

INDAGINI SU MURATURE
MUNICIPIO DI TARZO
VIA ROMA 42 - TARZO (TV)

Prove n° 2266-67/TV : eseguite in data 20 ottobre 2009

Committente : Comune di Tarzo
Tecnico incaricato : ing. XXXXXXXX
Relatore : ing. Thomas Pavan



Vista fabbricato

Rif.: TV/120-09

Orsago (TV), 21 ottobre 2009

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. PROVA 2266/TV - PROVA CON MARTINETTI PIATTI	pag. 3
2.1 Descrizione dell'attrezzatura	pag. 3
2.2 Modalità di esecuzione delle prove	pag. 4
2.2.1 Rilievo in sito della tensione di esercizio	pag. 4
2.2.2 Misura della resistenza a compressione	pag. 5
2.3 Ubicazione della prova	pag. 6
2.4 Rilevo della tensione di esercizio	pag. 7
2.5 Misura della resistenza a compressione	pag. 8
2.6 Modulo elastico	pag. 12
3. PROVA 2267/TV – INDAGINI ENDOSCOPICHE	pag. 13
3.1 Descrizione della strumentazione	pag. 13
3.2 Posizione punti di ispezione	pag. 13
3.3 Risultati	pag. 14

1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.a.*, specializzata in indagini sperimentali in sito su strutture, è stata incaricata dal **Comune di Tarzo**, di effettuare una prova con martinetti piatti e delle indagini endoscopiche sulle strutture murarie **dell'Ex villa Lucis-Lucchese** ora sede del **Municipio di Tarzo**, in via Roma 42 a Tarzo (TV).

Gli elementi murari da sottoporre ad indagine, sono stati indicati dal Tecnico Incaricato ing. XXXXXXXXX.

Le indagini sono state eseguite il giorno 20 ottobre 2009.

All' esecuzione delle prove hanno assistito:

ing. XXXXXXXXX	Tecnico incaricato
sig. XXXXXXXXX	Sindaco di Tarzo

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

ing. Thomas Pavan
geom. Fabrizio Cisera

2. PROVA 2266/TV - PROVA CON MARTINETTI PIATTI

2.1 Descrizione dell'attrezzatura

Il martinetto piatto utilizzato è una cella di carico azionata idraulicamente, in acciaio ad alta resistenza, di forma semicircolare allungata con le seguenti caratteristiche:

superficie:	761.5 cm ²
spessore:	3.5 mm
diametro:	34.7 cm
profondità di installazione:	25.7 cm
K_m :	0.85

Ogni martinetto è caratterizzato da un coefficiente di taratura (k_m) che ne definisce l'efficacia, ossia la riduzione della spinta rispetto alla massima teoricamente raggiungibile, tenuto conto di due fattori: la rigidità dei bordi e le eventuali deformazioni irreversibili indotte dalle prove precedenti.

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



Martinetto piatto



Troncatrice idraulica

L'erogazione della pressione ai martinetti viene effettuata tramite una pompa manuale munita di regolazione fine, e viene misurata mediante manometro di precisione.

Sistema di misurazione ed acquisizione

Le deformazioni sono state registrate da un'apparecchiatura di gestione e memorizzazione dati denominata DATA-shuttle Express SN 187 costituita da:

- personal computer con software d'elaborazione *4 Emme Service S.p.A.*;
- sensori potenziometrici Midori da 5K Ω LP-50;

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

escursione	2,50 mm
sensibilità	$\pm 0,001$ mm
linearità	99.6 %

Il sistema di acquisizione dati consente di diagrammare in tempo reale l'andamento della risposta indotta nei successivi cicli di carico evitando di scambiare per deformazioni da rilascio tensionale episodi che invece sono originati da locali distacchi e/o disarticolazione degli elementi murari.



Pompa manuale con manometro



Sensori potenziometrici

2.2 Modalità di esecuzione delle prove

2.2.1 Rilievo in sito della tensione di esercizio

Lo scopo della prova con martinetto piatto singolo è la misura dello stato tensionale in una determinata zona della parete muraria. Tale conoscenza costituisce un'importante informazione per la verifica delle condizioni attuali, e quindi della sicurezza di un edificio.

La prova viene eseguita con le seguenti modalità:

- predisposizione dei sensori di spostamento nella zona sovrastante e/o sottostante al taglio;
- alterazione dello stato tensionale della muratura mediante l'esecuzione di un taglio sul piano normale alla superficie della parete muraria e alla direzione della tensione da misurare con rilievo delle deformazioni indotte;
- inserimento nel taglio del martinetto piatto;
- ripristino dello stato tensionale iniziale mediante la pompa idraulica collegata al martinetto. Tale operazione viene eseguita in uno o più cicli con incremento progressivo del carico.

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

La pressione di ripristino delle condizioni iniziali viene determinata mediante l'attenta analisi dei movimenti dei sensori di spostamento applicati nella zona soprastante il taglio.

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



Esecuzione dei tagli

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

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

dove:

- σ_v = tensione verticale di esercizio in sito (daN/cm²);
- P = pressione di ripristino delle condizioni antecedenti il taglio (daN/cm²);
- A_m = area del martinetto (cm²);
- A_t = area del taglio (cm²);
- K_m = coefficiente di bordo del martinetto (adimensionale).

2.2.2 Misura della resistenza a compressione

La misura della resistenza a compressione prevede:

- installazione di un secondo martinetto parallelo al primo ad una distanza pari a circa due volte la larghezza del martinetto;



Particolare del taglio per l'inserimento del martinetto

- esecuzione, se possibile, di altri due tagli paralleli tra loro e perpendicolari ai martinetti, disposti a delimitare lateralmente un parallelepipedo murario con una sola faccia (quella posteriore) collaborante con la struttura muraria adiacente;
- installazione dei sensori di spostamento nella zona compresa tra i due martinetti;
- esecuzione della prova a compressione aumentando la pressione nei martinetti mediante pompa idraulica. Tale operazione viene eseguita solitamente in più cicli con incremento progressivo del carico massimo.

