,661	8,118	7,901	-0,061	-0,020	-0,044	-0,042
				0,016	0,020	0,026	0,021

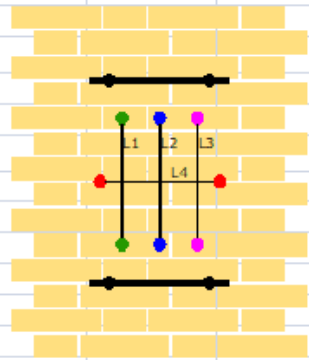
Diagramma Carico-Deformazioni

Pressione (bar)

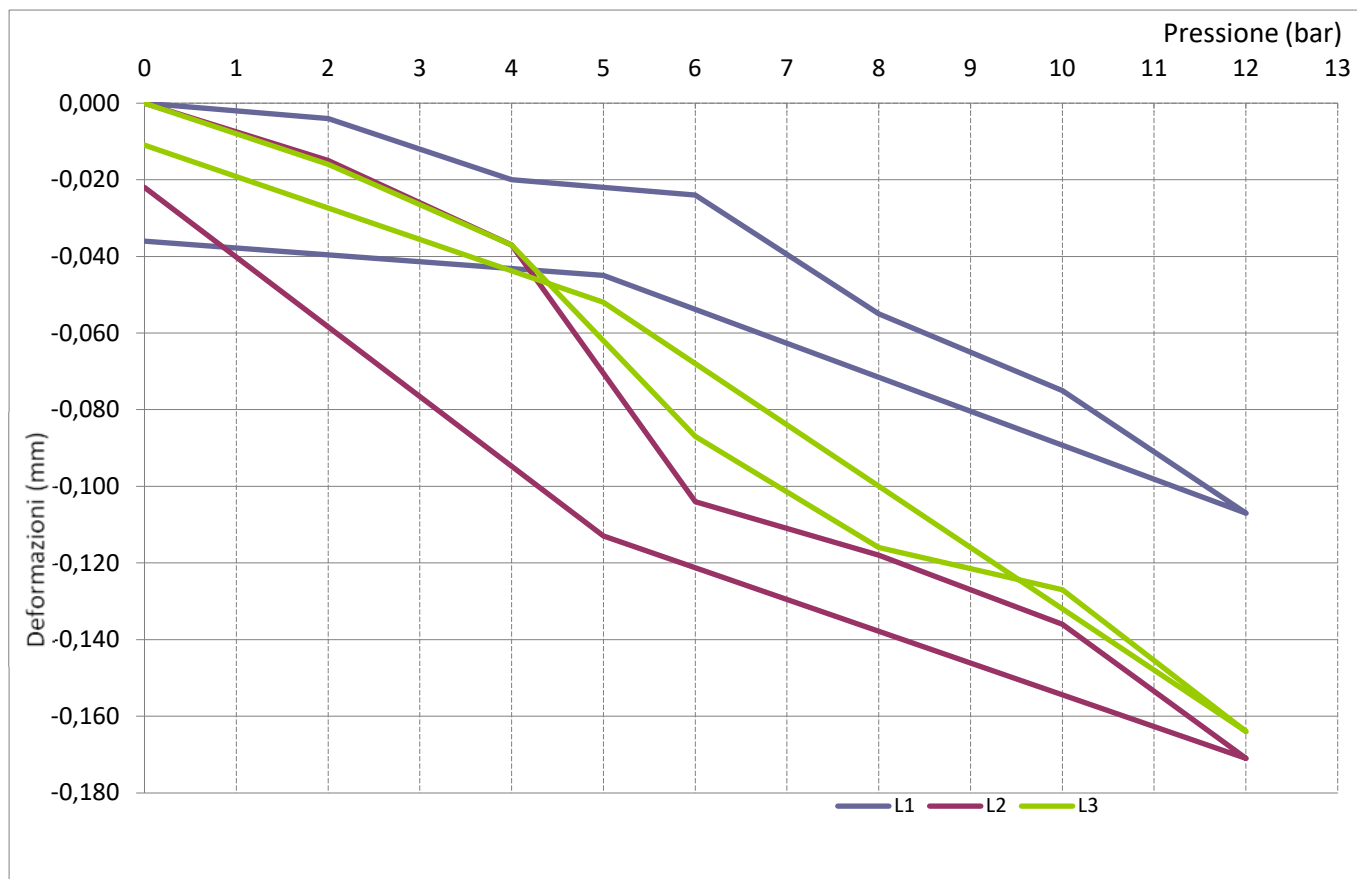


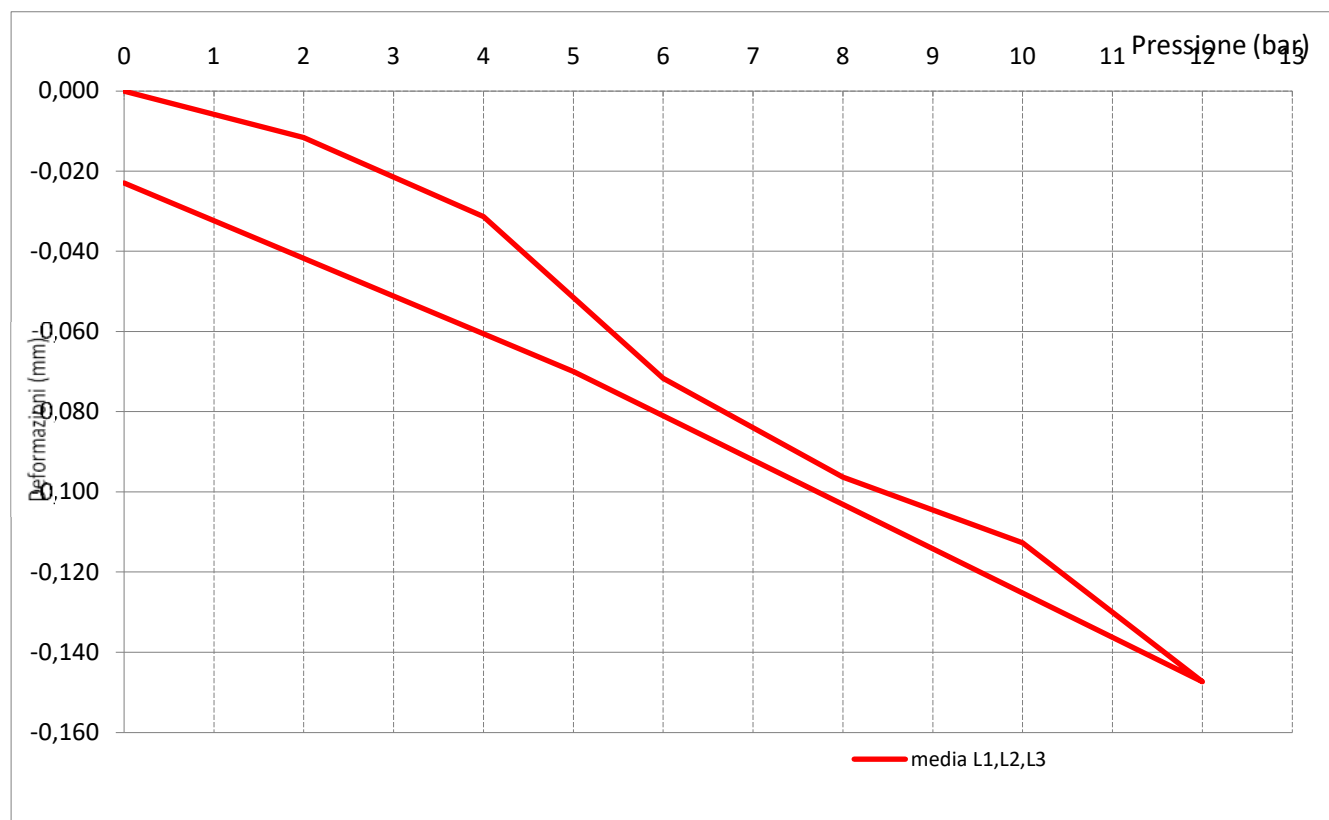
Tensione esercizio
 σ_e (daN/cm²)

