



# PROVINCIA DI FERMO

## SETTORE

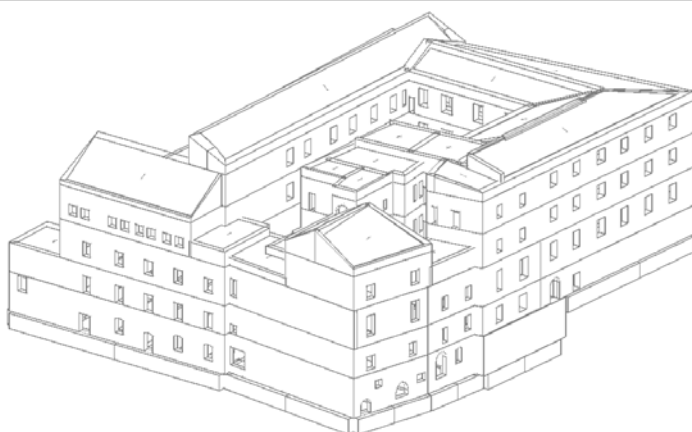
*Patrimonio Edilizia Scolastica Genio Civile e Protezione Civile*

### STUDIO DELLA VULNERABILITA' E DEL RISCHIO SISMICO

IMMOBILE SEDE DEL

## LICEO CLASSICO "ANNIBAL CARO"

*Località via Permentì angolo via Giacomo Leopardi in Fermo*



Revisione

**1°**

Tipologia tavola

**Strutture**

Data documento

**10/05/2018**

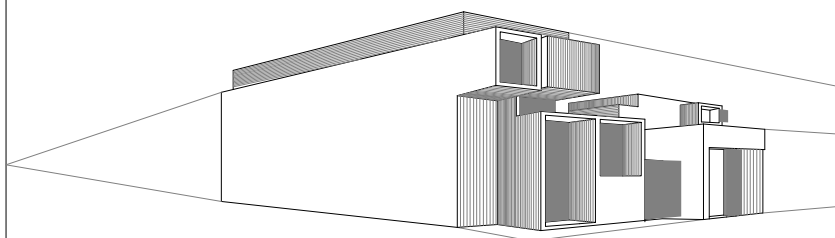
Scale utilizzate

*Elaborato:*

**CARATTERIZZAZIONE ANALISI E PROVE SUI  
MATERIALI DELLA COSTRUZIONE**

# Tav. 03

Il Resp. Procedimento  
**Ing. Ivano Pignoloni**



Il Tecnico :

**Ing. Egidio Santucci**

Via P.Nenni,25 - Montappone (FM)

Tel/Fax 0734 761200 Cell. 338 3781917

P. IVA 01633150444

Timbro e firma



**Maggio  
2018**



Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M.Massini 6

63833 Montegiorgio(FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail info@latema.it

pec latema@arterapec.it

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.):156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap.Soc. € 10.000,00

web site: www.latema.it

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**OGGETTO DELLA PROVA** : Prove in sito su edificio in muratura.

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**GENERALITA'**: Nei giorni tra il 26 luglio 2017 ed il 3 agosto 2017, secondo la richiesta del committente, sono state eseguite prove in sito sull'edificio in oggetto per verificarne le caratteristiche di elementi strutturali e materiali costituenti l'opera.  
Per maggiori dettagli delle prove eseguite, si riporta la seguente tabella riepilogativa:

PROVA	N° PROVE	POSIZIONE PROVE	DATA PROVE	NORME
Martinetto piatto doppio	4	/	26-27/07/2017	/
Compressione laterizi	12	/	03/08/2017	UNI EN 772-1
Analisi petrografica malta	4	/	/	UNI 11176
Indagine stratigrafica	2	/	27/07/2017	/

Per i risultati delle singole prove, si rimanda ai rapporti di prova allegati.



Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M.Massini 6

63833 Montegiorgio(FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail info@latema.it

pec latema@arterapec.it

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.):156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap.Soc. € 10.000,00

web site: www.latema.it

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117-01/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 26/07/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Indagine diagnostica su struttura in muratura: martinetti piatti doppi

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**GENERALITA'** : Il giorno 26/07/17, secondo la richiesta del committente, è stata eseguita n° 1 prova di indagine su muratura con martinetti piatti doppi con n°4 cicli di carico. Gli elementi strutturali sottoposti a prova, le modalità di rilevazione ed i punti di indagine sono stati tutti preventivamente stabiliti dalla direzione lavori in accordo con la committenza.

**SCOPO DELLA PROVA :** La prova con martinetti piatti doppi consiste nel praticare due tagli paralleli nella muratura nei quali introdurre due martinetti piatti oleodinamici che permettono di applicare, alla porzione di muratura interposta, uno stato di sollecitazione monoassiale. Con trasduttori di posizione digitali fissi dislocati in modo opportuno si possono misurare le deformazioni assiali e trasversali al variare della pressione applicata. Da tali valori si è in grado di valutare il modulo elastico  $E$  dato dal rapporto tra la variazione della deformazione assiale e la variazione di pressione nel tratto elastico. Allo stesso modo, dal rapporto tra la deformazione trasversale e quella assiale nel tratto elastico, è possibile valutare il modulo di Poisson  $\nu$ . In ultimo, se si raggiunge o ci si avvicina alla rottura della muratura in fase di prova, si può ottenere con una certa precisione anche il valore della resistenza unitaria della muratura stessa  $f$ .

**ATTREZZATURA DI PROVA :**

- **martinetti oleodinamici piatti:** un martinetto piatto è costituito da due lamine metalliche saldate tra di loro lungo i bordi. Due tubi metallici saldati lungo uno dei due lati permettono il collegamento con l'unità di pressurizzazione. I martinetti utilizzati per la seguente prova sono di forma semicircolare con dimensioni 320 x 125 x 4 mm ed area di spinta pari a 286,52 cmq. Ogni singola parte dello strumento ( lamine, saldature, tubi metallici ) è stata testata ad alta pressione per verificarne la perfetta tenuta in condizioni di prova. Inoltre è stato determinato in laboratorio il coefficiente  $K_m$  che consente di tener conto della riduzione della sezione di spinta del martinetto dovuta alla maggiore rigidità del bordo.

- **unità di pressurizzazione:** la pressurizzazione del martinetto piatto avviene per mezzo di una pompa idraulica manuale in grado di raggiungere una pressione massima di 300 bar. Le misure di pressione vengono eseguite mediante un manometro con campo di misura 60 bar e precisione pari a 0,1 bar. Tale attrezzatura permette di gestire con particolare cura gli incrementi di carico e di mantenere costante la pressione, inoltre, consente il recupero del fluido idraulico che, a prova terminata, viene fatto refluire nel serbatoio.

- **strumentazione di misura per deformazioni assiali:** le misure sono effettuate mediante trasduttori di posizione Gefran, modello PZ-12-A-075, collegati ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissati a coppie di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **strumentazione di misura per deformazioni trasversali:** le misure sono effettuate mediante un trasduttore di posizione Gefran, modello PZ-12-A-100, collegato ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissato ad una coppia di riscontri in acciaio, a distanza di 265 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **attrezzatura per l'esecuzione del taglio:** il taglio è stato eseguito con una troncatrice elettrica a disco. Tale troncatrice è dotata di una lama circolare diamantata avente diametro di 350 mm; le sue caratteristiche geometriche e meccaniche sono tali da consentire l'esecuzione di un taglio perfettamente calibrato rispetto alle dimensioni del martinetto piatto, minimizzando lo scarto tra area di taglio ed area del martinetto e consentendo l'esecuzione della prova senza la necessità di intasamento tra taglio con malta o spessori di materiale vario.

**PROCEDURA DI PROVA :**

- **preparazione basi di misura:** per il posizionamento delle basi di misura è stata utilizzata una apposita dima, secondo lo schema riportato in tabella 1. Le quattro coppie di riscontri installate consentono di eseguire misure delle deformazioni sia assiali ( basi 1-2, 3-4, 5-6 ) che trasversali ( base 7-8 ).

- **esecuzione del taglio:** i tagli sono stati eseguiti in modo tale da garantire la perfetta planarità degli stessi ed avendo cura di evitare sovrintagli. Dopo la realizzazione dei due tagli piani paralleli e sovrapposti ad una distanza tra loro di circa 50 cm, vengono inseriti immediatamente i martinetti piatti "scarichi" e viene effettuata la lettura iniziale, corrispondente al carico zero, delle basi di riferimento. La messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico. Dopo che il liquido idraulico sia completamente confluito nel serbatoio e si sia assicurata la completa disareazione dell'intercapedine e del circuito idraulico, si dà inizio alla prova vera e propria.

- **esecuzione della prova:** le condizioni che caratterizzano tale prova sono tali da realizzare praticamente una prova di compressione monoassiale, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni, della porzione di muratura compresa fra i due tagli. Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico e scarico, con intensità via via crescente. Ad ogni incremento, dopo un tempo di attesa di circa un minuto (o comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione), sono state eseguite le letture sulle quattro coppie di basi e trascritte sull'apposita minuta. Le numerose basi estensimetriche, (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.



#### Caratteristiche del martinetto

Tipo di martinetto:	semicircolare
Dimensioni del martinetto (mm):	320x125x4
Area del martinetto $A_m$ (cmq):	286,52
Costante del martinetto $K_m$ :	0,82

#### Caratteristiche della strumentazione di misura

Pressione max pompa (bar):	300
Fondo scala manometro digitale (bar):	60
Precisione manometro (bar):	0,1
Risoluzione trasduttori di posizione:	infinita
Sensibilità deformometro digitale (mm):	0,001
Precisione deformometro digitale (mm):	+/- 0,002

#### Dati identificativi dell'area di prova

Numero basi primarie:	4
Lunghezza basi primarie (mm):	250
Area della superficie del taglio $A_t$ (cm <sup>2</sup> ):	331
Coefficiente di forma ( $K_a = A_m/A_t$ ):	0,87
Coeff. di correzione della pressione ( $K_p = K_a \cdot K_m$ ):	0,71

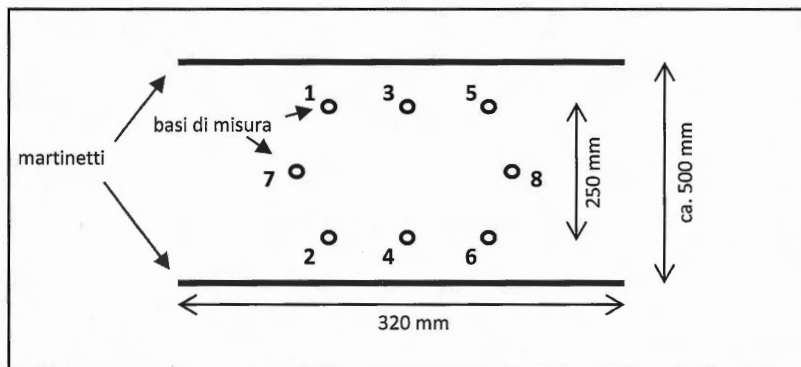


TABELLA 1

#### RIELABORAZIONE DEI DATI:

- restituzione dei dati: come risultati della prova vengono restituiti i grafici tensione-deformazione della muratura, distinguendo la deformazione percentuale assiale da quella trasversale. Da tali curve verranno valutati il valore del modulo elastico assiale  $E$ , il valore del modulo di poisson  $\nu$  e, nel caso si raggiunga o ci si avvicini alla rottura in fase di prova, anche il valore della resistenza unitaria  $f$  della muratura.

$E$  (modulo di elasticità assiale) (N/mm<sup>2</sup>) =  $\sigma / \epsilon_{\text{assiale}}$

$\nu$  (modulo di poisson) (adim) =  $\epsilon_{\text{trasversale}} / \epsilon_{\text{assiale}}$

$f$  (resistenza muratura) o  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>) =  $P_{\text{max}} \times K_m \times K_a = P_{\text{max}} \times K_p = P_{\text{max}} \times 0,71$

Descrizione del materiale sottoposto a prova: Muratura in mattoni pieni e malta "cortile aula magna vicino uscita emergenza"

Identificazione dell'elemento di prova: M1

Risultati della prova:

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (mm)				defor. base orizzontale (mm)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\Delta l$ base 1-2	$\Delta l$ base 3-4	$\Delta l$ base 5-6	$\Delta l$ media	$\Delta l$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,010	0,015	0,012	<b>0,012</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,028	0,030	0,026	<b>0,028</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,001	0,003	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,006	0,009	0,007	<b>0,007</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,028	0,030	0,027	<b>0,028</b>	<b>0,000</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,039	0,041	0,039	<b>0,040</b>	<b>0,000</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,049	0,056	0,054	<b>0,053</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,065	0,071	0,072	<b>0,069</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,001	0,006	0,013	<b>0,007</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,034	0,038	0,034	<b>0,035</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,061	0,068	0,067	<b>0,065</b>	<b>0,000</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,083	0,091	0,091	<b>0,088</b>	<b>0,000</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,105	0,127	0,125	<b>0,119</b>	<b>-0,004</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,131	0,158	0,157	<b>0,149</b>	<b>-0,008</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,157	0,185	0,193	<b>0,178</b>	<b>-0,017</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,022	0,032	0,034	<b>0,029</b>	<b>-0,016</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,099	0,121	0,115	<b>0,112</b>	<b>-0,016</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,163	0,191	0,199	<b>0,184</b>	<b>-0,017</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,189	0,223	0,233	<b>0,215</b>	<b>-0,027</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	0,235	0,299	0,309	<b>0,281</b>	<b>-0,058</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	0,332	0,445	0,474	<b>0,417</b>	<b>-0,091</b>
40,0	28,4	<b>2,84</b>	0,531	0,749	0,803	<b>0,694</b>	<b>-0,148</b>
45,0	31,9	<b>3,19</b>	0,751	1,056	1,119	<b>0,975</b>	<b>-0,211</b>
50,0	35,5	<b>3,55</b>	/	/	/	/	/
55,0	39,0	<b>3,90</b>	/	/	/	/	/
60,0	42,6	<b>4,26</b>	/	/	/	/	/
0,0	0,0	<b>0,00</b>	/	/	/	/	/

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (adim)				defor. basi orizzontali (adim)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\xi$ base 1-2	$\xi$ base 3-4	$\xi$ base 5-6	$\xi$ media	$\xi$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,00004	0,00006	0,00005	<b>0,00005</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00011	0,00012	0,00010	<b>0,00011</b>	<b>0,00000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00000	0,00001	<b>0,00001</b>	<b>0,00000</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,00002	0,00004	0,00003	<b>0,00003</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00011	0,00012	0,00011	<b>0,00011</b>	<b>0,00000</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,00016	0,00016	0,00016	<b>0,00016</b>	<b>0,00000</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,00020	0,00022	0,00022	<b>0,00021</b>	<b>0,00000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00026	0,00028	0,00029	<b>0,00028</b>	<b>0,00000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00002	0,00005	<b>0,00003</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00014	0,00015	0,00014	<b>0,00014</b>	<b>0,00000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00024	0,00027	0,00027	<b>0,00026</b>	<b>0,00000</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,00033	0,00036	0,00036	<b>0,00035</b>	<b>0,00000</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,00042	0,00051	0,00050	<b>0,00048</b>	<b>-0,00002</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,00052	0,00063	0,00063	<b>0,00059</b>	<b>-0,00003</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00063	0,00074	0,00077	<b>0,00071</b>	<b>-0,00006</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00009	0,00013	0,00014	<b>0,00012</b>	<b>-0,00006</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00040	0,00048	0,00046	<b>0,00045</b>	<b>-0,00006</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00065	0,00076	0,00080	<b>0,00074</b>	<b>-0,00006</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,00076	0,00089	0,00093	<b>0,00086</b>	<b>-0,00010</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	0,00094	0,00120	0,00124	<b>0,00112</b>	<b>-0,00022</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	0,00133	0,00178	0,00190	<b>0,00167</b>	<b>-0,00034</b>
40,0	28,4	<b>2,84</b>	0,00212	0,00300	0,00321	<b>0,00278</b>	<b>-0,00056</b>
45,0	31,9	<b>3,19</b>	0,00300	0,00422	0,00448	<b>0,00390</b>	<b>-0,00080</b>
50,0	35,5	<b>3,55</b>	/	/	/	/	/
55,0	39,0	<b>3,90</b>	/	/	/	/	/
60,0	42,6	<b>4,26</b>	/	/	/	/	/
0,0	0,0	<b>0,00</b>	/	/	/	/	/