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

La resistenza in sito si ricava dalla seguente formula:

$$\sigma_v = P \cdot \frac{A_m}{A_t} \cdot \overline{k_m}$$

dove:

- σ_v = tensione di rottura (daN/cm²);
- P = pressione di rottura (daN/cm²);
- A_m = area del martinetto (cm²);
- A_t = valore medio delle due aree di taglio (cm²);
- K_m = valore medio dei due coefficienti di bordo dei martinetti (adimensionale).

La metodologia di prova con i martinetti piatti prevede che le deformazioni si stabilizzino prima di applicare il successivo incremento di carico, mettendo così in evidenza eventuali fenomeni di tipo non lineare o viscoso.

Si sottolinea che i risultati che si possono ottenere sono fortemente influenzati dall'eterogeneità della muratura indagata e che pertanto devono essere sempre interpretati alla luce delle particolari condizioni del sito.

2.3 Ubicazione della prova



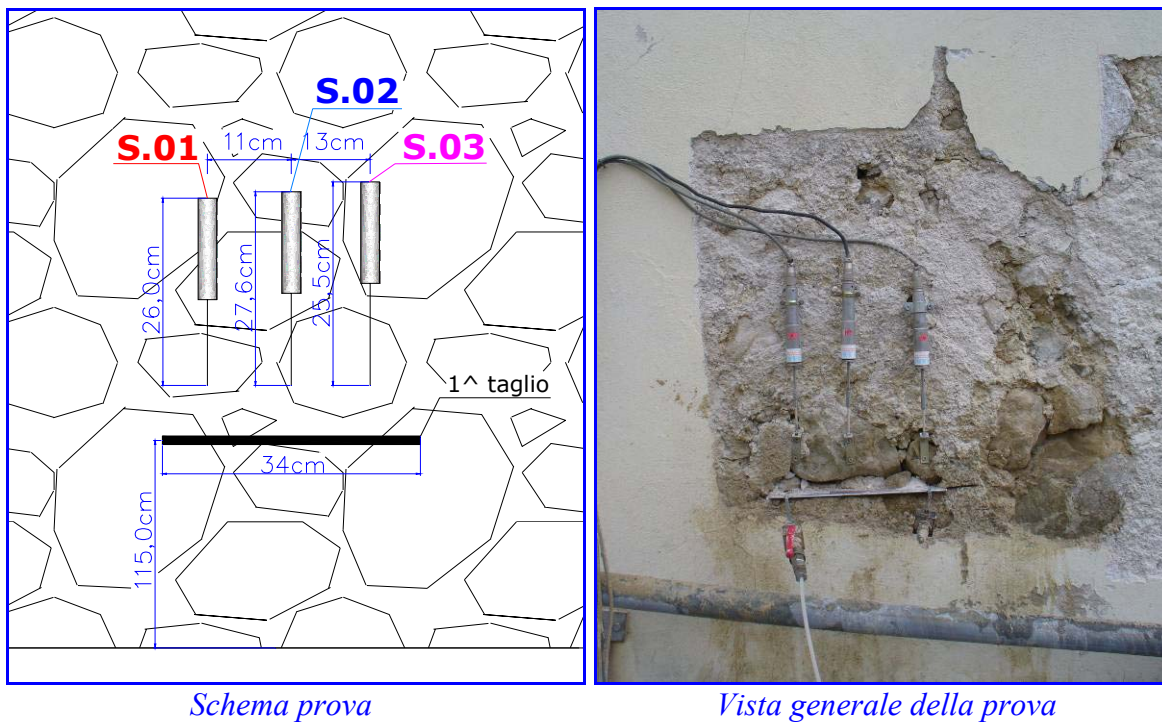
Pianta piano terra

Prospetto

2.4 Rilievo della tensione di esercizio

La muratura oggetto d'indagine, di spessore 70 cm circa, è realizzata con ciottoli e pietre irregolari.

Per misurare le deformazioni del complesso murario, sono stati installati n°3 sensori potenziometrici, come da schema a seguito riportato.



Nella tabella sottostante si riportano i valori degli spostamenti rilevati dai sensori durante la prova per il rilievo dello stato tensionale.

	Se 01	Se 02	Se 03
Inizio taglio	0,000	0,000	0,000
Fine taglio	-0,205	-0,251	-0,132
Inserimento martinetto	-0,185	-0,231	-0,123
2,0 bar	-0,148	-0,193	-0,099
3,0 bar	-0,099	-0,135	-0,071
4,0 bar	-0,042	-0,049	-0,041
4,5 bar	-0,008	0,003	-0,021
5,0 bar	0,028	0,051	0,002

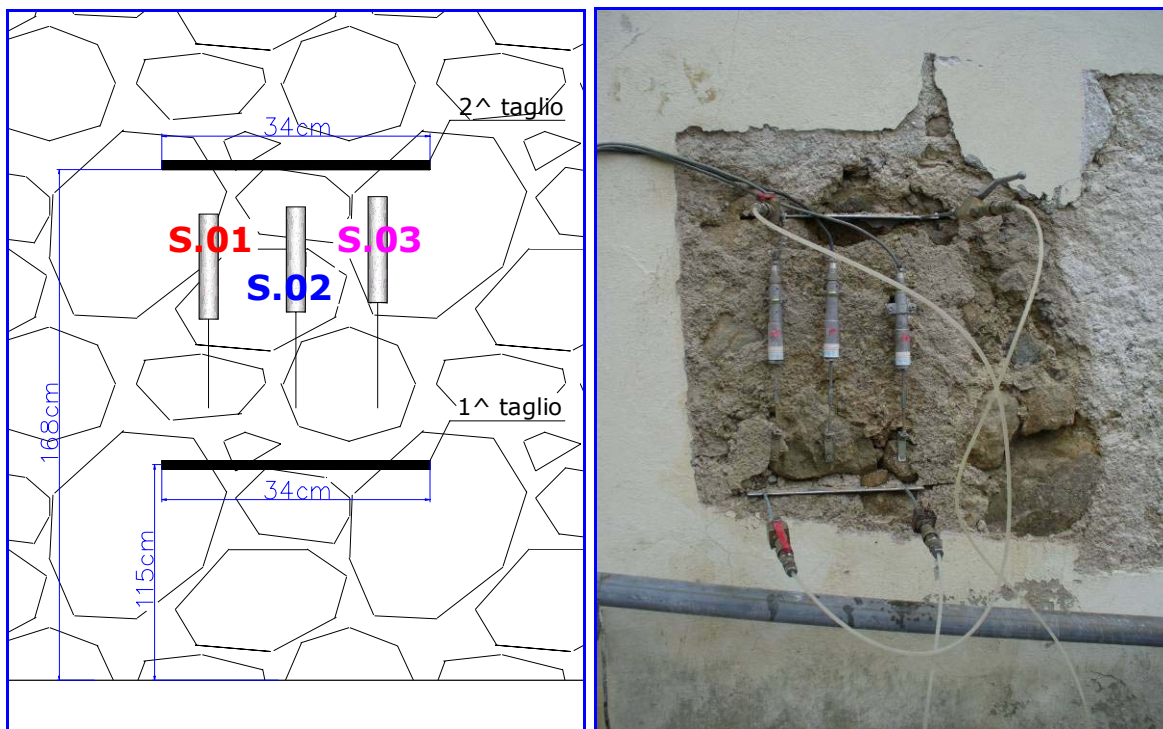
Si ha un ritorno alle condizioni iniziali di deformazione quando viene applicata, attraverso il martinetto, una pressione di 4,5 - 5,0 bar.