3,14

Data:	17/11/2022	Area martinetti
Tipologia muratura:	MATTONI PIENI	Km
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86
Area superfici di taglio (cm²):	852,00	778,56
MARTINETTO DOPPIO 1°ciclo		

LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	9,380	5,733	8,138		0,000	0,000	0,000		0,000
2	9,376	5,718	8,122		-0,004	-0,015	-0,016		-0,012
4	9,360	5,696	8,101		-0,020	-0,037	-0,037		-0,031
6	9,356	5,629	8,051		-0,024	-0,104	-0,087		-0,072
8	9,325	5,615	8,022		-0,055	-0,118	-0,116		-0,096
10	9,305	5,597	8,011		-0,075	-0,136	-0,127		-0,113
12	9,273	5,562	7,974		-0,107	-0,171	-0,164		-0,147
5	9,335	5,620	8,086		-0,045	-0,113	-0,052		-0,070
0	9,344	5,711	8,127		-0,036	-0,022	-0,011		-0,023





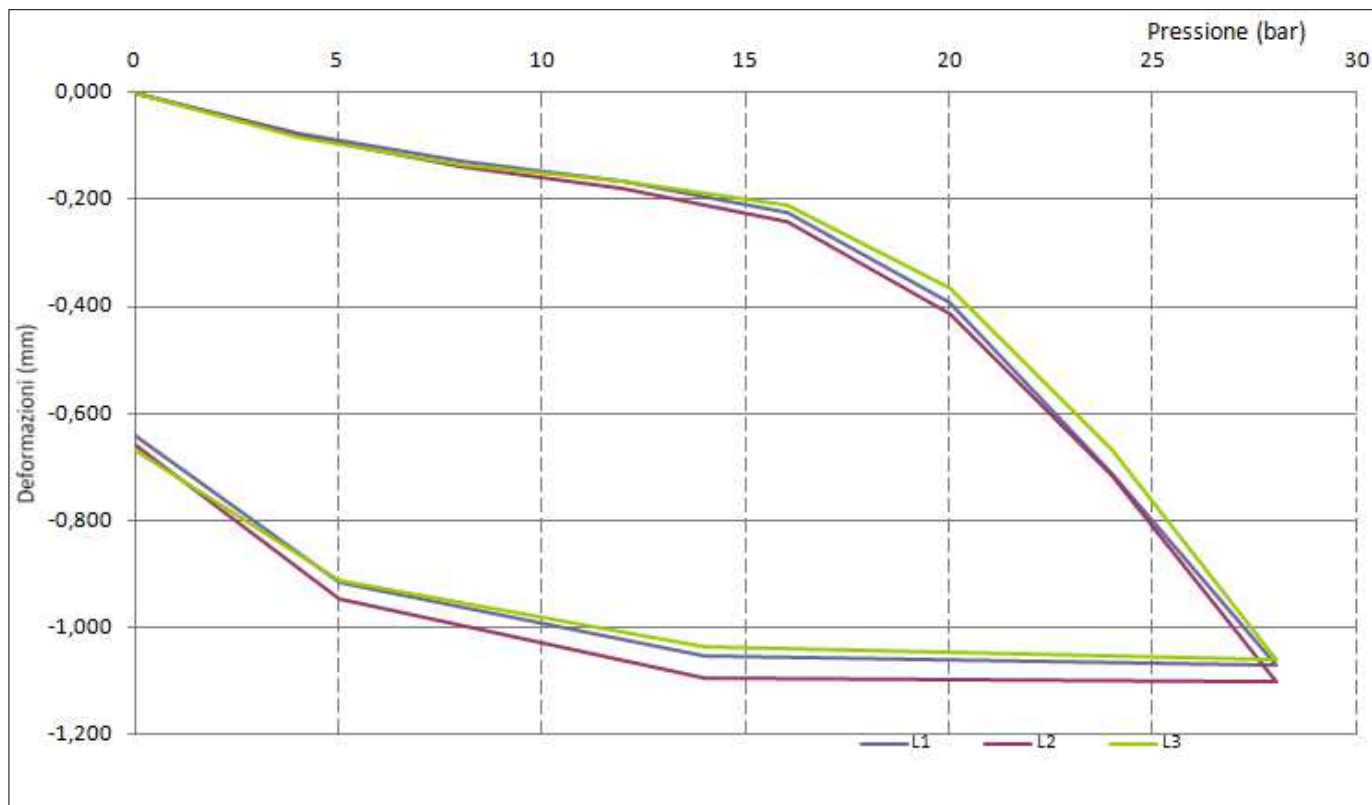
E medio
(daN/cm²)