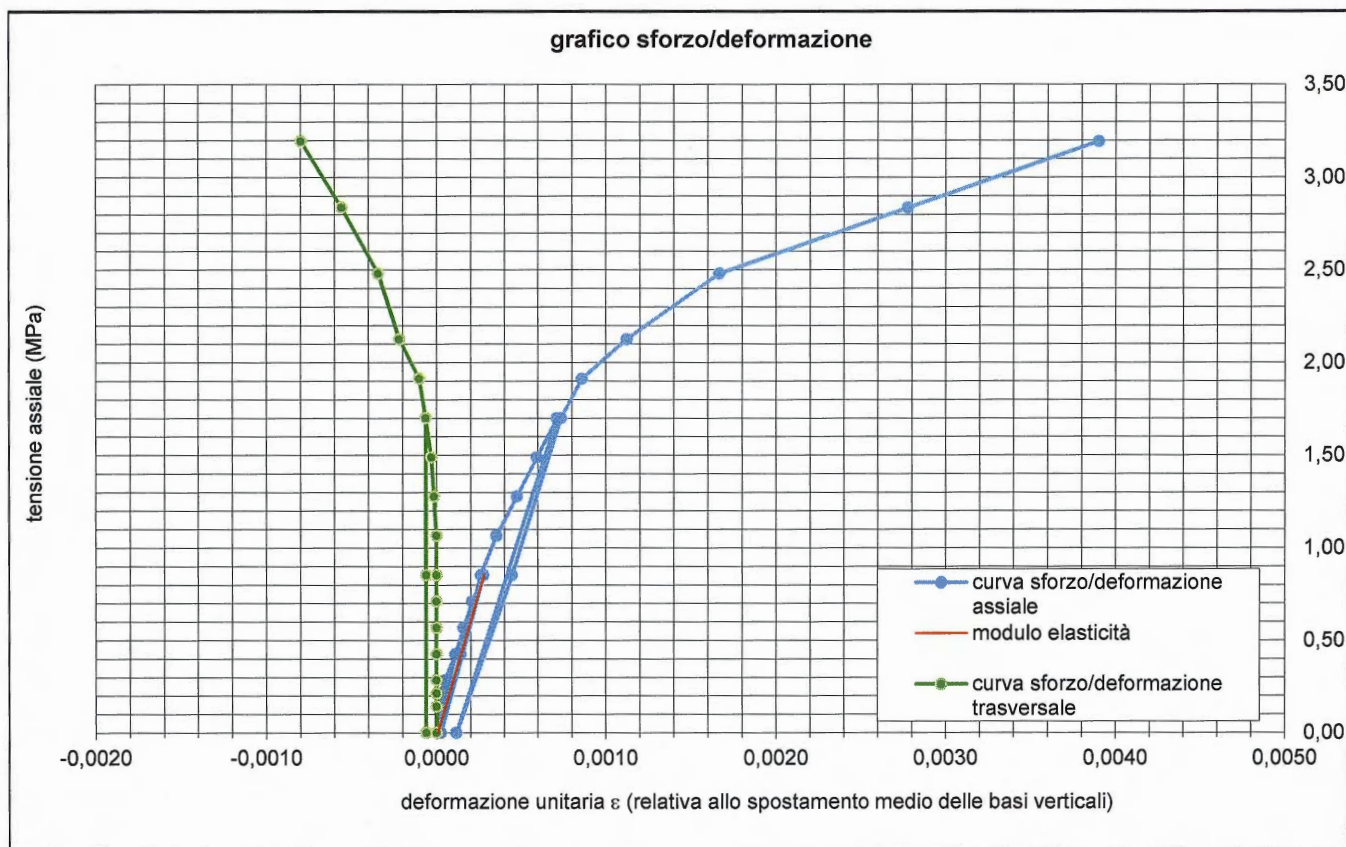
$E$  (modulo di elasticità assiale) (N/mm<sup>2</sup>) =  $\sigma / \xi_{\text{assiale}} =$  **3130**

$\nu$  (modulo di poisson) (adim) =  $\xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}} =$  **0,09**

$f$  (resistenza muratura) o  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>) =  $P_{\text{max}} \times 0,83 =$  **al valore di pressione di 3,19 N/mm<sup>2</sup> la muratura non mantiene più il carico**

Note: al valore di pressione di 2,13 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compare la prima lesione verticale al centro della muratura

Note: al valore di pressione di 3,19 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compaiono altre lesioni ai lati dei martinetti



Documentazione fotografica:



Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)

Il presente rapporto di prova è composto da n° 6 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angeletti)

Foglio n° 6 di 6



Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M. Massini 6

63833 Montegiorgio (FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail info@latema.it

pec latema@arterapec.it

Cod. Fisc./Patr. IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A. (A.P.) 156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap. Soc. € 10.000,00

web site: www.latema.it

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117-02/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 26/07/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Indagine diagnostica su struttura in muratura: martinetti piatti doppi

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**GENERALITA'**: Il giorno 26/07/17, secondo la richiesta del committente, è stata eseguita n° 1 prova di indagine su muratura con martinetti piatti doppi con n°4 cicli di carico. Gli elementi strutturali sottoposti a prova, le modalità di rilevazione ed i punti di indagine sono stati tutti preventivamente stabiliti dalla direzione lavori in accordo con la committenza.



**SCOPO DELLA PROVA :** La prova con martinetti piatti doppi consiste nel praticare due tagli paralleli nella muratura nei quali introdurre due martinetti piatti oleodinamici che permettono di applicare, alla porzione di muratura interposta, uno stato di sollecitazione monoassiale. Con trasduttori di posizione digitali fissi dislocati in modo opportuno si possono misurare le deformazioni assiali e trasversali al variare della pressione applicata. Da tali valori si è in grado di valutare il modulo elastico  $E$  dato dal rapporto tra la variazione della deformazione assiale e la variazione di pressione nel tratto elastico. Allo stesso modo, dal rapporto tra la deformazione trasversale e quella assiale nel tratto elastico, è possibile valutare il modulo di Poisson  $\nu$ . In ultimo, se si raggiunge o ci si avvicina alla rottura della muratura in fase di prova, si può ottenere con una certa precisione anche il valore della resistenza unitaria della muratura stessa  $f$ .

**ATTREZZATURA DI PROVA :**

- **martinetti oleodinamici piatti:** un martinetto piatto è costituito da due lamine metalliche saldate tra di loro lungo i bordi. Due tubi metallici saldati lungo uno dei due lati permettono il collegamento con l'unità di pressurizzazione. I martinetti utilizzati per la seguente prova sono di forma semicircolare con dimensioni 320 x 125 x 4 mm ed area di spinta pari a 286,52 cmq. Ogni singola parte dello strumento ( lamine, saldature, tubi metallici ) è stata testata ad alta pressione per verificarne la perfetta tenuta in condizioni di prova. Inoltre è stato determinato in laboratorio il coefficiente  $K_m$  che consente di tener conto della riduzione della sezione di spinta del martinetto dovuta alla maggiore rigidezza del bordo.

- **unità di pressurizzazione:** la pressurizzazione del martinetto piatto avviene per mezzo di una pompa idraulica manuale in grado di raggiungere una pressione massima di 300 bar. Le misure di pressione vengono eseguite mediante un manometro con campo di misura 60 bar e precisione pari a 0,1 bar. Tale attrezzatura permette di gestire con particolare cura gli incrementi di carico e di mantenere costante la pressione, inoltre, consente il recupero del fluido idraulico che, a prova terminata, viene fatto refluire nel serbatoio.

- **strumentazione di misura per deformazioni assiali:** le misure sono effettuate mediante trasduttori di posizione Gefran, modello PZ-12-A-075, collegati ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissati a coppie di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **strumentazione di misura per deformazioni trasversali:** le misure sono effettuate mediante un trasduttore di posizione Gefran, modello PZ-12-A-100, collegato ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissato ad una coppia di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **attrezzatura per l'esecuzione del taglio:** il taglio è stato eseguito con una troncatrice elettrica a disco. Tale troncatrice è dotata di una lama circolare diamantata avente diametro di 350 mm; le sue caratteristiche geometriche e meccaniche sono tali da consentire l'esecuzione di un taglio perfettamente calibrato rispetto alle dimensioni del martinetto piatto, minimizzando lo scarto tra area di taglio ed area del martinetto e consentendo l'esecuzione della prova senza la necessità di intasamento tra taglio con malta o spessori di materiale vario.

**PROCEDURA DI PROVA :**

- **preparazione basi di misura:** per il posizionamento delle basi di misura è stata utilizzata una apposita dima, secondo lo schema riportato in tabella 1. Le quattro coppie di riscontri installate consentono di eseguire misure delle deformazioni sia assiali ( basi 1-2, 3-4, 5-6 ) che trasversali ( base 7-8 ).

- **esecuzione del taglio:** i tagli sono stati eseguiti in modo tale da garantire la perfetta planarità degli stessi ed avendo cura di evitare sovrintagli. Dopo la realizzazione dei due tagli piani paralleli e sovrapposti ad una distanza tra loro di circa 50 cm, vengono inseriti immediatamente i martinetti piatti "scarichi" e viene effettuata la lettura iniziale, corrispondente al carico zero, delle basi di riferimento. La messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico. Dopo che il liquido idraulico sia completamente confluito nel serbatoio e si sia assicurata la completa disareazione dell'intercapedine e del circuito idraulico, si dà inizio alla prova vera e propria.

- **esecuzione della prova:** le condizioni che caratterizzano tale prova sono tali da realizzare praticamente una prova di compressione monoassiale, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni, della porzione di muratura compresa fra i due tagli. Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico e scarico, con intensità via via crescente. Ad ogni incremento, dopo un tempo di attesa di circa un minuto (o comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione), sono state eseguite le letture sulle quattro coppie di basi e trascritte sull'apposita minuta. Le numerose basi estensimetriche, (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.

#### Caratteristiche del martinetto

Tipo di martinetto:	semicircolare
Dimensioni del martinetto (mm):	320x125x4
Area del martinetto $A_m$ (cmq):	286,52
Costante del martinetto $K_m$ :	0,82

#### Caratteristiche della strumentazione di misura

Pressione max pompa (bar):	300
Fondo scala manometro digitale (bar):	60
Precisione manometro (bar):	0,1
Risoluzione trasduttori di posizione:	infinita
Sensibilità deformometro digitale (mm):	0,001
Precisione deformometro digitale (mm):	+/- 0,002

#### Dati identificativi dell'area di prova

Numero basi primarie:	4
Lunghezza basi primarie (mm):	250
Area della superficie del taglio $A_t$ (cm <sup>2</sup> ):	331
Coefficiente di forma ( $K_a = A_m/A_t$ ):	0,87
Coeff. di correzione della pressione ( $K_p = K_a * K_m$ ):	0,71

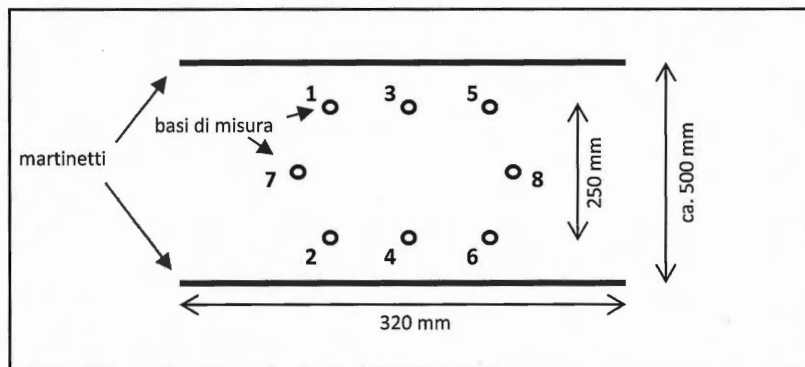


TABELLA 1

#### RIELABORAZIONE DEI DATI :

- restituzione dei dati: come risultati della prova vengono restituiti i grafici tensione-deformazione della muratura, distinguendo la deformazione percentuale assiale da quella trasversale. Da tali curve verranno valutati il valore del modulo elastico assiale  $E$ , il valore del modulo di poisson  $\nu$  e, nel caso si raggiunga o ci si avvicini alla rottura in fase di prova, anche il valore della resistenza unitaria  $f$  della muratura.

$$E \text{ (modulo di elasticità assiale) (N/mm}^2\text{)} = \sigma / \xi_{\text{assiale}}$$

$$\nu \text{ (modulo di poisson) (adim)} = \xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}}$$

$$f \text{ (resistenza muratura) } \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)} = P_{\text{max}} \times K_m \times K_a = P_{\text{max}} \times K_p = P_{\text{max}} \times 0,71$$

Descrizione del materiale sottoposto a prova: Muratura in mattoni pieni e malta "interno aula magna, muro verso il cortile"

Identificazione dell'elemento di prova: M2

Risultati della prova:

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (mm)				defor. base orizzontale (mm)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\Delta l$ base 1-2	$\Delta l$ base 3-4	$\Delta l$ base 5-6	$\Delta l$ media	$\Delta l$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,015	0,013	0,010	<b>0,013</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,021	0,020	0,024	<b>0,022</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,009	0,001	0,002	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,002	0,003	0,004	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,020	0,021	0,030	<b>0,024</b>	<b>0,000</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,036	0,035	0,046	<b>0,039</b>	<b>0,000</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,052	0,058	0,067	<b>0,059</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,084	0,075	0,092	<b>0,084</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,009	0,006	0,030	<b>0,015</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,020	0,019	0,033	<b>0,024</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,085	0,080	0,097	<b>0,087</b>	<b>0,000</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,109	0,118	0,123	<b>0,117</b>	<b>0,000</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,178	0,191	0,187	<b>0,185</b>	<b>0,000</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,328	0,301	0,336	<b>0,322</b>	<b>-0,014</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,538	0,525	0,577	<b>0,547</b>	<b>-0,039</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,209	0,231	0,263	<b>0,234</b>	<b>-0,035</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,408	0,431	0,456	<b>0,432</b>	<b>-0,035</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,642	0,608	0,678	<b>0,643</b>	<b>-0,038</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,851	0,847	0,901	<b>0,866</b>	<b>-0,051</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	1,305	1,381	1,556	<b>1,414</b>	<b>-0,094</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	2,198	2,280	2,302	<b>2,260</b>	<b>-0,211</b>
40,0	28,4	<b>2,84</b>	/	/	/	/	/
45,0	31,9	<b>3,19</b>	/	/	/	/	/
50,0	35,5	<b>3,55</b>	/	/	/	/	/
55,0	39,0	<b>3,90</b>	/	/	/	/	/
60,0	42,6	<b>4,26</b>	/	/	/	/	/
0,0	0,0	<b>0,00</b>	/	/	/	/	/

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (adim)				deform. basi orizzontali (adim)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\xi$ base 1-2	$\xi$ base 3-4	$\xi$ base 5-6	$\xi$ media	$\xi$ base 7-8
0,0	0,0	0,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2,0	1,4	0,14	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4,0	2,8	0,28	0,00006	0,00005	0,00004	0,00005	0,00000
6,0	4,3	0,43	0,00008	0,00008	0,00010	0,00009	0,00000
0,0	0,0	0,00	0,00004	0,00000	0,00001	0,00002	0,00000
3,0	2,1	0,21	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001	0,00000
6,0	4,3	0,43	0,00008	0,00008	0,00012	0,00009	0,00000
8,0	5,7	0,57	0,00014	0,00014	0,00018	0,00016	0,00000
10,0	7,1	0,71	0,00021	0,00023	0,00027	0,00024	0,00000
12,0	8,5	0,85	0,00034	0,00030	0,00037	0,00033	0,00000
0,0	0,0	0,00	0,00004	0,00002	0,00012	0,00006	0,00000
6,0	4,3	0,43	0,00008	0,00008	0,00013	0,00010	0,00000
12,0	8,5	0,85	0,00034	0,00032	0,00039	0,00035	0,00000
15,0	10,6	1,06	0,00044	0,00047	0,00049	0,00047	0,00000
18,0	12,8	1,28	0,00071	0,00076	0,00075	0,00074	0,00000
21,0	14,9	1,49	0,00131	0,00120	0,00134	0,00129	-0,00006
24,0	17,0	1,70	0,00215	0,00210	0,00231	0,00219	-0,00016
0,0	0,0	0,00	0,00084	0,00092	0,00105	0,00094	-0,00014
12,0	8,5	0,85	0,00163	0,00172	0,00182	0,00173	-0,00014
24,0	17,0	1,70	0,00257	0,00243	0,00271	0,00257	-0,00015
27,0	19,2	1,92	0,00340	0,00339	0,00360	0,00347	-0,00020
30,0	21,3	2,13	0,00522	0,00552	0,00622	0,00566	-0,00038
35,0	24,8	2,48	0,00879	0,00912	0,00921	0,00904	-0,00084
40,0	28,4	2,84	/	/	/	/	/
45,0	31,9	3,19	/	/	/	/	/
50,0	35,5	3,55	/	/	/	/	/
55,0	39,0	3,90	/	/	/	/	/
60,0	42,6	4,26	/	/	/	/	/
0,0	0,0	0,00	/	/	/	/	/

$E$  (modulo di elasticità assiale) (N/mm<sup>2</sup>) =  $\sigma / \xi_{\text{assiale}} =$  **2672**