Tensione di esercizio = 3,75 daN/cm².

2.5 Misura della resistenza a compressione

La prova è stata completata con la misura della resistenza a compressione. Vista le caratteristiche costruttive della porzione di muratura oggetto di verifica non sono stati eseguiti tagli laterali

La rottura viene individuata sia in base alla lettura dei sensori installati, sia dall'osservazione della formazione di fessurazioni sull'ammasso.



Schema prova

Vista generale della prova

Sono stati effettuati 4 cicli di carico-scarico con incrementi progressivi della pressione, fino ad un massimo di 16 bar.

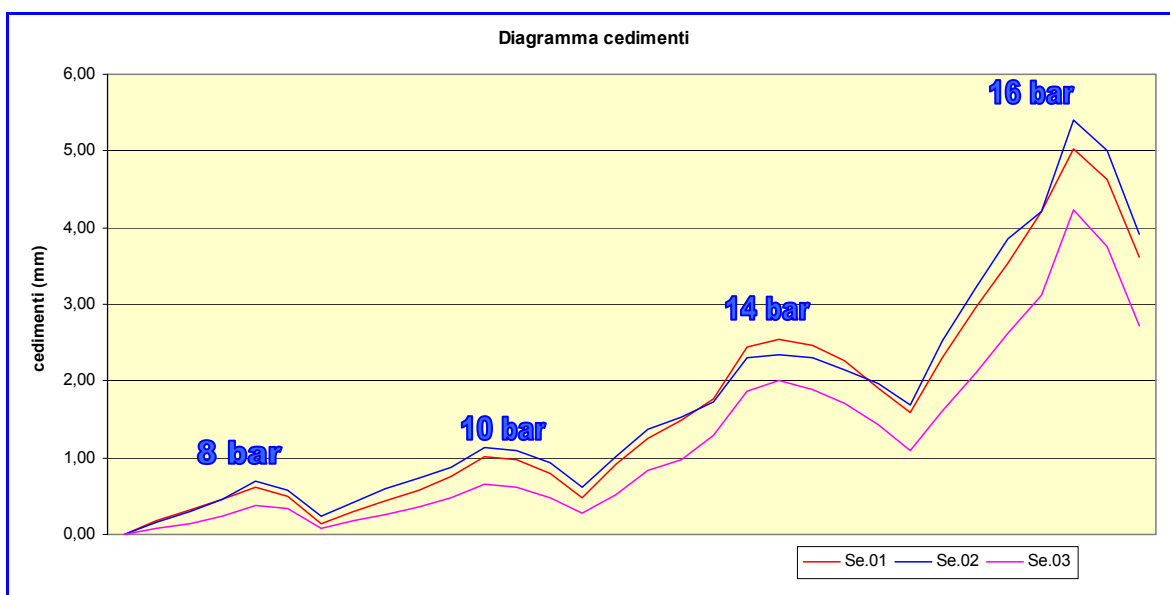
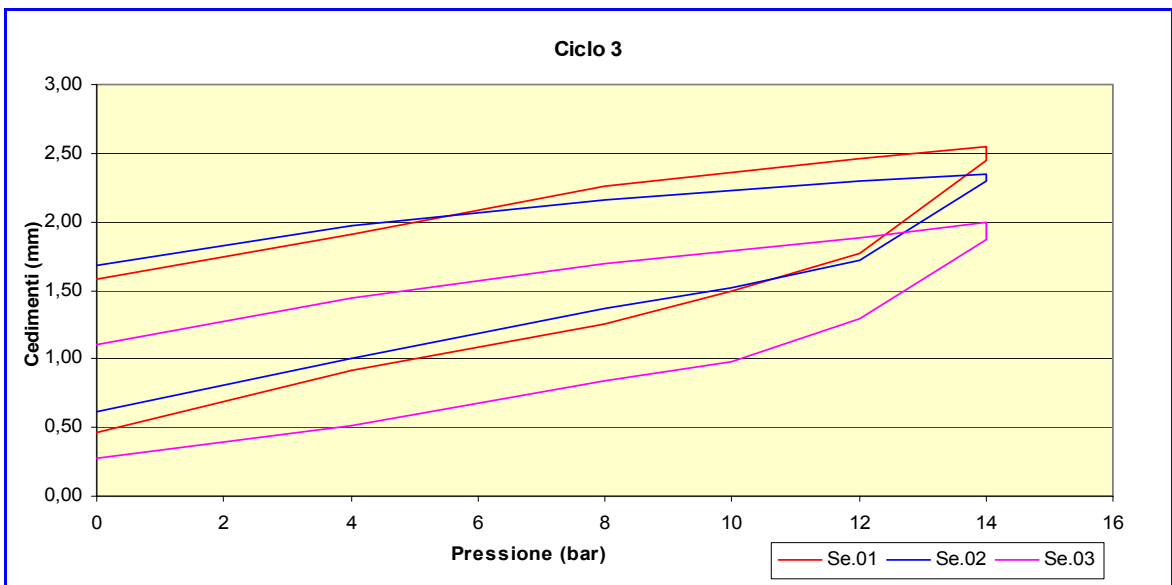
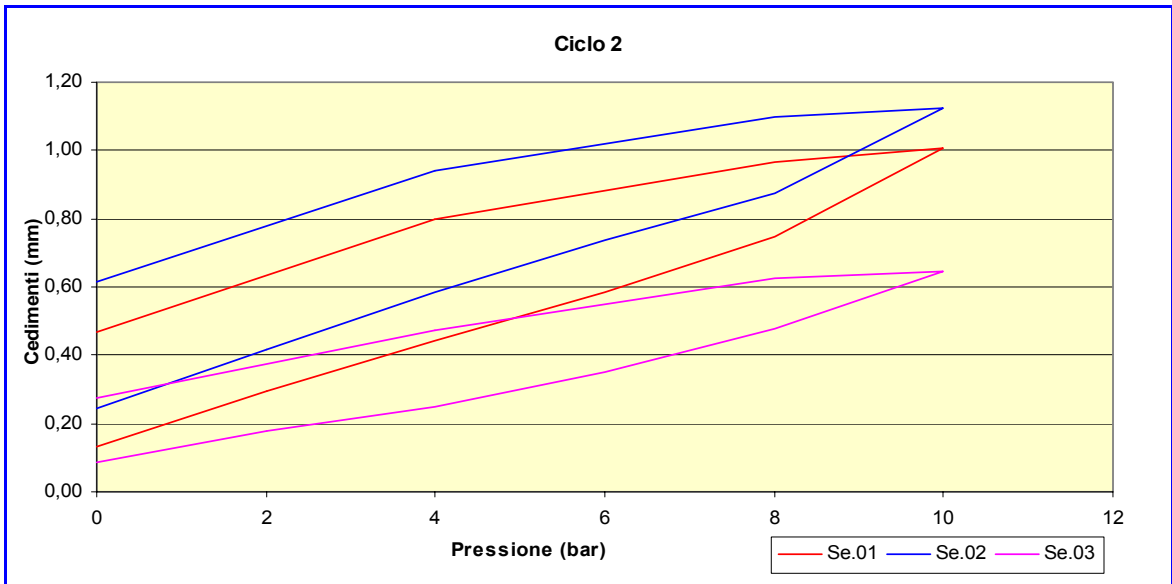
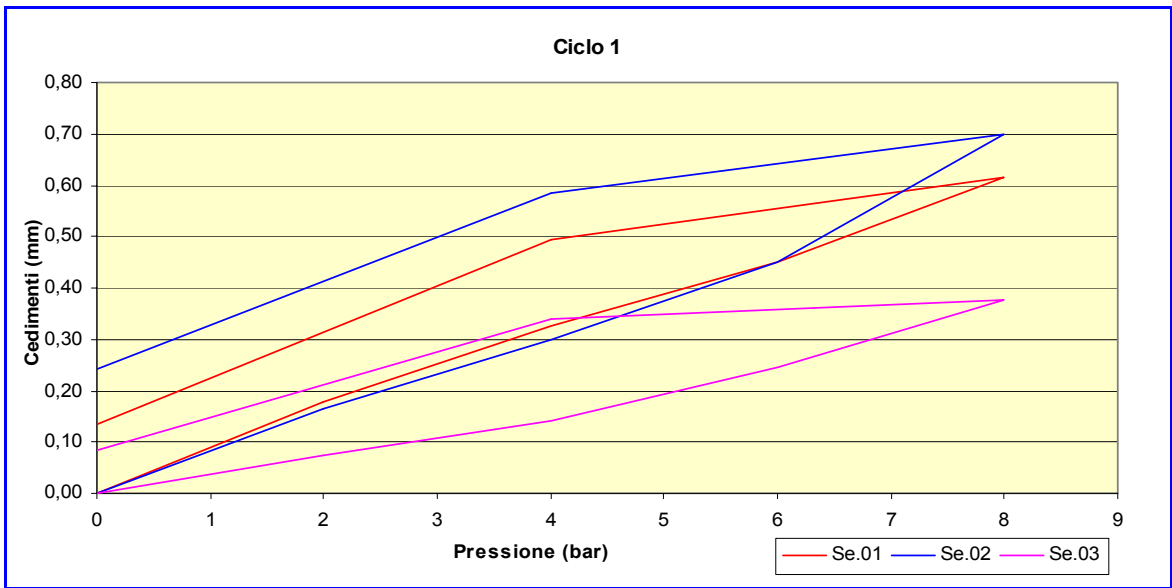
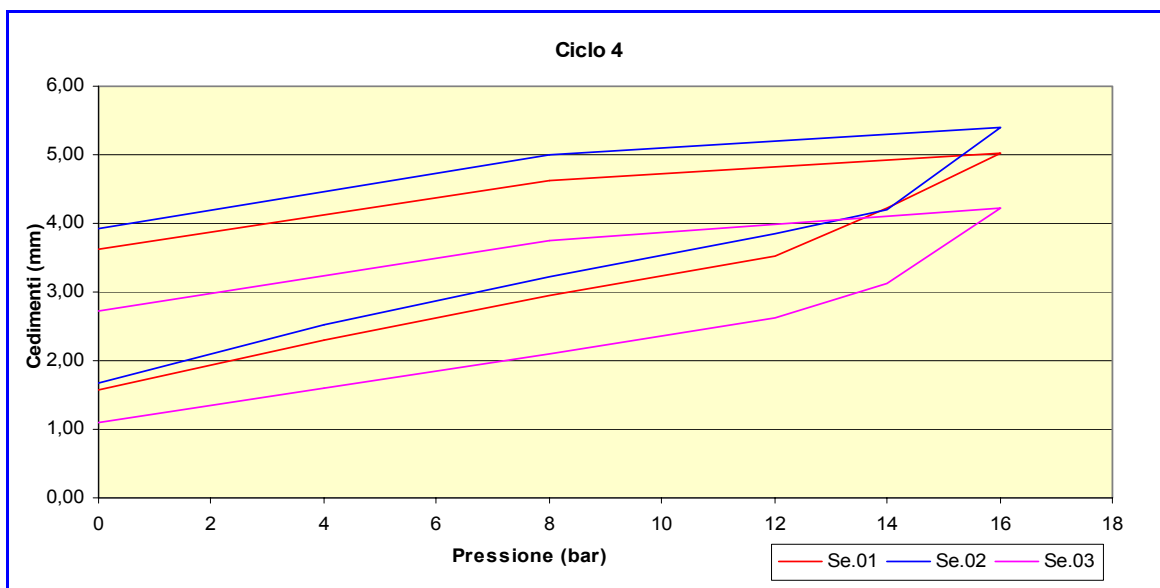