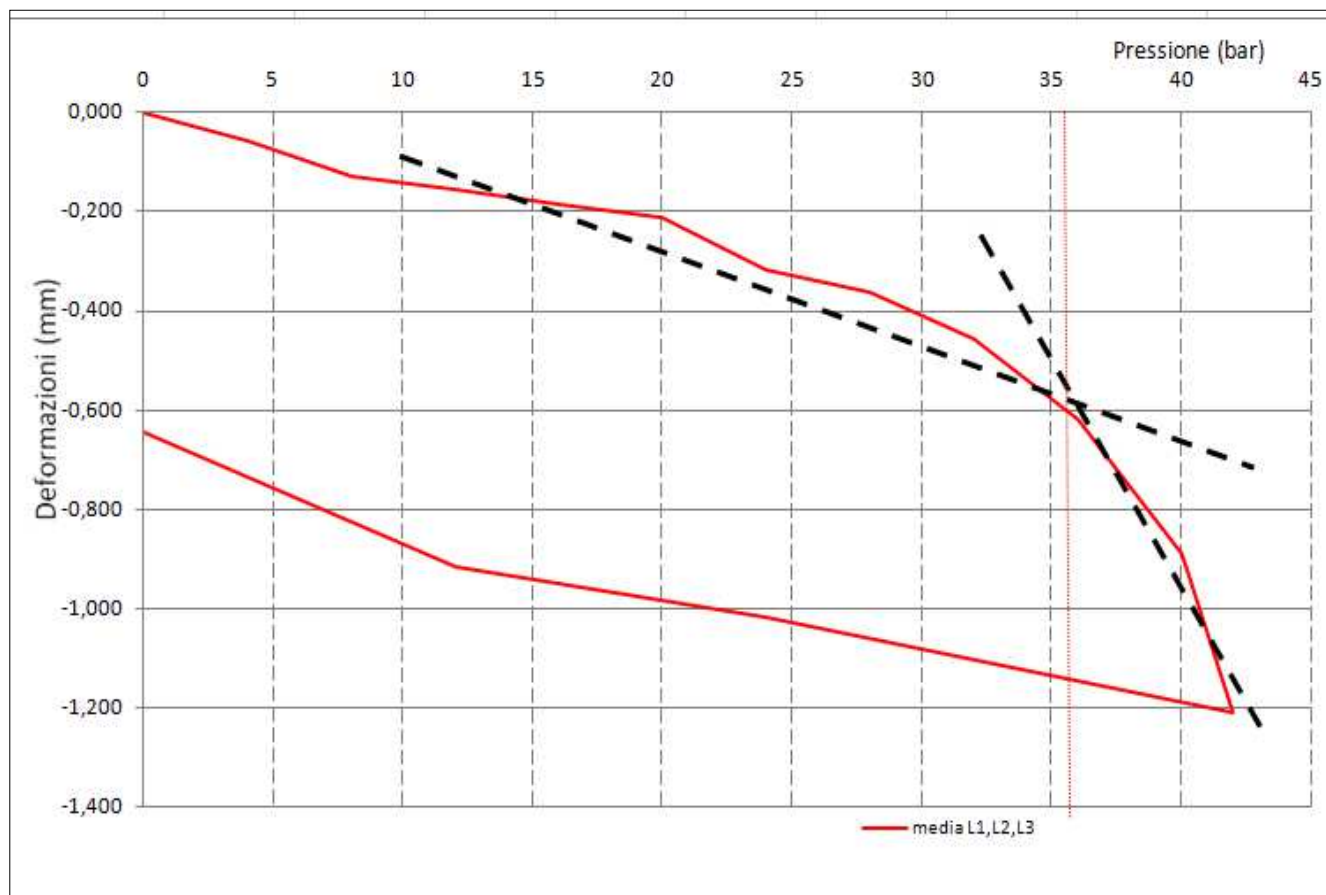
19257

Documentazione fotografica punto di prova



Data:	17/11/2022	Area martinetti (cm²)	778,56	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI			
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86		
Area superfici di taglio (cm²):	852,00			
<div>MARTINETTO DOPPIO CICLO ULTIMO</div>				





E_{medio} (daN/cm²)	16938
--	--------------

BAR	Tensione Limite Elastico (daN/cm²)
36,0	28,29

5.3 Prova di compressione su mattone pieno in laterizio- UNI EN 772/1

TABELLA 1 (carico applicato parallelamente alla direzione di posa)

Punto prelievo campione	Dimensioni faccia caricata (mm)		Altezza provino (mm)	Massa volumica lorda (kg/m ³)	Carico di rottura(N)	Resistenza a compressione del singolo elemento(N/mm ²)
M1-Mattone pieno muratura perimetrale P.terra (lato lungo ovest)	122	121	55	1673	420900	28,5
M3-Mattone pieno muratura perimetrale 1°P. (lato lungo ovest)	81	129	54	1547	222900	21,3
M4-Mattone pieno muratura perimetrale 1°P. (lato corto sud)	133	124	47	1726	495100	30,0

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica "CONTROLS" da 3000 kN – mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 19/05/22