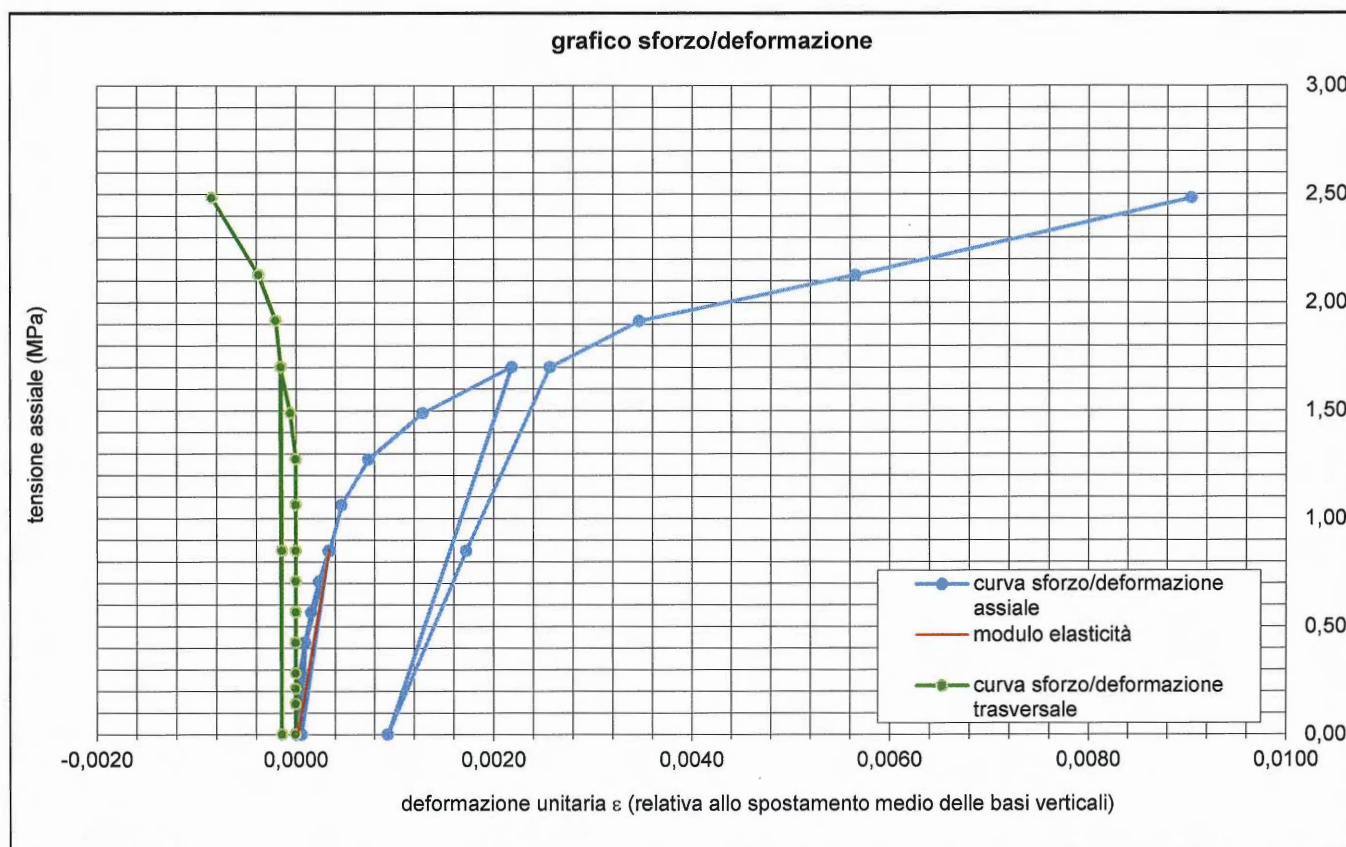
$\nu$  (modulo di poisson) (adim) =  $\xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}} =$  **0,07**

$f$  (resistenza muratura) o  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>) =  $P_{\text{max}} \times 0,83 =$  **al valore di pressione di 2,48 N/mm<sup>2</sup> la muratura non mantiene più il carico**

Note: al valore di pressione di 2,13 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compare la prima lesione verticale al centro della muratura

Note: al valore di pressione di 3,19 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compaiono altre lesioni ai lati dei martinetti





Documentazione fotografica:



Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)

*Massimiliano Virgili*

Il presente rapporto di prova è composto da n° 6 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angeletti)

*Lino Angeletti*

Foglio n° 6 di 6





Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M.Massini 6

63833 Montegiorgio(FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail info@latema.it

pec latema@arterapec.it

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.)156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap.Soc. € 10.000,00

web site: www.latema.it

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117-03/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 27/07/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Indagine diagnostica su struttura in muratura: martinetti piatti doppi

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**GENERALITA'** : Il giorno 27/07/17, secondo la richiesta del committente, è stata eseguita n° 1 prova di indagine su muratura con martinetti piatti doppi con n°4 cicli di carico. Gli elementi strutturali sottoposti a prova, le modalità di rilevazione ed i punti di indagine sono stati tutti preventivamente stabiliti dalla direzione lavori in accordo con la committenza.

**SCOPO DELLA PROVA :** La prova con martinetti piatti doppi consiste nel praticare due tagli paralleli nella muratura nei quali introdurre due martinetti piatti oleodinamici che permettono di applicare, alla porzione di muratura interposta, uno stato di sollecitazione monoassiale. Con trasduttori di posizione digitali fissi dislocati in modo opportuno si possono misurare le deformazioni assiali e trasversali al variare della pressione applicata. Da tali valori si è in grado di valutare il modulo elastico  $E$  dato dal rapporto tra la variazione della deformazione assiale e la variazione di pressione nel tratto elastico. Allo stesso modo, dal rapporto tra la deformazione trasversale e quella assiale nel tratto elastico, è possibile valutare il modulo di Poisson  $\nu$ . In ultimo, se si raggiunge o ci si avvicina alla rottura della muratura in fase di prova, si può ottenere con una certa precisione anche il valore della resistenza unitaria della muratura stessa  $f$ .

**ATTREZZATURA DI PROVA :**

- **martinetti oleodinamici piatti:** un martinetto piatto è costituito da due lamine metalliche saldate tra di loro lungo i bordi. Due tubi metallici saldati lungo uno dei due lati permettono il collegamento con l'unità di pressurizzazione. I martinetti utilizzati per la seguente prova sono di forma semicircolare con dimensioni 320 x 125 x 4 mm ed area di spinta pari a 286,52 cmq. Ogni singola parte dello strumento ( lamine, saldature, tubi metallici ) è stata testata ad alta pressione per verificarne la perfetta tenuta in condizioni di prova. Inoltre è stato determinato in laboratorio il coefficiente  $K_m$  che consente di tener conto della riduzione della sezione di spinta del martinetto dovuta alla maggiore rigidità del bordo.

- **unità di pressurizzazione:** la pressurizzazione del martinetto piatto avviene per mezzo di una pompa idraulica manuale in grado di raggiungere una pressione massima di 300 bar. Le misure di pressione vengono eseguite mediante un manometro con campo di misura 60 bar e precisione pari a 0,1 bar. Tale attrezzatura permette di gestire con particolare cura gli incrementi di carico e di mantenere costante la pressione, inoltre, consente il recupero del fluido idraulico che, a prova terminata, viene fatto refluire nel serbatoio.

- **strumentazione di misura per deformazioni assiali:** le misure sono effettuate mediante trasduttori di posizione Gefran, modello PZ-12-A-075, collegati ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissati a coppie di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **strumentazione di misura per deformazioni trasversali:** le misure sono effettuate mediante un trasduttore di posizione Gefran, modello PZ-12-A-100, collegato ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissato ad una coppia di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **attrezzatura per l'esecuzione del taglio:** il taglio è stato eseguito con una troncatrice elettrica a disco. Tale troncatrice è dotata di una lama circolare diamantata avente diametro di 350 mm; le sue caratteristiche geometriche e meccaniche sono tali da consentire l'esecuzione di un taglio perfettamente calibrato rispetto alle dimensioni del martinetto piatto, minimizzando lo scarto tra area di taglio ed area del martinetto e consentendo l'esecuzione della prova senza la necessità di intasamento tra taglio con malta o spessori di materiale vario.

**PROCEDURA DI PROVA :**

- **preparazione basi di misura:** per il posizionamento delle basi di misura è stata utilizzata una apposita dima, secondo lo schema riportato in tabella 1. Le quattro coppie di riscontri installate consentono di eseguire misure delle deformazioni sia assiali ( basi 1-2, 3-4, 5-6 ) che trasversali ( base 7-8 ).

- **esecuzione del taglio:** i tagli sono stati eseguiti in modo tale da garantire la perfetta planarità degli stessi ed avendo cura di evitare sovrintagli. Dopo la realizzazione dei due tagli piani paralleli e sovrapposti ad una distanza tra loro di circa 50 cm, vengono inseriti immediatamente i martinetti piatti "scarichi" e viene effettuata la lettura iniziale, corrispondente al carico zero, delle basi di riferimento. La messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico. Dopo che il liquido idraulico sia completamente confluito nel serbatoio e si sia assicurata la completa disareazione dell'intercapedine e del circuito idraulico, si dà inizio alla prova vera e propria.

- **esecuzione della prova:** le condizioni che caratterizzano tale prova sono tali da realizzare praticamente una prova di compressione monoassiale, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni, della porzione di muratura compresa fra i due tagli. Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico e scarico, con intensità via via crescente. Ad ogni incremento, dopo un tempo di attesa di circa un minuto (o comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione), sono state eseguite le letture sulle quattro coppie di basi e trascritte sull'apposita minuta. Le numerose basi estensimetriche, (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.

### Caratteristiche del martinetto

Tipo di martinetto:	semicircolare
Dimensioni del martinetto (mm):	320x125x4
Area del martinetto $A_m$ (cmq):	286,52
Costante del martinetto $K_m$ :	0,82

### Caratteristiche della strumentazione di misura

Pressione max pompa (bar):	300
Fondo scala manometro digitale (bar):	60
Precisione manometro (bar):	0,1
Risoluzione trasduttori di posizione:	infinita
Sensibilità deformometro digitale (mm):	0,001
Precisione deformometro digitale (mm):	+/- 0,002

### Dati identificativi dell'area di prova

Numero basi primarie:	4
Lunghezza basi primarie (mm):	250
Area della superficie del taglio $A_t$ (cm <sup>2</sup> ):	331
Coefficiente di forma ( $K_a = A_m/A_t$ ):	0,87
Coeff. di correzione della pressione ( $K_p = K_a * K_m$ ):	0,71

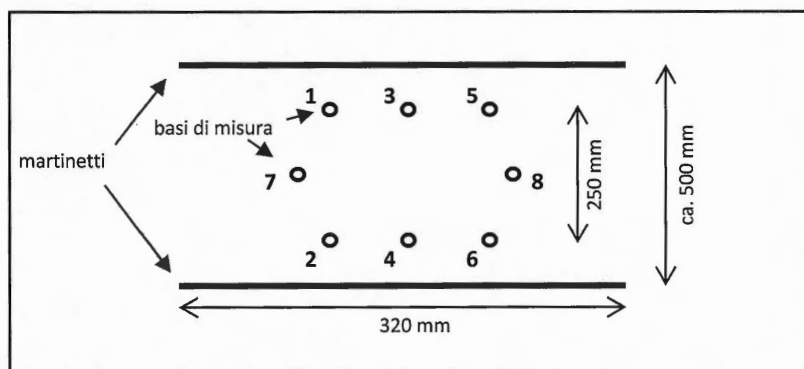


TABELLA 1

### RIELABORAZIONE DEI DATI :

- restituzione dei dati: come risultati della prova vengono restituiti i grafici tensione-deformazione della muratura, distinguendo la deformazione percentuale assiale da quella trasversale. Da tali curve verranno valutati il valore del modulo elastico assiale  $E$ , il valore del modulo di poisson  $\nu$  e, nel caso si raggiunga o ci si avvicini alla rottura in fase di prova, anche il valore della resistenza unitaria  $f$  della muratura.

$$E \text{ (modulo di elasticità assiale) (N/mm}^2\text{)} = \sigma / \xi_{\text{assiale}}$$

$$\nu \text{ (modulo di poisson) (adim)} = \xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}}$$

$$f \text{ (resistenza muratura) o } \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)} = P_{\text{max}} \times K_m \times K_a = P_{\text{max}} \times K_p = P_{\text{max}} \times 0,71$$

Descrizione del materiale sottoposto a prova: Muratura in mattoni pieni e malta - "esterno via Perpentì, vicino uscita di emergenza"

Identificazione dell'elemento di prova: M3

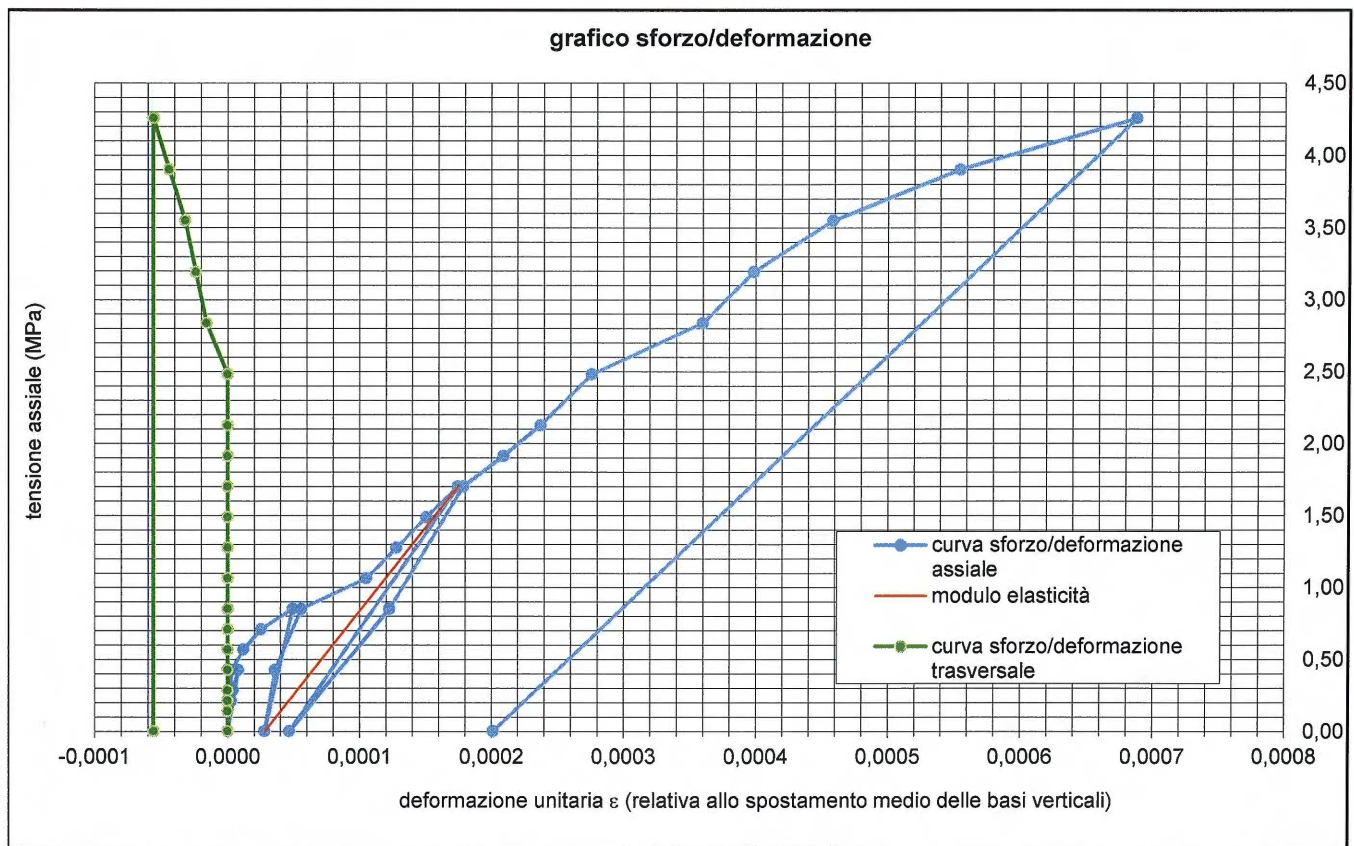
Risultati della prova:

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (mm)				defor. base orizzontale (mm)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\Delta l$ base 1-2	$\Delta l$ base 3-4	$\Delta l$ base 5-6	$\Delta l$ media	$\Delta l$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,000	0,001	0,002	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,000	0,002	0,004	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,001	0,001	0,000	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,000	0,002	0,000	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,002	0,003	0,004	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,006	0,006	0,007	<b>0,006</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,012	0,012	0,013	<b>0,012</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,006	0,008	0,007	<b>0,007</b>	<b>0,000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,007	0,010	0,010	<b>0,009</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,009	0,012	0,021	<b>0,014</b>	<b>0,000</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,021	0,026	0,032	<b>0,026</b>	<b>0,000</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,030	0,030	0,036	<b>0,032</b>	<b>0,000</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,036	0,037	0,040	<b>0,038</b>	<b>0,000</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,042	0,044	0,045	<b>0,044</b>	<b>0,000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,004	0,010	0,021	<b>0,012</b>	<b>0,000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,029	0,030	0,033	<b>0,031</b>	<b>0,000</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,042	0,045	0,047	<b>0,045</b>	<b>0,000</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,051	0,054	0,052	<b>0,052</b>	<b>0,000</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	0,059	0,061	0,058	<b>0,059</b>	<b>0,000</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	0,068	0,072	0,067	<b>0,069</b>	<b>0,000</b>
40,0	28,4	<b>2,84</b>	0,094	0,090	0,086	<b>0,090</b>	<b>-0,004</b>
45,0	31,9	<b>3,19</b>	0,109	0,096	0,094	<b>0,100</b>	<b>-0,006</b>
50,0	35,5	<b>3,55</b>	0,128	0,113	0,103	<b>0,115</b>	<b>-0,008</b>
55,0	39,0	<b>3,90</b>	0,151	0,137	0,128	<b>0,139</b>	<b>-0,011</b>
60,0	42,6	<b>4,26</b>	0,189	0,176	0,151	<b>0,172</b>	<b>-0,014</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,053	0,042	0,056	<b>0,050</b>	<b>-0,014</b>