Diagramma delle deformazioni nei diversi cicli di carico-scarico





Diagrammi carico – deformazioni

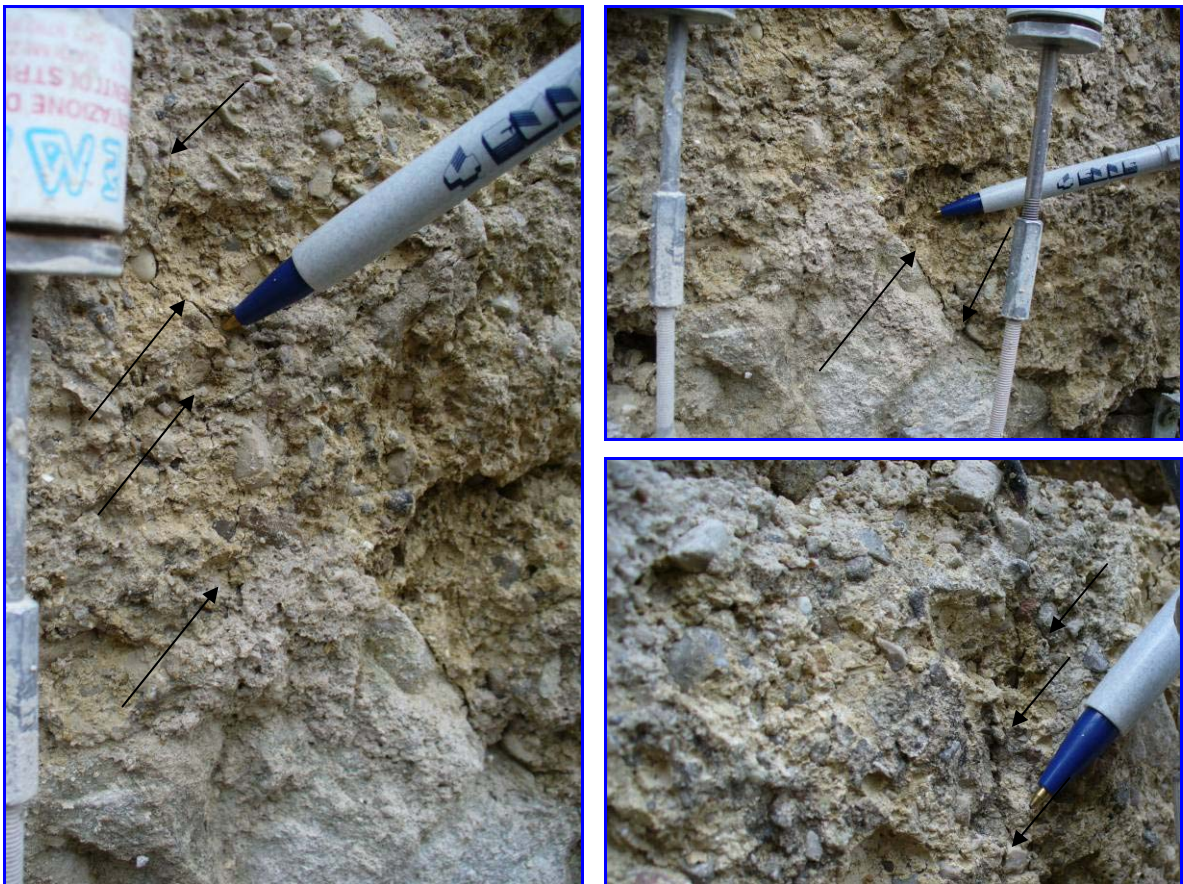
Nella tabella a seguito sono riportati gli spostamenti rilevati dai sensori durante i diversi cicli di carico eseguiti.

	Se.01 (mm)	Se.02 (mm)	Se.03 (mm)	Pressione (bar)
Azzeramento sensori				
1° ciclo di carico				
Carico	0,178	0,164	0,073	2
	0,325	0,300	0,140	4
	0,451	0,449	0,246	6
	0,615	0,699	0,377	8
Scarico	0,494	0,585	0,340	4
	0,134	0,242	0,084	0
2° ciclo di carico				
Carico	0,294	0,417	0,176	2
	0,440	0,587	0,251	4
	0,584	0,738	0,351	6
	0,749	0,874	0,477	8
	1,009	1,125	0,648	10
Scarico	0,964	1,100	0,623	8
	0,800	0,939	0,472	4
	0,467	0,613	0,275	0
3° ciclo di carico				
Carico	0,922	1,010	0,510	4
	1,260	1,363	0,843	8
	1,491	1,520	0,980	10
	1,770	1,720	1,290	12
	2,450	2,295	1,870	14
	2,550	2,345	2,000	14

Scarico	2,462	2,301	1,880	12
	2,265	2,153	1,700	8
	1,903	1,970	1,440	4
	1,580	1,680	1,100	0
4° ciclo di carico				
Carico	2,307	2,530	1,605	4
	2,954	3,220	2,098	8
	3,535	3,852	2,631	12
	4,219	4,203	3,123	14
	5,032	5,411	4,230	16
Scarico	4,623	5,002	3,750	8
	3,615	3,915	2,730	0

Alla pressione di 14 bar si è verificata la rottura del complesso murario con la comparsa di alcune fessurazioni sulla zona compresa tra i martinetti.

La tensione di rottura risulta pertanto pari a 10,5 daN/ cm² .



Fessurazioni alla pressione di 14 bar

2.6 Modulo elastico

I dati dei cicli di carico eseguiti durante la verifica della tensione di rottura vengono inoltre utilizzati per determinare i valori del modulo di deformabilità ai vari livelli di carico.