OSSERVAZIONI :

- Le facce di carico del provino sono state preventivamente levigate tramite mola diamantata.
- Le prove sono state eseguite su porzioni di blocco

5.4 Indagine sclerometrica sulla malta – ASTM C803

Contrass. Punto di prova	m1 (p.t.)	m 2 (p.t.)	m 3 (p.t.)	m 4 (1°p.)	m 5 (1°p.)	m 6 (1°p.)	m 7 (1°p.)	m 8 (p.sottot.)	m 9 (p.sottot.)
N° battuta	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.
1	10	10	28	10	10	15	22	23	22
2	11	10	32	10	10	12	24	18	24
3	11	10	26	10	10	15	20	20	25
4	10	10	25	10	10	16	24	20	24
5	10	10	28	10	10	14	26	22	27
6	10	10	27	10	10	15	25	20	22
7	10	10	28	10	10	12	25	22	20
8	10	11	26	10	10	12	27	24	24
9	10	10	23	10	10	12	29	21	25
10	10	10	23	10	10	14	25	22	22
INDICE RIMBALZO MEDIO	10,2	10,1	26,6	10,0	10,0	13,7	24,7	21,2	23,5
R malta STIMATA (*) (N/mm ²)	< 1,4	< 1,4	10,5	< 1,4	< 1,4	< 1,4	8,0	4,7	6,7

(*) Come da tabella di conversione Indice di Rimbalzo/Resistenza a compressione della malta, fornita dal fabbricante dello strumento.

Osservazioni: Lo sclerometro "PASI"-mod.M- matr. M0051 è stato verificato tramite battute su incudine di taratura il giorno 11/11/22