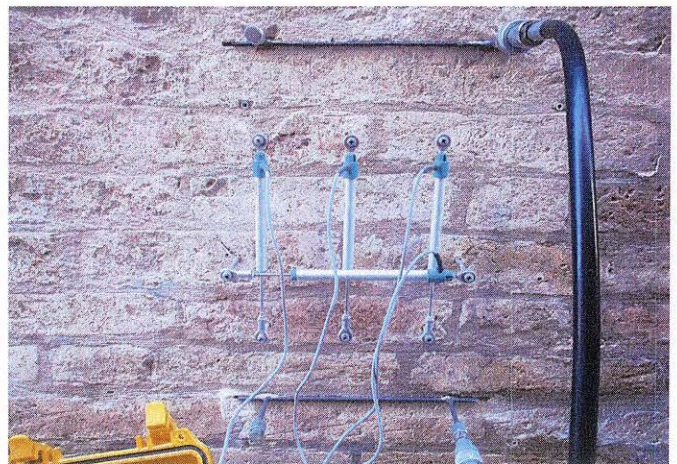
pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (adim)				defor. basi orizzontali (adim)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\xi$ base 1-2	$\xi$ base 3-4	$\xi$ base 5-6	$\xi$ media	$\xi$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,00000	0,00000	0,00001	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00000	0,00001	0,00002	<b>0,00001</b>	<b>0,00000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00000	0,00001	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,00001	0,00001	0,00002	<b>0,00001</b>	<b>0,00000</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,00002	0,00002	0,00003	<b>0,00003</b>	<b>0,00000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00005	0,00005	0,00005	<b>0,00005</b>	<b>0,00000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00002	0,00003	0,00003	<b>0,00003</b>	<b>0,00000</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00003	0,00004	0,00004	<b>0,00004</b>	<b>0,00000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00004	0,00005	0,00008	<b>0,00006</b>	<b>0,00000</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,00008	0,00010	0,00013	<b>0,00011</b>	<b>0,00000</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,00012	0,00012	0,00014	<b>0,00013</b>	<b>0,00000</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,00014	0,00015	0,00016	<b>0,00015</b>	<b>0,00000</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00017	0,00018	0,00018	<b>0,00017</b>	<b>0,00000</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00002	0,00004	0,00008	<b>0,00005</b>	<b>0,00000</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00012	0,00012	0,00013	<b>0,00012</b>	<b>0,00000</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00017	0,00018	0,00019	<b>0,00018</b>	<b>0,00000</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,00020	0,00022	0,00021	<b>0,00021</b>	<b>0,00000</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	0,00024	0,00024	0,00023	<b>0,00024</b>	<b>0,00000</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	0,00027	0,00029	0,00027	<b>0,00028</b>	<b>0,00000</b>
40,0	28,4	<b>2,84</b>	0,00038	0,00036	0,00034	<b>0,00036</b>	<b>-0,00002</b>
45,0	31,9	<b>3,19</b>	0,00044	0,00038	0,00038	<b>0,00040</b>	<b>-0,00002</b>
50,0	35,5	<b>3,55</b>	0,00051	0,00045	0,00041	<b>0,00046</b>	<b>-0,00003</b>
55,0	39,0	<b>3,90</b>	0,00060	0,00055	0,00051	<b>0,00055</b>	<b>-0,00004</b>
60,0	42,6	<b>4,26</b>	0,00076	0,00070	0,00060	<b>0,00069</b>	<b>-0,00006</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00021	0,00017	0,00022	<b>0,00020</b>	<b>-0,00006</b>

E (modulo di elasticità assiale) (N/mm<sup>2</sup>) =  $\sigma / \xi_{\text{assiale}} =$ **11609**v (modulo di poisson) (adim) =  $\xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}} =$ **0,36**f (resistenza muratura) o  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>) =  $P_{\text{max}} \times 0,83 =$ **al valore di pressione di 4,26 N/mm<sup>2</sup> la muratura mantiene ancora il carico**Note: al valore di pressione di 3,90 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compaiono le prime lesioni diffuse su tutta la muratura





Documentazione fotografica:



Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)

*Massimiliano Virgili*

Il presente rapporto di prova è composto da n° 6 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angelelli)

*Lino Angelelli*

Foglio n° 6 di 6



Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## **L.A.TE.MA. s.r.l.**

Via M.Massini 6

63833 Montegiorgio(FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail [info@latema.it](mailto:info@latema.it)

pec [latema@arterapec.it](mailto:latema@arterapec.it)

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.)156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap.Soc. € 10.000,00

web site: [www.latema.it](http://www.latema.it)

### **RAPPORTO DI PROVA N° 0117-04/17**

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 27/07/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Indagine diagnostica su struttura in muratura: martinetti piatti doppi

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**GENERALITA'** : Il giorno 27/07/17, secondo la richiesta del committente, è stata eseguita n° 1 prova di indagine su muratura con martinetti piatti doppi con n°4 cicli di carico. Gli elementi strutturali sottoposti a prova, le modalità di rilevazione ed i punti di indagine sono stati tutti preventivamente stabiliti dalla direzione lavori in accordo con la committenza.

**SCOPO DELLA PROVA:** La prova con martinetti piatti doppi consiste nel praticare due tagli paralleli nella muratura nei quali introdurre due martinetti piatti oleodinamici che permettono di applicare, alla porzione di muratura interposta, uno stato di sollecitazione monoassiale. Con trasduttori di posizione digitali fissi dislocati in modo opportuno si possono misurare le deformazioni assiali e trasversali al variare della pressione applicata. Da tali valori si è in grado di valutare il modulo elastico  $E$  dato dal rapporto tra la variazione della deformazione assiale e la variazione di pressione nel tratto elastico. Allo stesso modo, dal rapporto tra la deformazione trasversale e quella assiale nel tratto elastico, è possibile valutare il modulo di Poisson  $\nu$ . In ultimo, se si raggiunge o ci si avvicina alla rottura della muratura in fase di prova, si può ottenere con una certa precisione anche il valore della resistenza unitaria della muratura stessa  $f$ .

#### **ATTREZZATURA DI PROVA:**

- **martinetti oleodinamici piatti:** un martinetto piatto è costituito da due lamine metalliche saldate tra di loro lungo i bordi. Due tubi metallici saldati lungo uno dei due lati permettono il collegamento con l'unità di pressurizzazione. I martinetti utilizzati per la seguente prova sono di forma semicircolare con dimensioni  $320 \times 125 \times 4$  mm ed area di spinta pari a 286,52 cmq. Ogni singola parte dello strumento ( lamine, saldature, tubi metallici ) è stata testata ad alta pressione per verificarne la perfetta tenuta in condizioni di prova. Inoltre è stato determinato in laboratorio il coefficiente  $K_m$  che consente di tener conto della riduzione della sezione di spinta del martinetto dovuta alla maggiore rigidità del bordo.

- **unità di pressurizzazione:** la pressurizzazione del martinetto piatto avviene per mezzo di una pompa idraulica manuale in grado di raggiungere una pressione massima di 300 bar. Le misure di pressione vengono eseguite mediante un manometro con campo di misura 60 bar e precisione pari a 0,1 bar. Tale attrezzatura permette di gestire con particolare cura gli incrementi di carico e di mantenere costante la pressione, inoltre, consente il recupero del fluido idraulico che, a prova terminata, viene fatto refluire nel serbatoio.

- **strumentazione di misura per deformazioni assiali:** le misure sono effettuate mediante trasduttori di posizione Gefran, modello PZ-12-A-075, collegati ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissati a coppie di riscontri in acciaio, a distanza di 250 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **strumentazione di misura per deformazioni trasversali:** le misure sono effettuate mediante un trasduttore di posizione Gefran, modello PZ-12-A-100, collegato ad un sistema di acquisizione dati multiparametrico MAE, modello A5000M, fissato ad una coppia di riscontri in acciaio, a distanza di 270 mm l'uno dall'altro, perfettamente solidali con il materiale da investigare.

- **attrezzatura per l'esecuzione del taglio:** il taglio è stato eseguito con una troncatrice elettrica a disco. Tale troncatrice è dotata di una lama circolare diamantata avente diametro di 350 mm; le sue caratteristiche geometriche e meccaniche sono tali da consentire l'esecuzione di un taglio perfettamente calibrato rispetto alle dimensioni del martinetto piatto, minimizzando lo scarto tra area di taglio ed area del martinetto e consentendo l'esecuzione della prova senza la necessità di intasamento tra taglio con malta o spessori di materiale vario.

#### **PROCEDURA DI PROVA:**

- **preparazione basi di misura:** per il posizionamento delle basi di misura è stata utilizzata una apposita dima, secondo lo schema riportato in tabella 1. Le quattro coppie di riscontri installate consentono di eseguire misure delle deformazioni sia assiali ( basi 1-2, 3-4, 5-6 ) che trasversali ( base 7-8 ).

- **esecuzione del taglio:** i tagli sono stati eseguiti in modo tale da garantire la perfetta planarità degli stessi ed avendo cura di evitare sovrintagli. Dopo la realizzazione dei due tagli piani paralleli e sovrapposti ad una distanza tra loro di circa 50 cm, vengono inseriti immediatamente i martinetti piatti "scarichi" e viene effettuata la lettura iniziale, corrispondente al carico zero, delle basi di riferimento. La messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico. Dopo che il liquido idraulico sia completamente confluito nel serbatoio e si sia assicurata la completa disareazione dell'intercapedine e del circuito idraulico, si dà inizio alla prova vera e propria.

- **esecuzione della prova:** le condizioni che caratterizzano tale prova sono tali da realizzare praticamente una prova di compressione monoassiale, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni, della porzione di muratura compresa fra i due tagli. Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico e scarico, con intensità via via crescente. Ad ogni incremento, dopo un tempo di attesa di circa un minuto (o comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione), sono state eseguite le letture sulle quattro coppie di basi e trascritte sull'apposita minuta. Le numerose basi estensimetriche, (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.

#### Caratteristiche del martinetto

Tipo di martinetto:	semicircolare
Dimensioni del martinetto (mm):	320x125x4
Area del martinetto $A_m$ (cmq):	286,52
Costante del martinetto $K_m$ :	0,82

#### Caratteristiche della strumentazione di misura

Pressione max pompa (bar):	300
Fondo scala manometro digitale (bar):	60
Precisione manometro (bar):	0,1
Risoluzione trasduttori di posizione:	infinita
Sensibilità deformometro digitale (mm):	0,001
Precisione deformometro digitale (mm):	+/- 0,002

#### Dati identificativi dell'area di prova

Numero basi primarie:	4
Lunghezza basi primarie (mm):	250
Area della superficie del taglio $A_t$ (cm <sup>2</sup> ):	331
Coefficiente di forma ( $K_a = A_m/A_t$ ):	0,87
Coeff. di correzione della pressione ( $K_p = K_a * K_m$ ):	0,71

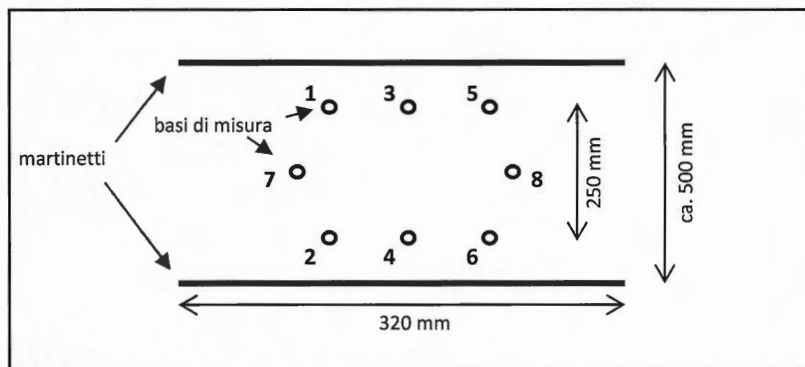


TABELLA 1

#### RIELABORAZIONE DEI DATI:

- restituzione dei dati: come risultati della prova vengono restituiti i grafici tensione-deformazione della muratura, distinguendo la deformazione percentuale assiale da quella trasversale. Da tali curve verranno valutati il valore del modulo elastico assiale  $E$ , il valore del modulo di poisson  $\nu$  e, nel caso si raggiunga o ci si avvicini alla rottura in fase di prova, anche il valore della resistenza unitaria  $f$  della muratura.

$$E \text{ (modulo di elasticità assiale) (N/mm}^2\text{)} = \sigma / \xi_{\text{assiale}}$$

$$\nu \text{ (modulo di poisson) (adim)} = \xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}}$$

$$f \text{ (resistenza muratura) } \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)} = P_{\text{max}} \times K_m \times K_a = P_{\text{max}} \times K_p = P_{\text{max}} \times 0,71$$



Descrizione del materiale sottoposto a prova: Muratura in mattoni pieni e malta "muro interno vicino uscita di emergenza su via Perpentì"

Identificazione dell'elemento di prova: M4

Risultati della prova:

pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (mm)				defor. base orizzontale (mm)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\Delta l$ base 1-2	$\Delta l$ base 3-4	$\Delta l$ base 5-6	$\Delta l$ media	$\Delta l$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,002	0,005	0,001	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,049	0,083	0,057	<b>0,063</b>	<b>-0,003</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,093	0,147	0,109	<b>0,116</b>	<b>-0,009</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,032	0,052	0,048	<b>0,044</b>	<b>-0,008</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,061	0,098	0,078	<b>0,079</b>	<b>-0,008</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,104	0,170	0,115	<b>0,130</b>	<b>-0,010</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,155	0,237	0,147	<b>0,180</b>	<b>-0,017</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,230	0,324	0,198	<b>0,251</b>	<b>-0,027</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,304	0,417	0,245	<b>0,322</b>	<b>-0,055</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,141	0,176	0,111	<b>0,143</b>	<b>-0,056</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,267	0,361	0,202	<b>0,277</b>	<b>-0,057</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,370	0,476	0,260	<b>0,369</b>	<b>-0,079</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,501	0,615	0,331	<b>0,482</b>	<b>-0,118</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,656	0,766	0,399	<b>0,607</b>	<b>-0,161</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,813	0,969	0,686	<b>0,823</b>	<b>-0,244</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	1,004	1,211	0,961	<b>1,059</b>	<b>-0,335</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,713	0,885	0,523	<b>0,707</b>	<b>-0,325</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,937	1,127	0,630	<b>0,898</b>	<b>-0,334</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	1,077	1,280	0,968	<b>1,108</b>	<b>-0,381</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	1,571	1,419	1,311	<b>1,434</b>	<b>-0,439</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	2,421	2,665	1,939	<b>2,342</b>	<b>-0,682</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	/	/	/	/	/
40,0	28,4	<b>2,84</b>	/	/	/	/	/
45,0	31,9	<b>3,19</b>	/	/	/	/	/
50,0	35,5	<b>3,55</b>	/	/	/	/	/
55,0	39,0	<b>3,90</b>	/	/	/	/	/
60,0	42,6	<b>4,26</b>	/	/	/	/	/
0,0	0,0	<b>0,00</b>	/	/	/	/	/



pressione (bar)		pressione (MPa)	deformazioni basi verticali (adim)				deform. basi orizzontali (adim)
lettura manom.	val.corretto	val.corretto	$\xi$ base 1-2	$\xi$ base 3-4	$\xi$ base 5-6	$\xi$ media	$\xi$ base 7-8
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00000	0,00000	0,00000	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>
2,0	1,4	<b>0,14</b>	0,00001	0,00002	0,00000	<b>0,00001</b>	<b>0,00000</b>
4,0	2,8	<b>0,28</b>	0,00020	0,00033	0,00023	<b>0,00025</b>	<b>-0,00001</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00037	0,00059	0,00044	<b>0,00047</b>	<b>-0,00003</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00013	0,00021	0,00019	<b>0,00018</b>	<b>-0,00003</b>
3,0	2,1	<b>0,21</b>	0,00024	0,00039	0,00031	<b>0,00032</b>	<b>-0,00003</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00042	0,00068	0,00046	<b>0,00052</b>	<b>-0,00004</b>
8,0	5,7	<b>0,57</b>	0,00062	0,00095	0,00059	<b>0,00072</b>	<b>-0,00006</b>
10,0	7,1	<b>0,71</b>	0,00092	0,00130	0,00079	<b>0,00100</b>	<b>-0,00010</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00122	0,00167	0,00098	<b>0,00129</b>	<b>-0,00020</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00056	0,00070	0,00044	<b>0,00057</b>	<b>-0,00021</b>
6,0	4,3	<b>0,43</b>	0,00107	0,00144	0,00081	<b>0,00111</b>	<b>-0,00021</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00148	0,00190	0,00104	<b>0,00147</b>	<b>-0,00029</b>
15,0	10,6	<b>1,06</b>	0,00200	0,00246	0,00132	<b>0,00193</b>	<b>-0,00044</b>
18,0	12,8	<b>1,28</b>	0,00262	0,00306	0,00160	<b>0,00243</b>	<b>-0,00060</b>
21,0	14,9	<b>1,49</b>	0,00325	0,00388	0,00274	<b>0,00329</b>	<b>-0,00090</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00402	0,00484	0,00384	<b>0,00423</b>	<b>-0,00124</b>
0,0	0,0	<b>0,00</b>	0,00285	0,00354	0,00209	<b>0,00283</b>	<b>-0,00120</b>
12,0	8,5	<b>0,85</b>	0,00375	0,00451	0,00252	<b>0,00359</b>	<b>-0,00124</b>
24,0	17,0	<b>1,70</b>	0,00431	0,00512	0,00387	<b>0,00443</b>	<b>-0,00141</b>
27,0	19,2	<b>1,92</b>	0,00628	0,00568	0,00524	<b>0,00573</b>	<b>-0,00163</b>
30,0	21,3	<b>2,13</b>	0,00968	0,01066	0,00776	<b>0,00937</b>	<b>-0,00253</b>
35,0	24,8	<b>2,48</b>	/	/	/	/	/
40,0	28,4	<b>2,84</b>	/	/	/	/	/
45,0	31,9	<b>3,19</b>	/	/	/	/	/
50,0	35,5	<b>3,55</b>	/	/	/	/	/
55,0	39,0	<b>3,90</b>	/	/	/	/	/
60,0	42,6	<b>4,26</b>	/	/	/	/	/
0,0	0,0	<b>0,00</b>	/	/	/	/	/