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

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Dove: $\Delta\sigma$ = intervallo di carico considerato

$\Delta\varepsilon$ = deformazione assiale relativa corrispondente

Ciclo	Pressione		Deformazioni * ($\Delta\varepsilon$)			Modulo Elastico – E (MPa)		
	bar	N/mm ²	Se 01 (mm)	Se 02 (mm)	Se03 (mm)	da	a	media
1	4	0,30	0,0012500	0,0010870	0,0005490	240	546	354
1	6	0,45	0,0017346	0,0016268	0,0009647	259	259	334
2	6	0,45	0,0017308	0,0017971	0,0010471	250	429	313
2	8	0,60	0,0023654	0,0022899	0,0015412	253	389	301
3	10	0,75	0,0039385	0,0032862	0,0027647	190	271	230

* Tutte le deformazioni sono riferite alla distanza tra i capisaldi dei sensori pari a : 260 mm (Se.01), 276 mm (Se.02), 255 mm (se.03).

3. PROVA 2267/TV – INDAGINI ENDOSCOPICHE

3.1 Descrizione della strumentazione

Le indagini endoscopiche sono state eseguite allo scopo di verificare le caratteristiche costruttive della muratura portante della sede municipale.

Sono state preventivamente eseguite n°04 perforazioni utilizzando un trapano con punta $\varnothing = 20$ mm e con una profondità di circa 40 cm; successivamente il foro è stato ispezionato mediante endoscopio **VideoProbe VP300**, dotato di testa mobile di diametro $\varnothing = 6$ mm, telecomandata tramite joystick e con trasmissione delle immagini mediante fibre ottiche.

L'immagine viene visualizzata su un monitor a colori e può essere registrata o fotografata.