E (modulo di elasticità assiale) (N/mm<sup>2</sup>) =  $\sigma / \xi_{\text{assiale}}$  = **766**

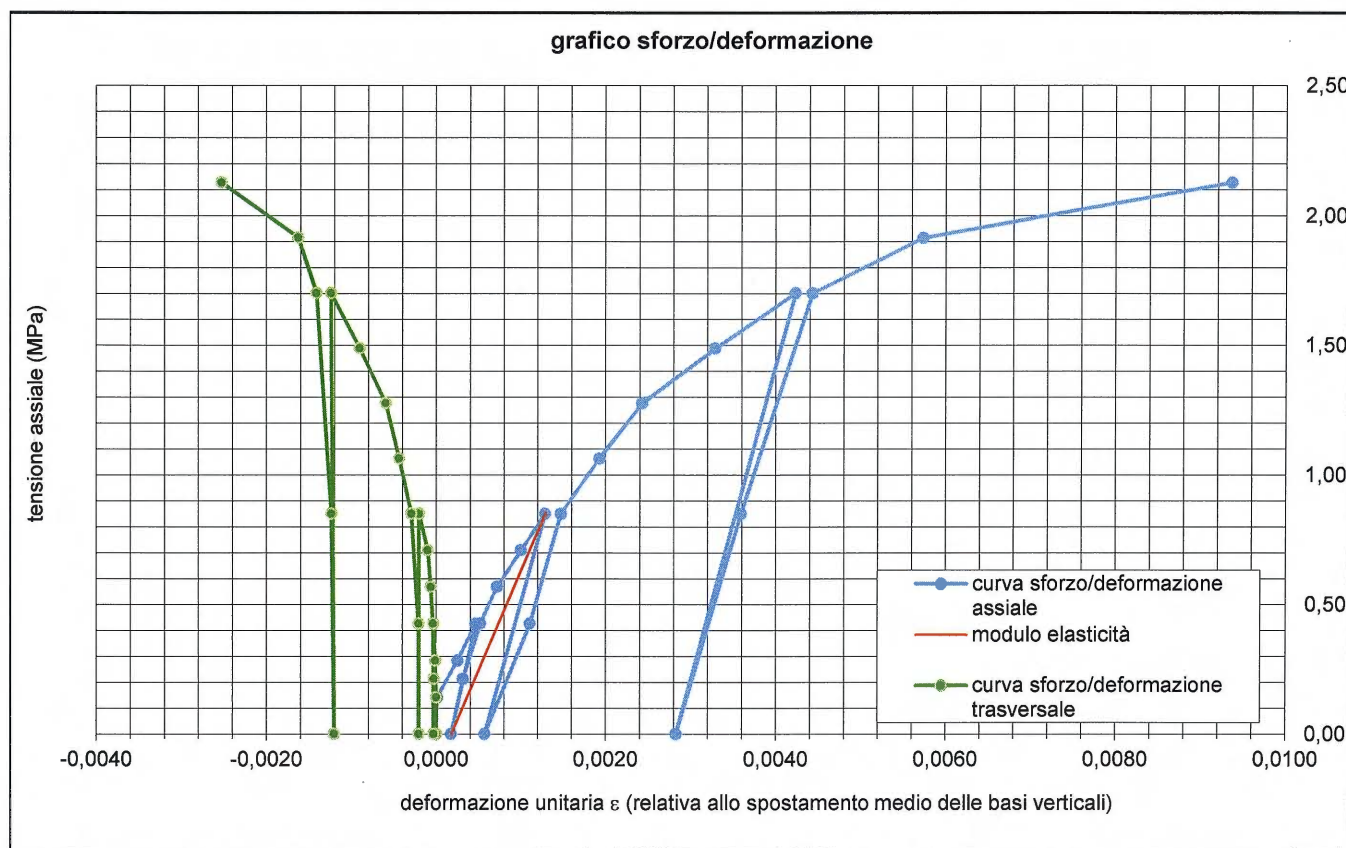
v (modulo di poisson) (adim) =  $\xi_{\text{trasversale}} / \xi_{\text{assiale}}$  = **0,28**

f (resistenza muratura) o  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>) =  $P_{\text{max}} \times 0,83$  = **al valore di pressione di 2,13 N/mm<sup>2</sup> la muratura non mantiene più il carico**

Note: al valore di pressione di 0,85 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compaiono le prime lesioni ai lati del martinetto superiore

Note: al valore di pressione di 1,92 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compare un'altra lesione tra le basi di misura 3 e 4

Note: al valore di pressione di 2,13 N/mm<sup>2</sup> del quarto ciclo di carico, compaiono altre lesioni diffuse su tutta la muratura



Documentazione fotografica:



Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)

Il presente rapporto di prova è composto da n° 6 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angelelli)

Foglio n° 6 di 6



Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M.Massini 6

63833 Montegiorgio(FM) Ita

Tel./Fax ++39/0734967232

e-mail info@latema.it

pec latema@arterapec.it

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441

R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.)156766

Registro imprese (A.P.) n°00549540409

Cap.Soc. € 10.000,00

web site: www.latema.it

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117-05/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 03/08/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Determinazione della resistenza a compressione di elementi per muratura secondo la norma  
UNI EN 771-1:2005, UNI EN 772-1:2002, UNI EN 772-16:2005 ed il D.M. 14/01/2008 sezione 11.10.1.

**LUOGO DELLA PROVA**: Laboratorio LA.TE.MA. Srl

**PROVENIENZA DEL CAMPIONE** : Prelevato in sito in data 27-28/07/17.

**ATTREZZATURA DI PROVA** : Pressa Tecnotest da 3000 KN - modello KC300/EUR - matricola 1862 (classe 1).

**CAMPIONAMENTO EFFETTUATO DA**: Laboratorio LA.TE.MA. Srl

**TECNICO INCARICATO** : Ing. Santucci Egidio

**CANTIERE** : Plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**Tipologia dell'elemento di muratura**: elemento solido

**Campionamento**: 4 campioni dei quali composti da 3 elementi ciascuno

**Metodo di preparazione**: rettifica

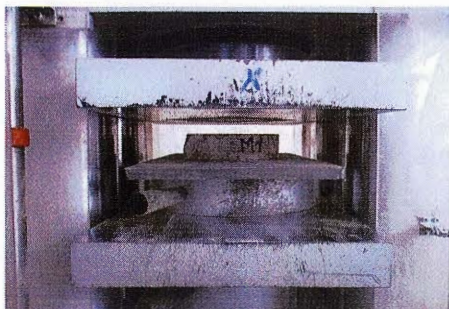
**Metodo di condizionamento**: condizionamento per essiccazione all'aria

Risultati di prova									
Sigla	Dimensioni misurate				Carico rottura	Resistenza	Resistenza n.	Resistenza	Coeff. Variaz.
	lunghezza	larghezza	altezza	Area lorda	F	f	f	f	
	mm	mm	mm	mmq	N	N/mmq	N/mmq	N/mmq	%
M1 A	139	136	45	18904	764500	40,4	/	40,4	0,0
M1 B	69	142	45	9798	380000	38,8	/		-4,1
M1 C	101	133	43	13433	564900	42,1	/		4,0
M2 A	137	129	42	17673	521700	29,5	/	38,6	-23,4
M2 B	158	123	38	19434	728800	37,5	/		-2,7
M2 C	171	107	47	18297	890300	48,7	/		26,2
M3 A	178	127	53	22606	913400	40,4	/	39,1	3,4
M3 B	291	124	56	36084	1424900	39,5	/		1,1
M3 C	200	100	48	20000	745800	37,3	/		-4,5
M4 A	183	141	48	25803	1572000	60,9	/	49,5	23,0
M4 B	292	103	50	30076	1297200	43,1	/		-12,9
M4 C	293	104	52	30472	1355600	44,5	/		-10,2

Note: il valore del carico di rottura è approssimato al più prossimo N, il valore delle resistenze sono approssimate al più prossimo 0,1 N/mmq, mentre il coefficiente di variazione del campione è approssimato al più prossimo 0,1 %.



Documentazione fotografica:



M1A



M1B



M1C



M2A



M2B



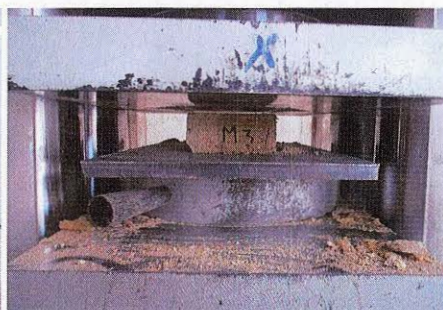
M2C



M3A



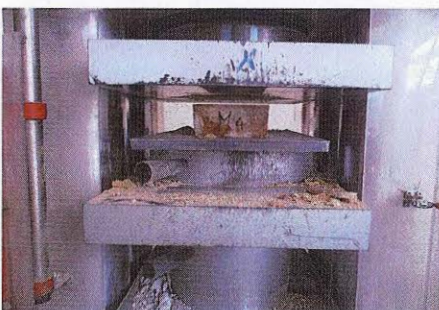
M3B



M3C




M4A



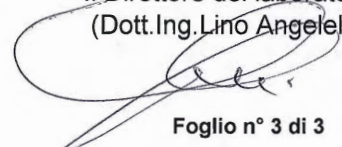
M4B



M4C

Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)  


Il presente rapporto di prova è composto da n° 3 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angelelli)  


Foglio n° 3 di 3





Laboratorio in concessione  
ministeriale con D.M.56074

## LA.TE.MA. s.r.l.

Via M. Massini 6  
63833 Montegiorgio(FM) Italy  
Tel./Fax ++39/0734967232  
e-mail [info@latema.it](mailto:info@latema.it)  
[pec.latema@arterapecc.it](mailto:pec.latema@arterapecc.it)

Cod.Fisc./Patr.IVA 01769480441  
R.E.A. c/o C.C.I.A.A.(A.P.)156766  
Registro imprese (A.P.) n°00549540409  
Cap.Soc. € 10.000,00  
web site: [www.latema.it](http://www.latema.it)

### RAPPORTO DI PROVA N° 0117-06/17

**LUOGO E DATA DI EMISSIONE** : Montegiorgio, li 03/08/17

**COMMITTENTE** : Amministrazione Provinciale di Fermo  
viale Trento 113, Fermo

**DATA DELLA PROVA** : 27/07/17

**OGGETTO DELLA PROVA** : Determinazione della stratigrafia

**LUOGO DELLA PROVA**: Presso plesso scolastico "Annibal Caro" sito a Fermo.

**ATTREZZATURA DI PROVA**: videoendoscopio Novatest, modello "PIC3000"

**TECNICO INCARICATO**: Ing. Santucci Egidio

**STRATIGRAFIE :**


Identificazione Posizione Prova: Parete M2 - "interno aula magna, muro verso il cortile"							
interno	strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5	strato 6	esterno
	Muratura piena	/	/	/	/	/	
	spessore	spessore	spessore	spessore	spessore	spessore	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
	1100						1100

Note:

Identificazione Posizione Prova: Parete M4 - "vicino uscita di emergenza su via Perpentì"							
esterno	strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5	strato 6	interno
	Muratura piena	Vuoto	Mattone pieno	Intonaco	/	/	
	spessore	spessore	spessore	spessore	spessore	spessore	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
	1000	1460	130	20			2610

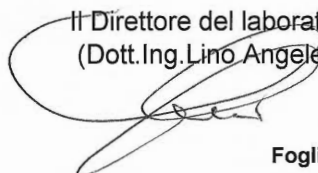
Note: Non è stata proseguita l'indagine oltre la superficie superiore della voltina in mattoni

Lo Sperimentatore  
(Dott. Ing. Massimiliano Virgili)

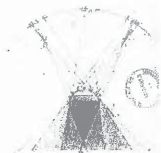


Il presente rapporto di prova è composto da n° 2 fogli.

Il Direttore del laboratorio  
(Dott. Ing. Lino Angelelli)



Foglio n° 2 di 2



**PROVE RICHIESTE:**

Analisi Mineralogico-Petrografica (UNI EN 932/3)1

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Data prelievo: 27/07/2017

**Campione Malta M1**

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci



Fig. n.1 - Campione di Malta analizzato – M1- Annibal Caro

Rapporto di Prova: 27\_LATEMA\_2017\_M1\_Plesso\_Scolastico\_Annibal\_Caro\_Fermo.docx

Camerano, 18/08/2017

Archivio sezioni: 120\_2017\_27\_latema

Responsabile Analisi

Dott. Geol. Orestina Francioni



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M1

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## RAPPORTO DI PROVA

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM);

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM);

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo;

Campione Malta M1\_Annibal\_Caro;

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci.

### **Metodologia Analisi<sup>1</sup>:**

Osservazioni al microscopio ottico a luce trasmessa e riflessa finalizzate:

- alla determinazione della morfometria, distribuzione e composizione degli aggregati;
- alla composizione e distribuzione del legante;
- alla stima quantitativa e calcolo, in volume, del rapporto legante/aggregato.

### **Riferimenti Normativi:**

- UNI 11176 -2006 Beni culturali “Descrizione petrografica di una malta”;
- UNI 11089-2003 “Malte storiche e da restauro – Stima della composizione di alcune tipologie di malte”;
- UNI EN 998 – 2 del 2016 “Specifiche per malte per opere murarie”;
- D.M. del 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- UNI EN 932-3 del 2004 “Metodi prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”;
- UNI EN 13139 del 2003 “Aggregati per malta”.

## RISULTATI PROVE

### ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICA

#### **Campione: Malta M1\_Annibal\_Care**

**Descrizione (fig.re 1 e 2):** Malta per muratura di colore<sup>2</sup> bianco (HUE 10YR 8/1), moderatamente tenace<sup>3</sup>, ovvero si spezza facilmente senza sbriciolarsi. Gli aggregati, a granulometria<sup>5</sup> arenacea medio-fine non sono identificabili macroscopicamente, mentre si osservano abbondanti e piccolissimi grumi carbonatici di colore bianco. Il campione risulta molto reattivo all'acido cloridrico.



Fig. n. 2 – Sezioni stratigrafiche del campione di malta. Si osserva la tessitura della malta, la porosità e i grumi bianchi di legante.

Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M1

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Descrizione Microscopica

Morfometria Aggregati		Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %
Granulometria <sup>5</sup>	Arenacea fine (0,063 – 0,2 mm)	35
	Arenacea media (0,2 – 0,63 mm)	65
	Arenacea grossa (0,63 – 2,00 mm)	
Arrotondamento	Angolosa.	
Sfericità	Medio-alta	
Classazione	Ben selezionati	
Distribuzione	Omogenea	
Orientamento	Aggregati non orientati	
Tipologia di aggregato	Sabbia naturale frantumata 0/0,63	

Composizione		Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %	
Parametri tessiturali		Descrizione mineralogico-petrografica	
Aggregati	Frammenti di rocce e particelle minerali in grani liberi	Minuti frammenti carbonatici derivanti dalla frantumazione di rocce sedimentarie carbonatiche, in particolare si individuano calcilutiti e calcilutiti sabbiose (mudstone e wackestone) <sup>6</sup> . A queste si associano abbondanti particelle minerali in grani liberi composte da mono e policristalli carbonatici ed abbondanti bioclasti	45-50
		Selce: Litotipi composti da matrice silicea (quarzo microcristallino)	1-2
		Particelle minerali in grani liberi e rari frammenti policristallini costituiti da quarzo e feldspati ed in tracce altri minerali mafici.	50-55
Legante	Legante a tessitura micritica, medio-alta birifrangenza e colore bruno. Distribuzione non omogenea per la presenza di grumi, alcuni di questi risultano ben carbonatati, mentre altri presentano fessure di ritiro o fantasmi della pietra originaria. Si osservano, altresì, rare neoformazioni di dimensioni microscopica compatibili con silicati di calcio e silico-alluminati di calcio. Caratteristiche microscopiche della calce debolmente idraulica. Utile, per una miglior definizione del legante microanalisi al SEM-EDS.		22-24
Porosità	La macroporosità è legata a vacui, di forma da sub-rotondeggiante a irregolare, presenti nel legante. La porosità totale che comprende anche la micro e la porosità da gel <sup>7</sup> è stimata medio-alta.		22-23
Rapporto L/A*	Il rapporto legante - aggregato, in volume, è stimato 1 parte di legante e circa 2,2 – 2,6 parti di aggregato.		



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M1

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## CONCLUSIONI

### Malta M1\_Annibal\_Caro

Malta a medio-alta porosità, moderatamente tenace<sup>3</sup>, ovvero si spezza facilmente senza sbriciolarsi, e con abbondanti grumi di legante.

Composizione:

- Aggregati silico-carbonatici, a granulometria arenaceo medio fine (sabbia naturale frantumata 0/0,63 mm);
- Il legante ha caratteristiche microscopiche compatibili con calce idraulica;
- Il rapporto legante-aggregato è stimato: 1 parte di legante e 2,2 – 2,6 di aggregato.

### Classificazione

UNI 11089-2003: Tipologia merceologica della malta : tipo 5

NTC del 2008: Malta, come composizione e classe di resistenza equiparabile alla malta idraulica di classe "M2,5", in ogni caso la classe di resistenza va valutata anche in base ai risultati delle prove di resistenza in sito.

Geol. Orestina Francioni



<sup>1</sup> Attrezzatura di prova:

- Lappatrice Remet LS2, Troncatrice Remet MICROMET M,
- Stereomicroscopio OLYMPUS SZ61, lente ingrandimento 20x, Macchina fotografica NIKON COOLPIX 995
- Microscopio polarizzatore a luce trasmessa e luce riflessa OLYMPUS BX51

<sup>2</sup> Munsell Soil Color Charts

<sup>3</sup> (UNI 11176 -2006),

<sup>4</sup> Stima visiva secondo i diagrammi di SHVETSOV M.S. (1954)

<sup>5</sup> UNI EN ISO 14688 – 1:2003

<sup>6</sup> Secondo Dunham (1962)

<sup>7</sup> Stima della porosità da gel – 28% della pasta cementizia da: Mario Collepari; "Il nuovo calcestruzzo" Edizione Tintoretto, 2006



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M1

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Microfotografie al microscopio ottico a luce polarizzata

## Malta M1 – Annibal Caro

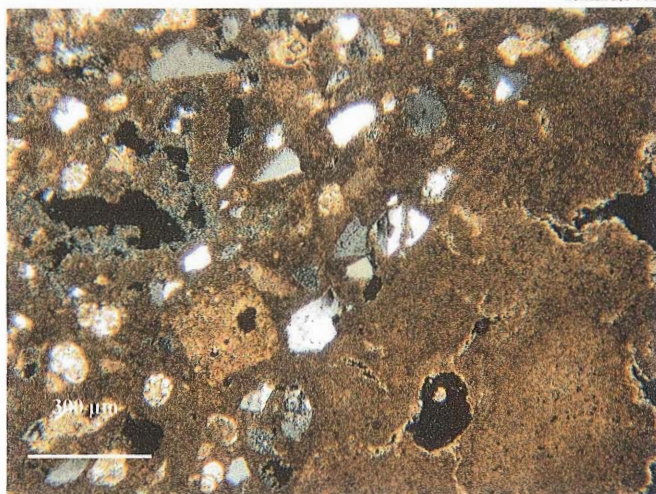


Fig. n. 3 - +N

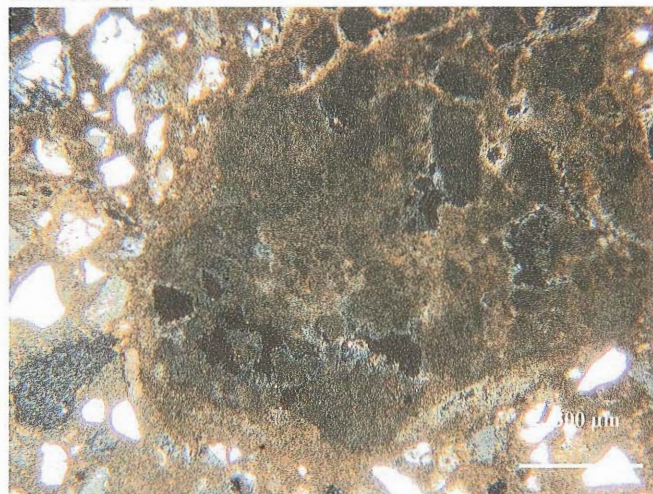


Fig. n. 4 - +N

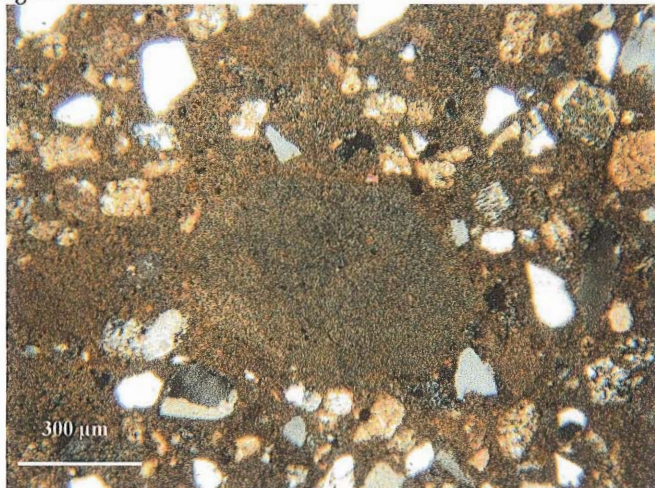


Fig. n. 5 - +N

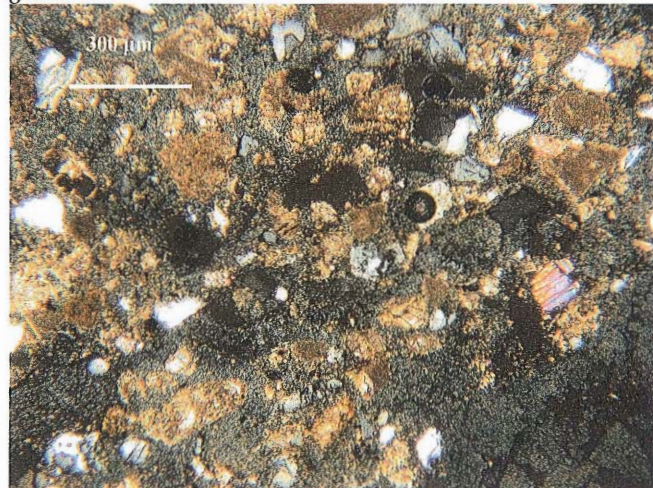


Fig. n. 6 - +N

Fig.re 3, 4, 5 e 6 - Tessitura della malta, forma, distribuzione, granulometria e composizione degli aggregati. Tessitura e composizione del legante. Distribuzione e forma dei vacui (porosità). Fig. 5 grumo con fessure di ritiro. Fig. 4 grumo con forme relitte della pietra originaria. Fig. 5 grumo ben carbonatato e fig. n. 6 frammento di malta con maggiore percentuale di aggregato.

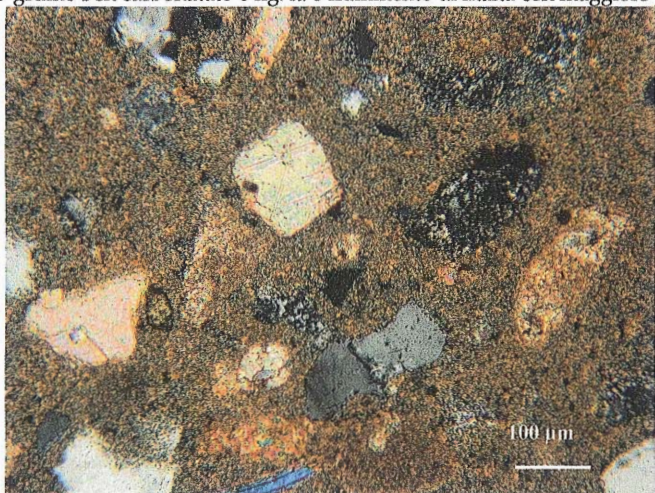


Fig. n. 7 - +N

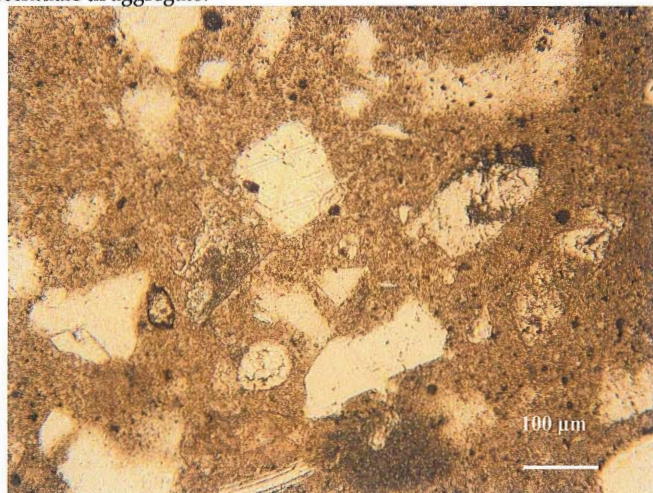
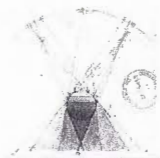


Fig. n. 8 - =N

Fig. re 7 e 8 - Tessitura del legante compatibile con calce idraulica.





**PROVE RICHIESTE:**

**Analisi Mineralogico-Petrografica (UNI EN 932/3)1**

**Committente/Richiedente:** LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

**Provenienza/Cantiere:** Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

**Proprietà:** Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

**Data prelievo:** 27/07/2017

**Campione Malta M2**

**Direttore dei lavori:** Ing. Egidio Santucci



**Fig. n.1 - Campione di Malta analizzato – M2- Annibal Caro**

**Rapporto di Prova:** 28\_LATEMA\_2017\_M2\_Plesso\_Scolastico\_Annibal\_Caro\_Fermo.docx

**Camerano, 18/08/2017**

**Archivio sezioni:** 121\_2017\_28\_latema

**Responsabile Analisi**

**Dott. Geol. Orestina Francioni**

Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M2

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## **RAPPORTO DI PROVA**

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM);

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM);

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo;

Campione Malta M2\_Annibal\_Caro;

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci.

### **Metodologia Analisi:**

Osservazioni al microscopio ottico a luce trasmessa e riflessa finalizzate:

- alla determinazione della morfometria, distribuzione e composizione degli aggregati;
- alla composizione e distribuzione del legante;
- alla stima quantitativa e calcolo, in volume, del rapporto legante/aggregato.

### **Riferimenti Normativi:**

- UNI 11176 -2006 Beni culturali "Descrizione petrografica di una malta";
- UNI 11089-2003 "Malte storiche e da restauro – Stima della composizione di alcune tipologie di malte";
- UNI EN 998 – 2 del 2016 "Specifiche per malte per opere murarie";
- D.M. del 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- UNI EN 932-3 del 2004 "Metodi prova per determinare le proprietà generali degli aggregati";
- UNI EN 13139 del 2003 "Aggregati per malta".

## **RISULTATI PROVE**

### **ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICA**

#### **Campione: Malta M2\_Annibal\_Caro**

**Descrizione (fig.re 1 e 2):** Malta per muratura di colore<sup>2</sup> bianco (HUE 10YR 8/1), moderatamente tenace<sup>3</sup>, ovvero si spezza facilmente senza sbriciolarsi. Gli aggregati, a granulometria<sup>5</sup> arenacea medio-fine non sono identificabili macroscopicamente. Si osservano abbondanti e minuscoli grumi carbonatici di colore bianco. Il campione risulta molto reattivo all'acido cloridrico.



Fig. n. 2 – Sezioni stratigrafiche del campione di malta M2. Si individua la tessitura della malta e colore degli aggregati



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M2

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Descrizione Microscopica

Morfometria Aggregati		Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %
Granulometria <sup>5</sup>	Arenacea fine (0,063 – 0,2 mm)	40-45
	Arenacea media (0,2 – 0,63 mm)	55-60
	Arenacea grossa (0,63 – 2,00 mm)	
Arrotondamento	Angolosa.	
Sfericità	Medio-alta	
Classazione	Ben selezionati	
Distribuzione	Omogenea	
Orientamento	Aggregati non orientati	
Tipologia di aggregato	Sabbia naturale frantumata 0/0,63	

Composizione			Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %	
Parametri tessiturali		Descrizione mineralogico-petrografica		
Aggregati	Frammenti di rocce e particelle minerali in grani liberi	Minuti frammenti carbonatici derivanti dalla frantumazione di rocce sedimentarie carbonatiche, fra queste si rilevano calcilutiti e calcilutiti sabbiose (mudstone e wackestone) <sup>6</sup> . La componente carbonatica è composta anche da abbondanti mono/policristalli carbonatici e bioclasti	40-45	58-59
		Selce: Litotipi composti da matrice silicea (quarzo microcristallino)	1-2	
		Particelle minerali in grani liberi e rari frammenti policristallini costituiti da quarzo e feldspati ed in tracce altri minerali mafici fra cui prevalgono fillosilicati.	55-60	
Legante		Legante a tessitura micritica, medio-alta birifrangenza e colore bruno chiaro a scuro. Distribuzione non omogenea per la presenza di abbondanti grumi carbonatici, alcuni di questi risultano ben carbonatati, mentre altri presentano fessure o hanno inclusioni di minerali non ben identificabile al microscopio ottico, ma compatibile con materiale argilloso. Si osservano, altresì, neoformazioni di dimensioni microscopica compatibili con silicati di calcio e silico-alluminati di calcio tipiche di un legante a base di calce idraulica. Utile, per una miglior definizione del legante, microanalisi al SEM-EDS.		19-20
Porosità		La macroporosità è legata a vacui presenti nel legante e di forma da irregolare. La porosità totale che comprende anche la micro e la porosità da gel <sup>7</sup> è stimata medio-alta.		22-23
Rapporto L/A*		Il rapporto legante - aggregato, in volume, è stimato 1 parte di legante e circa 3 parti di aggregato.		



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M2

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## CONCLUSIONI

### Malta M2\_Annibal\_Caro

Malta a medio-alta porosità, moderatamente tenace<sup>3</sup>, ovvero si spezza facilmente senza sbriciolarsi e con abbondanti grumi di legante.

Composizione:

- Aggregati silico-carbonatici, a granulometria arenaceo medio fine (sabbia naturale frantumata 0/0,63 mm);
- Il legante ha caratteristiche microscopiche compatibili con calce idraulica;
- Il rapporto legante-aggregato è stimato: 1 parte di legante e circa 3 di aggregato.

Osservazioni: si osservano impurità, non ben identificabili al microscopio ottico, ma compatibili con materiale argilloso. Tale elemento potrebbe indicare una malta prodotta con legante a base di calce contenente impurità o con aggregati non ben lavati.

### Classificazione

UNI 11089-2003: Tipologia merceologica della malta : tipo 5

NTC del 2008: Malta, equiparabile, fra quelle a composizione prescritta, alla malta idraulica di classe "M2,5". Per quanto concerne la prestazione va valutata in base ai risultati delle prove di resistenza a compressione.