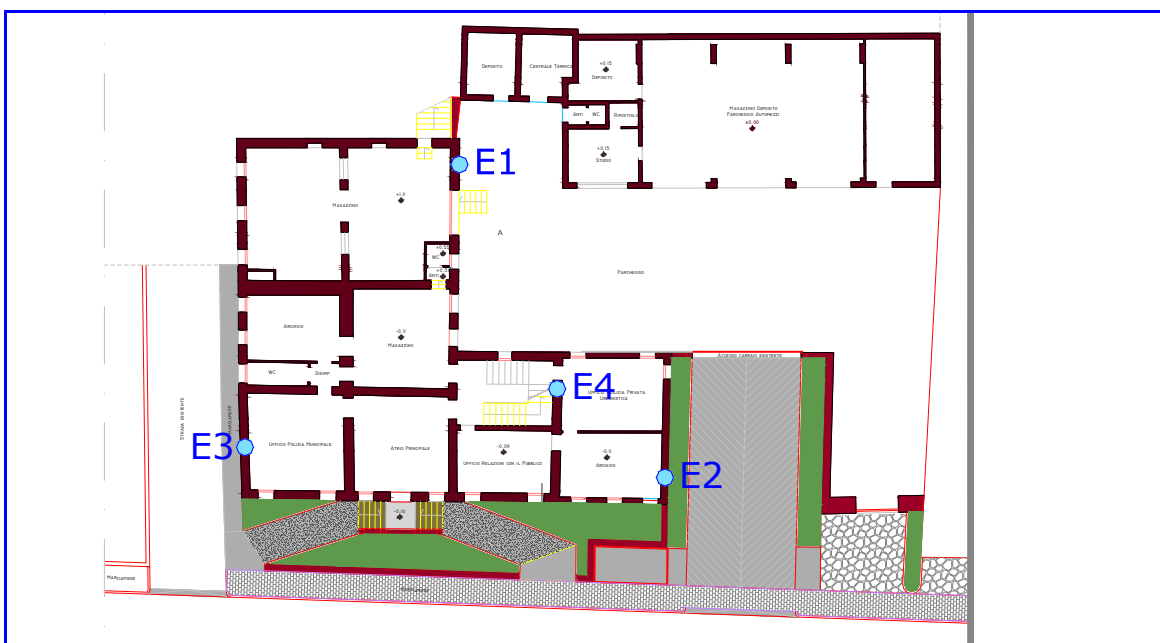
VideoProbe VP300



Esecuzione del foro d'ispezione

3.2 Posizione punti d'ispezione

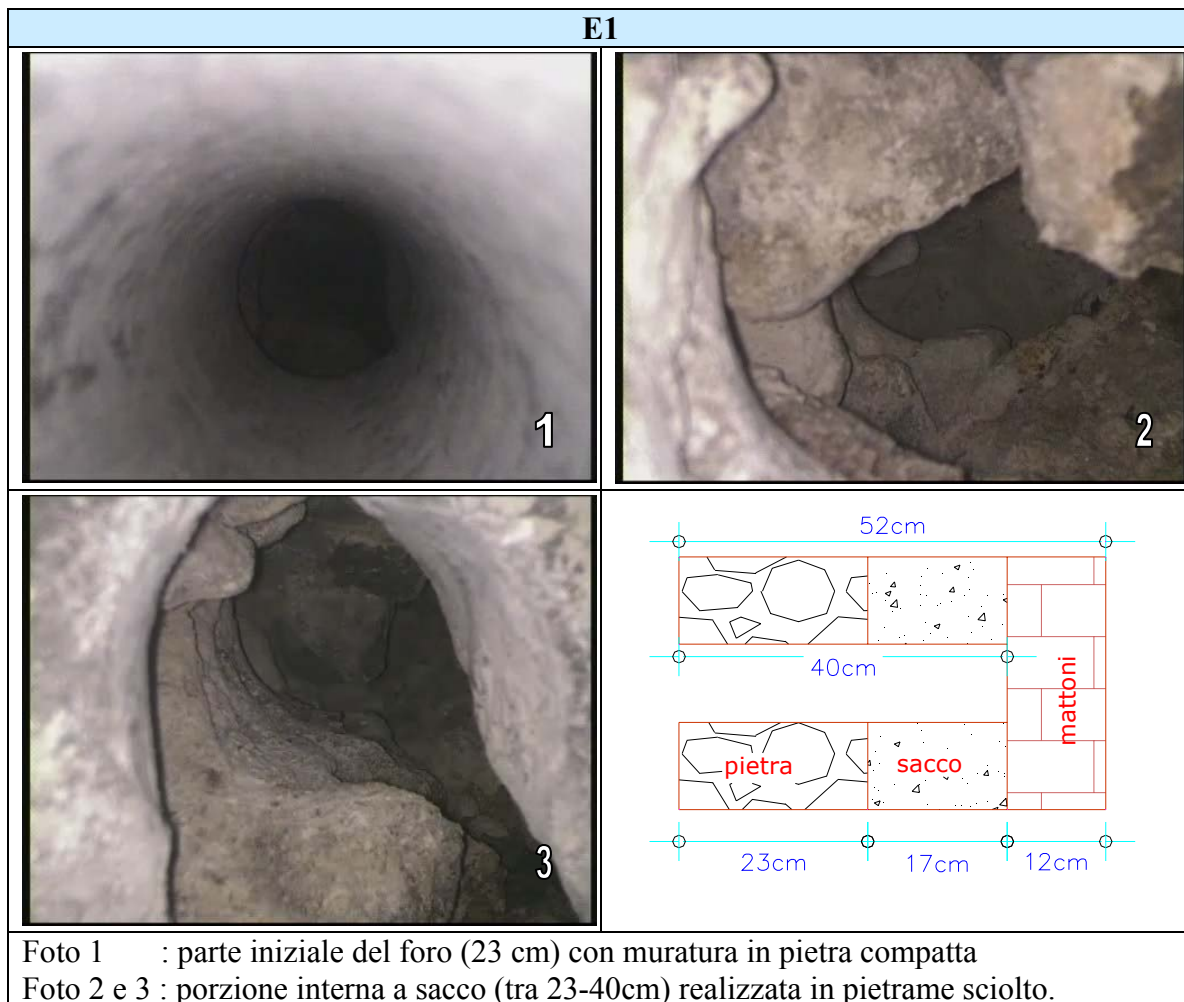
Le ispezioni sono state eseguite su tre muri perimetrali e su un muro interno di spina, nelle posizioni a seguito riportate.



Pianta piano terra

3.3 Risultati

Ispezione E1



Ispezione E2



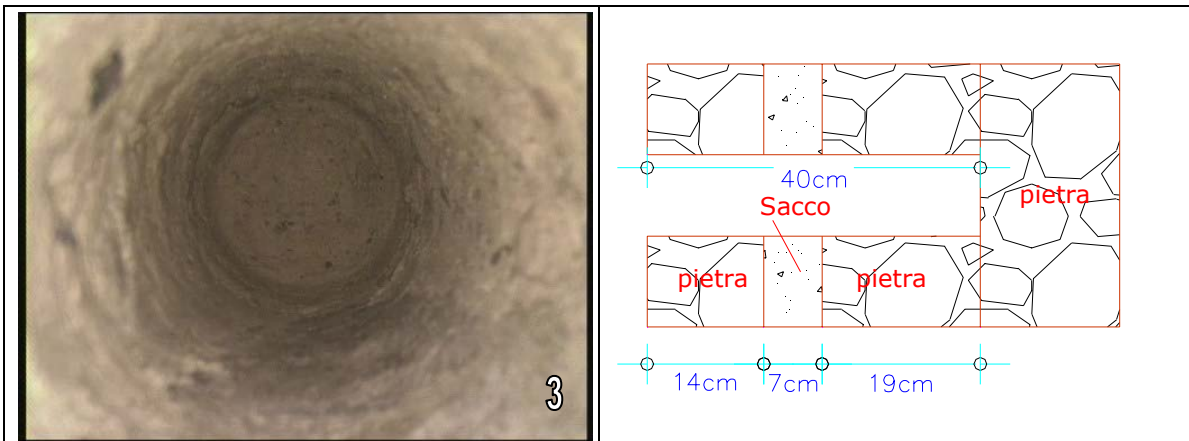


Foto 1 e 2 : evidente vuoto presente dopo una parte iniziale (14cm) in pietra compatta.
 Foto 3 : parte finale del foro con muratura in pietra compatta.

Ispezione E3

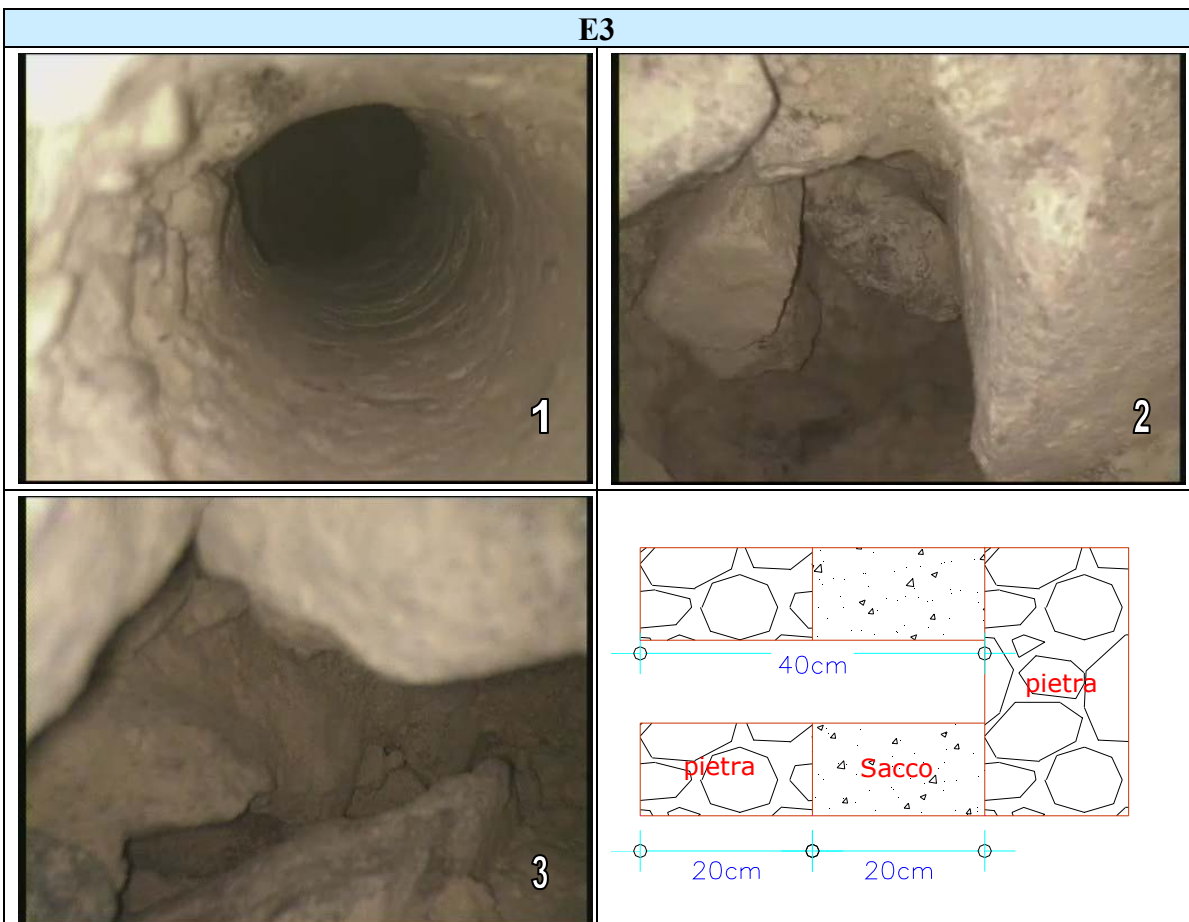
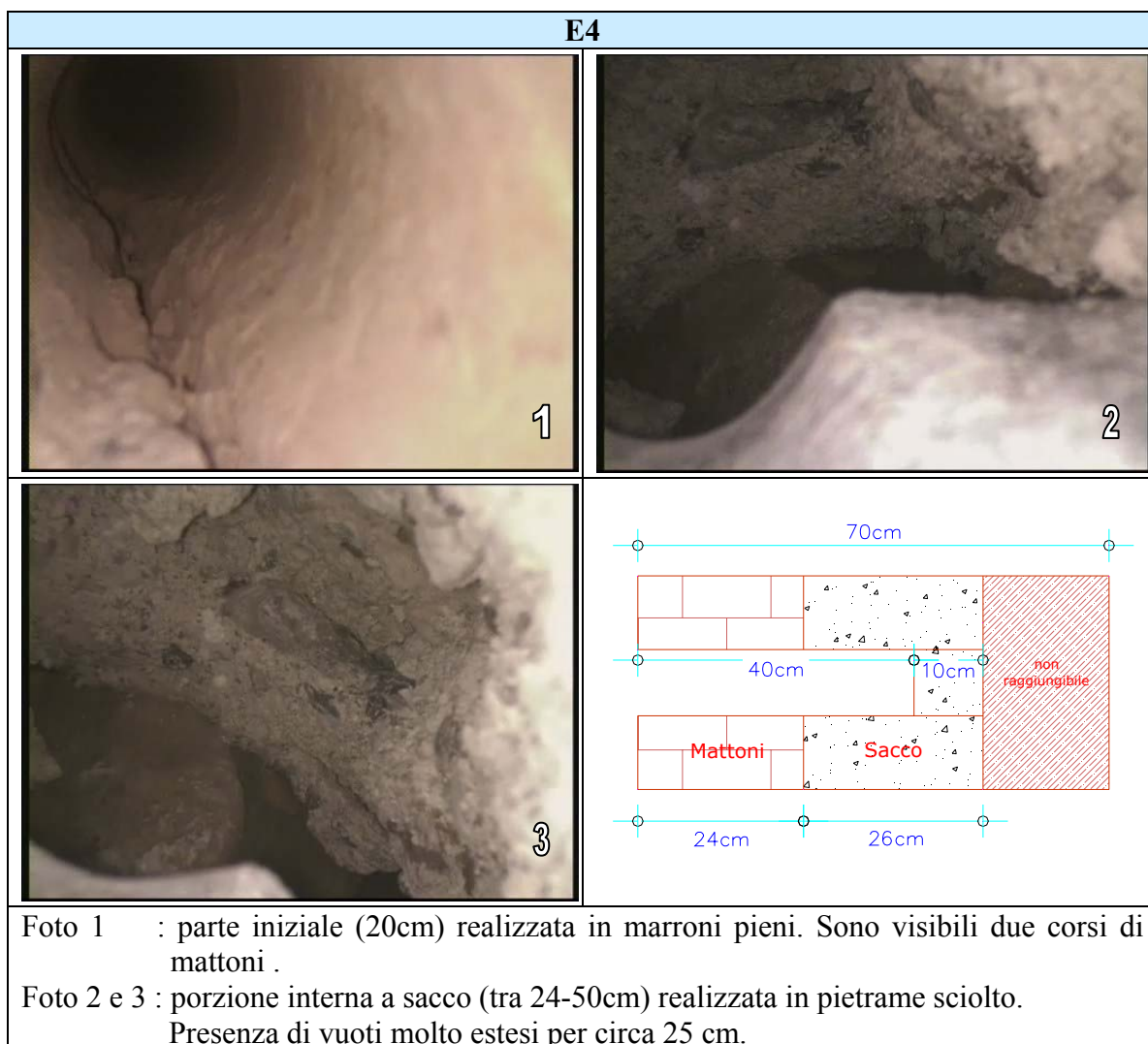


Foto 1 : primi 20 cm realizzati in pietra.
 Foto 2 e 3 : porzione interna a sacco (tra 20-40cm) realizzata in pietrame sciolto.
 Presenza di vuoti abbastanza estesi per circa 20 cm.

Ispezione E4



Tutti i filmati e le immagini registrate durante le endoscopie saranno fornite su CD-ROM a margine della presente relazione.

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate, L'elaborazione dei dati rappresenta invece solamente un sussidio da verificare ed approvare dal Tecnico Incaricato o Collaudatore.

Orsago (TV), 21 ottobre 2009

Relatore:
ing. Thomas Pavan

4 EMME Service Spa
Direttore del Centro di Treviso
Dott. Dario Altinier