Geol. Orestina Francioni



<sup>1</sup>Attrezzatura di prova:

- Lappatrice Remet LS2, Troncatrice Remet MICROMET M,
- Stereomicroscopio OLYMPUS SZ61, lente ingrandimento 20x, Macchina fotografica NIKON COOLPIX 995
- Microscopio polarizzatore a luce trasmessa e luce riflessa OLYMPUS BX51

<sup>2</sup> Munsell Soil Color Charts

<sup>3</sup>(UNI 11176 -2006),

<sup>4</sup>Stima visiva secondo i diagrammi di SHVETSOV M.S. (1954)

<sup>5</sup>UNI EN ISO 14688 – 1:2003

<sup>6</sup>Secondo Dunham (1962)

<sup>7</sup>Stima della porosità da gel – 28% della pasta cementizia da: Mario Collepari; "Il nuovo calcestruzzo" Edizione Tintoretto, 2006



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M2

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Microfotografie al microscopio ottico a luce polarizzata

## Malta M2 – Annibal Caro

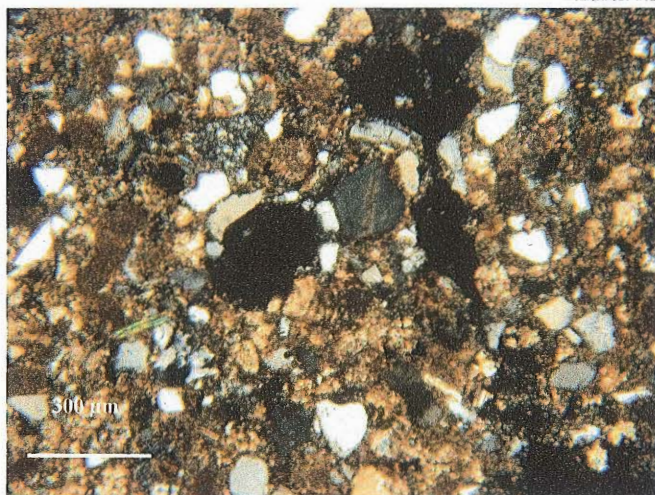


Fig. n. 3 – +N

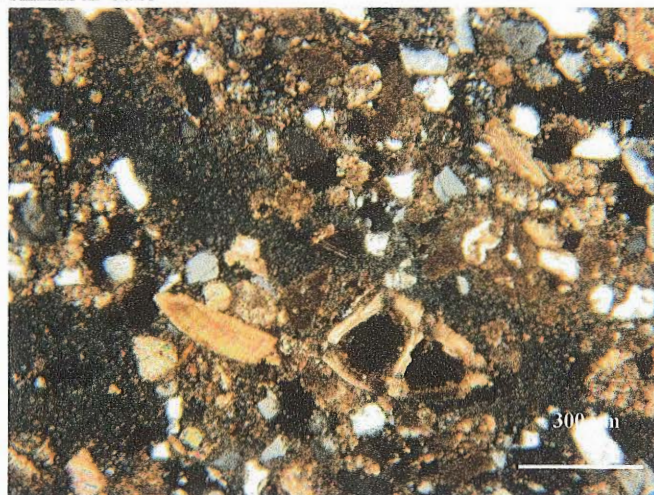


Fig. n. 4 – +N

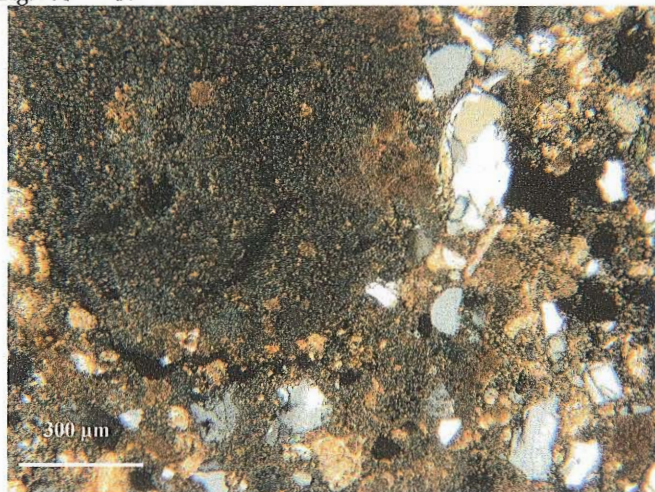


Fig. n. 5 – +N

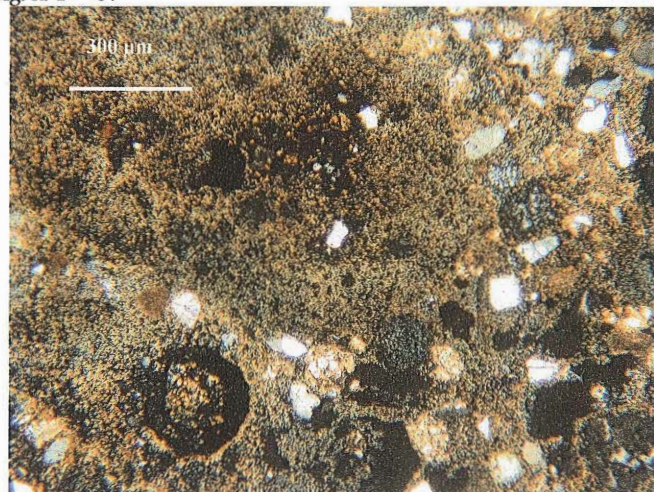


Fig. n. 6 – +N

Fig. re 3, 4, 5 e 6 - Tessitura della malta, forma, distribuzione, granulometria e composizione degli aggregati. Tessitura e composizione del legante. Distribuzione e forma dei vacui (porosità). Fig. 5 grumo di legante. Fig. 6 grumo con incluso materiale argilloso.

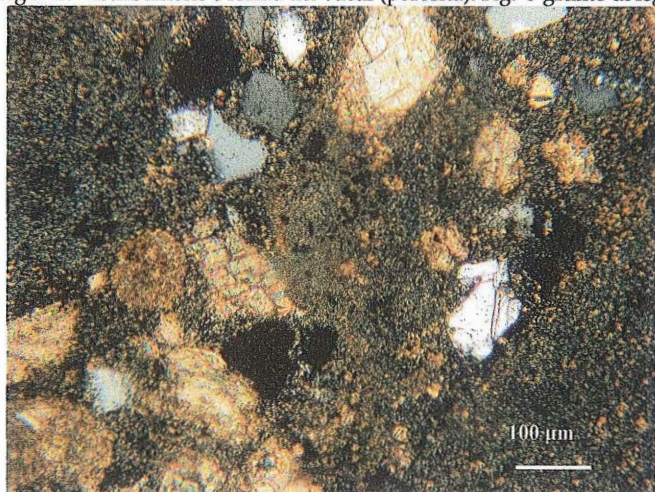


Fig. n. 7 – +N

Fig. re 7 e 8 - Tessitura del legante compatibile con calce idraulica.

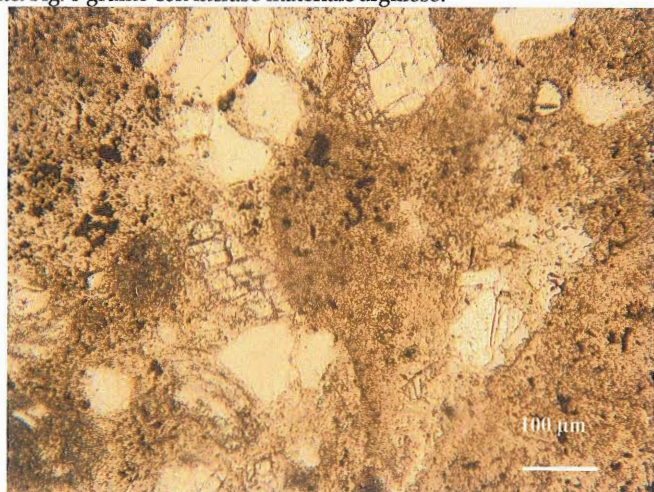
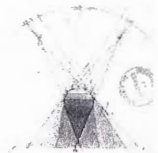


Fig. n. 8 – =N





**PROVE RICHIESTE:**

**Analisi Mineralogico-Petrografica (UNI EN 932/3)1**

**Committente/Richiedente:** LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

**Provenienza/Cantiere:** Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

**Proprietà:** Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

**Data prelievo:** 27/07/2017

**Campione Malta M3**

**Direttore dei lavori:** Ing. Egidio Santucci



**Fig. n.1 - Campione di Malta analizzato – M3- Annibal Caro**

**Rapporto di Prova:** 29\_LATEMA\_2017\_M3\_Plesso\_Scolastico\_Annibal\_Caro\_Fermo.docx

**Camerano, 18/08/2017**

**Archivio sezioni:** 122\_2017\_29\_latema

**Responsabile Analisi**

**Dott. Geol. Orestina Francioni**

**Prova Richiesta:** Analisi mineralogico-petrografica

**Committente/Richiedente:** L.A.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

**Provenienza/Cantiere:** Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

**Proprietà:** Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

**Campione** Malta M3

**Direttore dei lavori:** Ing. Egidio Santucci

**Data Rapporto Analisi:** 18/08/2017

## RAPPORTO DI PROVA

Committente/Richiedente: L.A.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM);

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM);

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo;

Campione Malta M3\_Annibal\_Caro;

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci.

### **Metodologia Analisi<sup>1</sup>:**

Osservazioni al microscopio ottico a luce trasmessa e riflessa finalizzate:

- alla determinazione della morfometria, distribuzione e composizione degli aggregati;
- alla composizione e distribuzione del legante;
- alla stima quantitativa e calcolo, in volume, del rapporto legante/aggregato.

### **Riferimenti Normativi:**

- UNI 11176 -2006 Beni culturali “Descrizione petrografica di una malta”;
- UNI 11089-2003 “Malte storiche e da restauro – Stima della composizione di alcune tipologie di malte”;
- UNI EN 998 – 2 del 2016 “Specifiche per malte per opere murarie”;
- D.M. del 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- UNI EN 932-3 del 2004 “Metodi prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”;
- UNI EN 13139 del 2003 “Aggregati per malta”.

## RISULTATI PROVE

### ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICA

#### **Campione: Malta M3\_Annibal\_Caro**

**Descrizione (fig.re 1 e 2):** Malta per muratura di colore<sup>2</sup> grigio chiaro (HUE 10YR 7/2), friabile<sup>3</sup>, ovvero si sfarina alla pressione delle dita. Gli aggregati sono a granulometria<sup>5</sup> arenacea, macroscopicamente sono identificabili solo alcuni grani di colore<sup>2</sup> rosato ed i grumi di legante di colore bianco. Il campione risulta reattivo all’acido cloridrico.

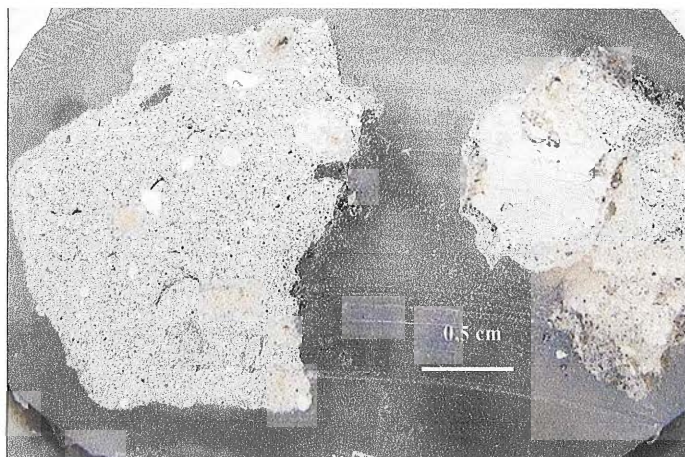


Fig. n. 2 – Sezioni stratigrafiche del campione di malta M3. Si osserva la tessitura della malta ed il colore degli aggregati



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M3

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Descrizione Microscopica

Morfometria Aggregati		Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %
Granulometria <sup>5</sup>	Arenacea fine (0,063 – 0,2 mm)	35-40
	Arenacea media (0,2 – 0,63 mm)	55-60
	Arenacea grossa (0,63 – 2,00 mm)	2-3
	Conglomeratica fine (2,00 – massimo 3,00 mm)	1-2
Arrotondamento	Angolosa.	
Sfericità	Medio-alta con rari grani allungati	
Classazione	Ben selezionati	
Distribuzione	Omogenea	
Orientamento	Aggregati non orientati	
Tipologia di aggregato	Sabbia naturale frantumata 0/0,63 con rari grani a granulometria maggiore	

Composizione			Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %	
Parametri tessiturali		Descrizione mineralogico-petrografica		
Aggregati	Frammenti di rocce e particelle minerali in grani liberi	Minuti frammenti carbonatici derivanti dalla frantumazione di rocce sedimentarie carbonatiche. Si individuano calcilutiti e calcilutiti sabbiose (mudstone e wackestone) <sup>6</sup> e rari frammenti cristallini a grana fine (probabile calcare dolomitico). A queste si associano abbondanti particelle minerali in grani liberi composte da cristalli carbonatici e bioclasti	50-55	58-59
		Particelle minerali in grani liberi e rari frammenti policristallini costituiti da quarzo e feldspati ed in tracce altri minerali mafici.	35-40	
		Siltiti: frammenti di rocce sedimentarie terrigene silico-clastiche a grana fine e composte da quarzo/feldspati, carbonati e fillosilicati.	2-3	
		Selce: Litotipi composti da matrice silicea (quarzo microcristallino)	2-3	
		Probabili cristalli dei gesso	5	
Legante	Legante a tessitura micritica, medio-bassa birifrangenza e colore da bruno molto chiaro a incolore. Distribuzione non omogenea per la presenza di abbondanti grumi carbonatici con fessure di ritiro ed altri sono composti con molta probabilità da una miscela di calce e gesso. Anche il legante ha caratteristiche ottiche compatibili con una miscela di calce e gesso. Dato che andrebbe verificato con microanalisi al SEM-EDS.			19-20
Porosità	La macroporosità è legata a vacui, presenti nel legante e di forma da irregolare. La porosità totale che comprende anche la micro e la porosità da gel <sup>7</sup> è stimata medio-alta.			22-23
Rapporto L/A*	Il rapporto legante - aggregato, in volume, è stimato 1 parte di legante e circa 3 parti di aggregato.			



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M3

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## CONCLUSIONI

### Malta M3\_Annibal\_Caro

Malta a medio-alta porosità, friabile<sup>3</sup> e con abbondanti grumi di legante.

Composizione:

- Aggregati silico-carbonatici, a granulometria arenaceo medio fine (sabbia naturale frantumata 0/0,63 mm), con rari elementi a granulometria maggiore (0,63 – 3 mm).
- Il legante ha caratteristiche microscopiche compatibili con una miscela di calce idraulica e gesso. Dato da verificare con analisi al SEM-EDS.
- Il rapporto legante-aggregato è stimato: 1 parte di legante e circa 3 di aggregato.

### Classificazione

UNI 11089-2003: Tipologia merceologica della malta : tipo 1

NTC del 2008: Malta a base di gesso e calce, non presente fra quelle a composizione prescritte.

Geol. Orestina Francioni



<sup>1</sup>Attrezzatura di prova:

-Lappatrice Remet LS2, Troncatrice Remet MICROMET M,

-Stereomicroscopio OLYMPUS SZ61, lente ingrandimento 20x, Macchina fotografica NIKON COOLPIX 995

-Microscopio polarizzatore a luce trasmessa e luce riflessa OLYMPUS BX51

<sup>2</sup> Munsell Soil Color Charts

<sup>3</sup> (UNI 11176 -2006),

<sup>4</sup>Stima visiva secondo i diagrammi di SHVETSOV M.S. (1954)

<sup>5</sup> UNI EN ISO 14688 – 1:2003

<sup>6</sup>Secondo Dunham (1962)

<sup>7</sup>Stima della porosità da gel – 28% della pasta cementizia da: Mario Collepardi; “Il nuovo calcestruzzo” Edizione Tintoretto, 2006



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M3

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Microfotografie al microscopio ottico a luce polarizzata

## Malta M3 – Annibal Caro

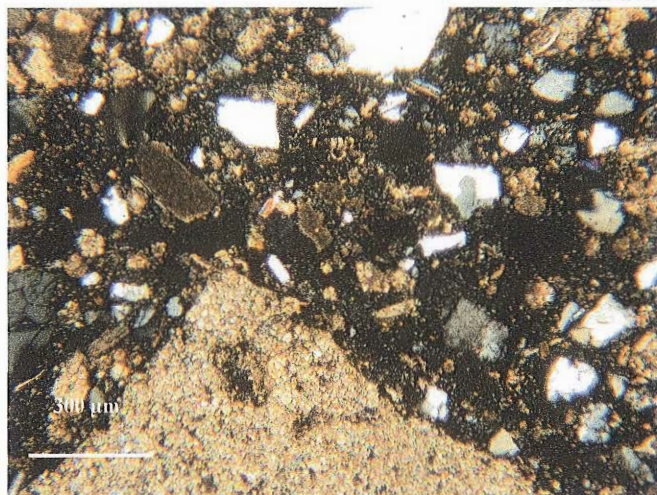


Fig. n. 3 - +N

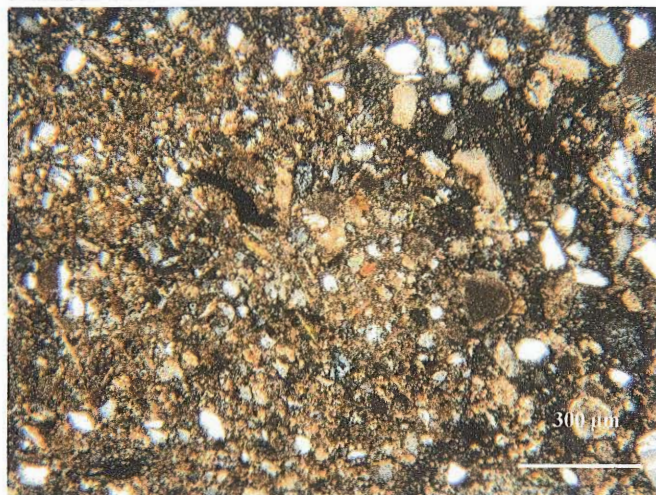


Fig. n. 4 - +N

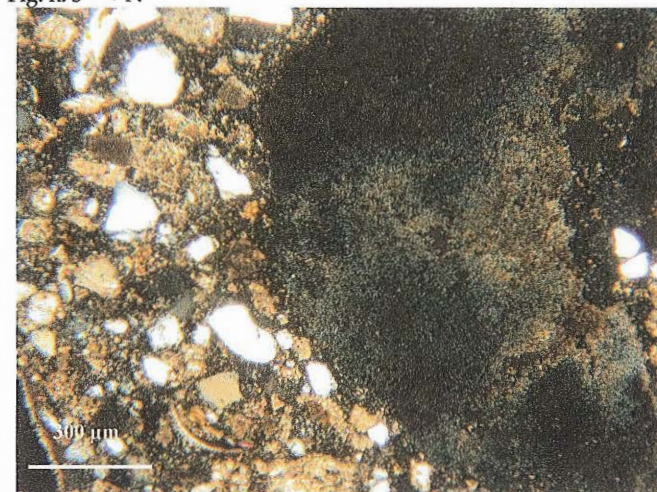


Fig. n. 5 - +N

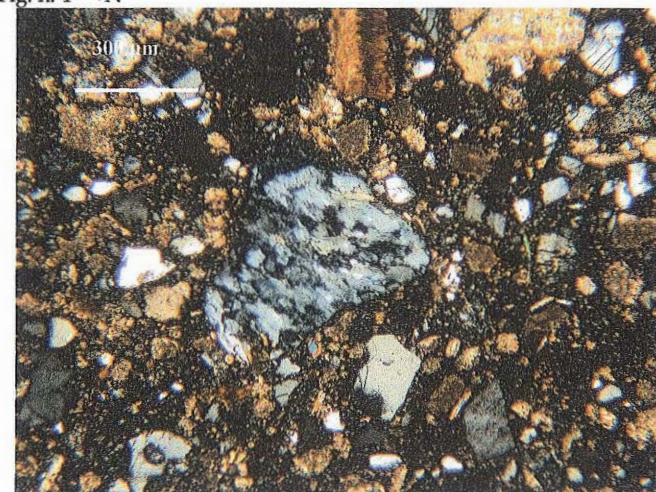


Fig. n. 6 - =N

Fig.re 3, 4, 5 e 6 - Tessitura della malta, forma, distribuzione, granulometria e composizione degli aggregati. Tessitura e composizione del legante. Distribuzione e forma dei vacui (porosità). Fig. 3, in basso, aggregato microcristallino carbonatico. Fig. 4 siltite e in fig. 5 grumo di legante.

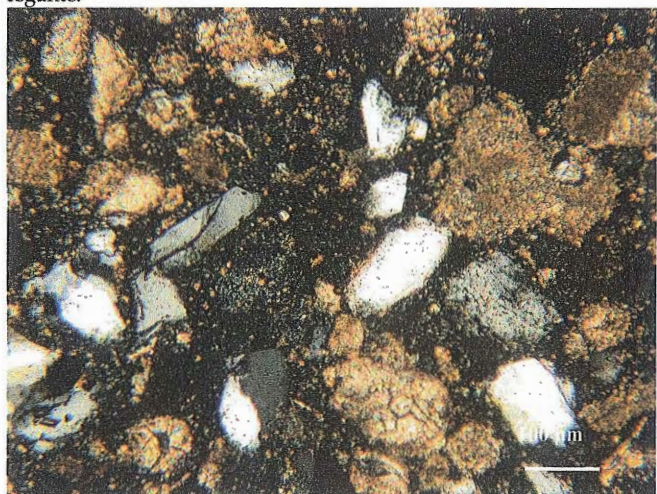


Fig. n. 7 - +N

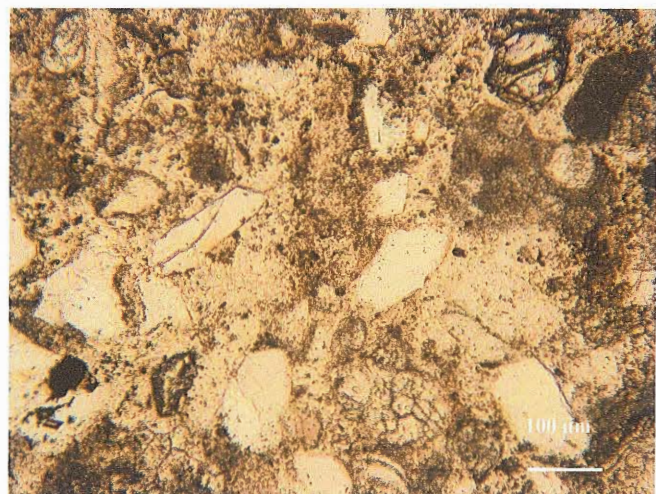


Fig. n. 8 - =N

Fig. re 7 e 8 - Tessitura del legante compatibile con calce e gesso.





**PROVE RICHIESTE:**

Analisi Mineralogico-Petrografica (UNI EN 932/3)1

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Data prelievo: 27/07/2017

**Campione Malta M4**

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci



Fig. n.1 - Campione di Malta analizzato - M4- Annibal Caro

Rapporto di Prova: 30\_LATEMA\_2017\_M4\_Plesso\_Scolastico\_Annibal\_Caro\_Fermo.docx

Camerano, 18/08/2017

Archivio sezioni: 123\_2017\_30\_latema

Responsabile Analisi

Dott. Geol. Orestina Francioni

Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M4

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## RAPPORTO DI PROVA

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM);

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM);

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo;

Campione Malta M4\_Annibal\_Caro;

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci.

### **Metodologia Analisi:**

Osservazioni al microscopio ottico a luce trasmessa e riflessa finalizzate:

- alla determinazione della morfometria, distribuzione e composizione degli aggregati;
- alla composizione e distribuzione del legante;
- alla stima quantitativa e calcolo, in volume, del rapporto legante/aggregato.

### **Riferimenti Normativi:**

- UNI 11176 -2006 Beni culturali "Descrizione petrografica di una malta";
- UNI 11089-2003 "Malte storiche e da restauro – Stima della composizione di alcune tipologie di malte";
- UNI EN 998 – 2 del 2016 "Specifiche per malte per opere murarie";
- D.M. del 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- UNI EN 932-3 del 2004 "Metodi prova per determinare le proprietà generali degli aggregati";
- UNI EN 13139 del 2003 "Aggregati per malta".

## RISULTATI PROVE

### ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICA

**Campione: Malta M4\_Annibal\_Care**

**Descrizione (fig.re 1 e 2):** Malta per muratura di colore<sup>2</sup> grigio chiaro (HUE 10YR 7/2), tenace<sup>3</sup> e con aggregati a granulometria<sup>5</sup> arenacea. I grani di dimensioni maggiore sono di colore bruno rossiccio, grigio scuro-nero e rari grumi carbonatici bianchi. Il campione risulta molto reattivo all'acido cloridrico.



Fig. n. 2 – Sezioni stratigrafiche del campione di malta M4. Si può osservare la tessitura della malta ed il colore degli aggregati a granulometria maggiore



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M4

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

**Descrizione Microscopica**

Morfometria Aggregati		Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %
Granulometria <sup>5</sup>	Arenacea fine (0,063 – 0,2 mm)	5-10
	Arenacea media (0,2 – 0,63 mm)	70
	Arenacea grossa (0,63 – 0,80 mm)	20-25
Arrotondamento	Angolosa.	
Sfericità	Media	
Classazione	Ben selezionati	
Distribuzione	Omogenea	
Orientamento	Aggregati non orientati	
Tipologia di aggregato	Sabbia naturale frantumata 0/0,8	

Composizione			Stima semi-quantitativa <sup>4</sup> %	
Parametri tessiturali		Descrizione mineralogico-petrografica		
Aggregati	Frammenti di rocce e particelle minerali in grani liberi	Frammenti di rocce carbonatiche composti prevalentemente da calcilutiti (mudstone) <sup>6</sup> ed in subordine da calcari a tessitura microcristallina.	30-35	59
		Selce: Litotipi con matrice silicea (quarzo microcristallino) e rari radiolari silicei (con calcedonio)	10-15	
		Particelle minerali in grani liberi costituite da mono e policristalli carbonatici e rari bioclasti	5	
		Particelle minerali in grani liberi e rari frammenti policristallini di quarzo/feldspati ed in tracce altri minerali mafici.	45-50	
Legante	<p>Legante a distribuzione omogenea, tessitura micritica, medio-alta birifrangenza e colore bruno. Si osservano microscopici grumi molto scuri/neri, alcuni compatibili con neoformazioni di silicato di calcio e silico alluminati di calcio, altri potrebbero essere riferiti a clinker.</p> <p>Caratteristiche microscopiche compatibili con una miscela di calce idraulica e cemento al calcare.</p> <p>Utili, per una miglior definizione del legante, e per la verifica della presenza di cemento al calcare analisi diffrattometrica ai raggi X (XRD) o microanalisi al SEM-EDS.</p>			19-20
Porosità	La macroporosità è legata a vacui sub-rotondeggianti, presenti nel legante. La porosità totale che comprende anche la micro e la porosità da gel <sup>7</sup> è stimata media.			21-22
Rapporto L/A*	Il rapporto legante - aggregato, in volume, è stimato 1 parte di legante e circa 3 parti di aggregato.			

Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: L.A.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M4

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## CONCLUSIONI

### Malta M4\_Annibal\_Caro

Malta a media porosità, tenace<sup>3</sup> e con rarissimi grumi di legante.

Composizione:

- Aggregati silico-carbonatici, a granulometria arenaceo medio fine (sabbia naturale frantumata 0/0,8 mm) .
- Il legante ha caratteristiche microscopiche compatibili con una miscela di calce idraulica e probabile cemento al calcare.
- Il rapporto legante-aggregato è stimato: 1 parte di legante e circa 3 di aggregato.

Utili, per una miglior definizione del legante e per la verifica della presenza di cemento al calcare, analisi diffrattometrica ai raggi X (XRD) o microanalisi al SEM-EDS.

### Classificazione

UNI 11089-2003: Tipologia merceologica della malta : tipo 5

NTC del 2008: Malta, equiparabile, fra quelle a composizione prescritta, alla malta idraulica o bastarda di classe "M2,5".

Anche la classe di prestazione, potrebbe essere compatibile con la "M2,5", tuttavia va valutata in base ai risultati delle prove di resistenza a compressione.

Geol. Orestina Francioni



<sup>1</sup>Attrezzatura di prova:

-Lappatrice Remet LS2, Troncatrice Remet MICROMET M,

-Stereomicroscopio OLYMPUS SZ61, lente ingrandimento 20x, Macchina fotografica NIKON COOLPIX 995

-Microscopio polarizzatore a luce trasmessa e luce riflessa OLYMPUS BX51

<sup>2</sup> Munsell Soil Color Charts

<sup>3</sup> (UNI 11176 -2006),

<sup>4</sup>Stima visiva secondo i diagrammi di SHVETSOV M.S. (1954)

<sup>5</sup> UNI EN ISO 14688 – 1:2003

<sup>6</sup>Secondo Dunham (1962)

<sup>7</sup>Stima della porosità da gel – 28% della pasta cementizia da: Mario Collepari; "Il nuovo calcestruzzo" Edizione Tintoretto, 2006



Prova Richiesta: Analisi mineralogico-petrografica

Committente/Richiedente: LA.TE.MA s.r.l., Via M. Massini, 6, 63833 Montegiorgio (FM)

Provenienza/Cantiere: Studio della vulnerabilità sismica del plesso scolastico Annibal Caro – Fermo (FM)

Proprietà: Amministrazione provinciale di Fermo, Viale Trento 113 – Fermo

Campione Malta M4

Direttore dei lavori: Ing. Egidio Santucci

Data Rapporto Analisi: 18/08/2017

## Microfotografie al microscopio ottico a luce polarizzata

## Malta M4 – Annibal Caro

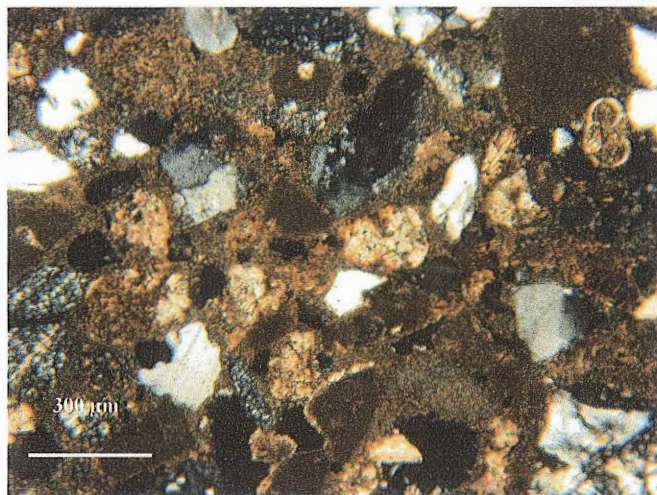


Fig. n. 3 – +N

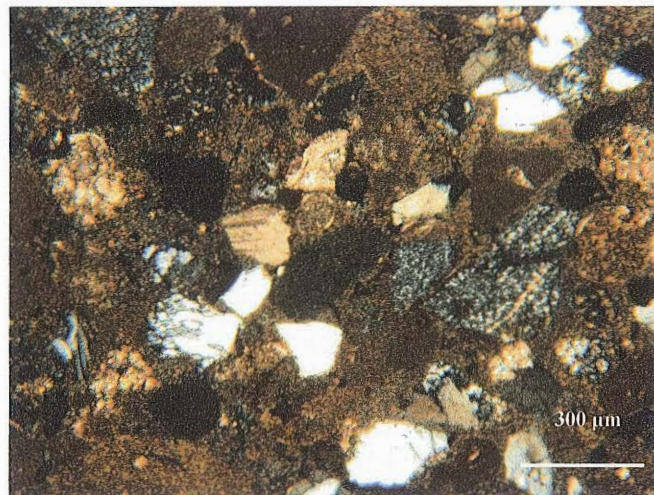


Fig. n. 4 – +N

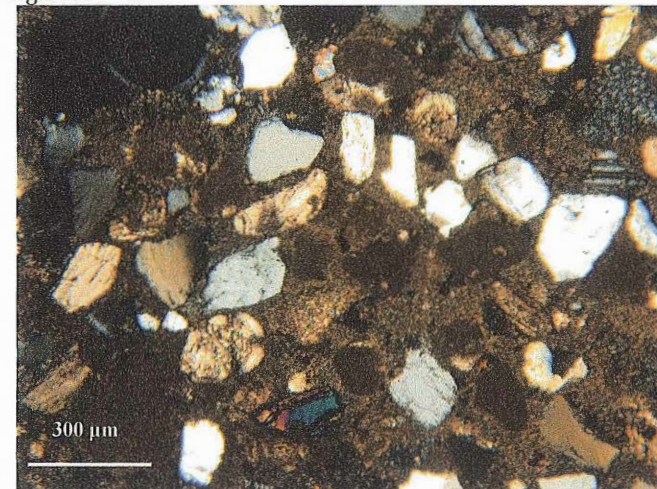


Fig. n. 5 – +N

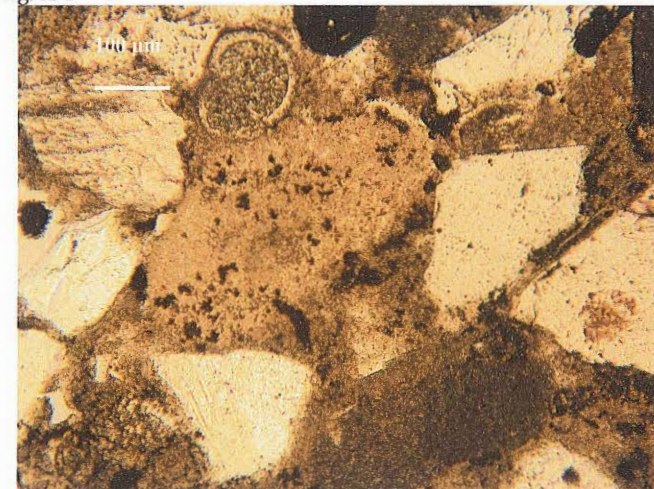


Fig. n. 6 – -N

Fig. re 3, 4, 5 e 6 - Tessitura della malta, forma, distribuzione, granulometria e composizione degli aggregati. Tessitura e composizione del legante. Distribuzione e forma dei vacui (porosità).



Fig. n. 7 – +N

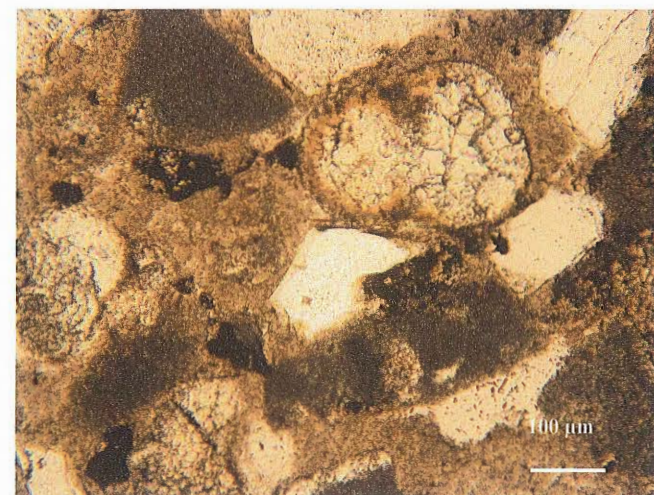


Fig. n. 8 – -N

Fig. re 6, 7 e 8 - Tessitura del legante compatibile con una miscela di calce idraulica e cemento al calcare.