



# COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO

*(Provincia di Firenze)*

## OGGETTO:

Miglioramento sismico, ristrutturazione impiantistica e variazione distributiva mediante abbattimento barriere architettoniche con installazione di ascensore del palazzo comunale di Barberino di Mugello vincolato ai sensi dell'art. 10 del D.Lgs. 42/2004

RICHIEDENTE: Comune di Barberino di Mugello (FI)

Comune di Barberino di Mugello, Fg. 96 P.IIa 226

ELABORATO	<b>PROGETTO STRUTTURALE ESECUTIVO</b>
A4.A	Piano delle indagini e determinazione del livello di conoscenza
STATO ANTE OPERAM	
SCALA:	Dicembre 2018

**RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI**  
Mandatario: Arch. RICCARDO STOLZUOLI  
Mandanti: Ing. GIANNI STOLZUOLI, Arch. DANIELA SESTINI

Timbro e Firma

## **Indice**

### **A4.A Piano delle indagini e determinazione del livello di conoscenza**

**A4.1.A Rilievo**

**A4.2.A Caratterizzazione dei materiali**

**A4.2.A.1 Muratura**

**A4.2.A.2 Legno**

**A4.3.A Livelli di conoscenza e fattori di confidenza**

### **Allegati:**

**- Rapporto di prova n. 01430 del 08/09/2017 del Laboratorio SIGMA s.r.l.**

**- Minuta di Prova rif.v.a. 520/1852 del 06/09/2017 del Laboratorio SIGMA s.r.l.**

#### **A4.A Piano delle indagini e determinazione del livello di conoscenza**

Per definire il piano delle indagini si è partiti dall'acquisizione della documentazione in possesso dell'amministrazione comunale (studio preliminare) e contestuale esecuzione di una campagna di misurazioni volta alla restituzione grafica del rilievo architettonico e strutturale dell'edificio.

I dettagli costruttivi sono stati ricavati da estese verifiche in situ , localizzate in varie zone del fabbricato, mediante rilievi sia visivi che saggi superficiali (stonatura di specchi murari per vedere la tipologia della tessitura muraria e per valutare il grado di ammorsamento tra pareti ortogonali sia perimetrali che interne).

Dalle indagini è emersa una buona connessione d'angolo dei pannelli murari perimetrali mentre carenze di ammorsamento tra alcune pareti di controvento e le murature ortogonali. Per quello che è stato possibile indagare, si esclude la presenza di cordolo perimetrale a tutti i piani e un efficace collegamento tra solai piani e murature.

Le proprietà dei materiali sono state ricavate da indagini in situ tramite 2 prove son martinetti piatti doppi e prove penetrometriche di caratterizzazione della malta su 4 punti.

Per le travi in legno sono state effettuate campagne di misurazione (ove era possibile accedere) e indagini visive. L'essenza lignea è stata valutata a vista e in base all'utilizzo comune all'epoca nel territorio.

Il livello di conoscenza, viste le indagini svolte e in accordo con la committenza, è stato assunto pari a LC2.

#### A4.1.A Rilievo

Il rilievo geometrico e strutturale è stato svolto mediante misurazioni in sito di tipo tradizionale.

Non sono emersi meccanismi di danno che interessano il fabbricato, così come la presenza di uno stato fessurativo importante degli elementi strutturali (*esistono fessure a livello di architravi, microfessurazioni sulle volte ecc..*).

#### A4.2.A Caratterizzazione dei materiali

##### A4.2.A.1 Muratura

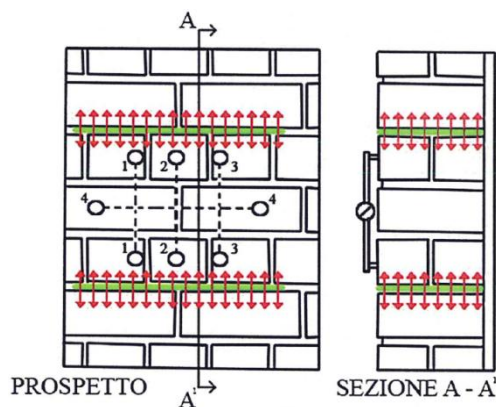
Dall'esame visivo a seguito di stonacatura e a seguito di prove sperimentali, ai sensi del punto 8.7.1 delle NTC 2008 e del corrispondente punto della Circolare n° 617 del 02/02/2009 e del paragrafo C8A.1.A dell'Allegato alla stessa, è emersa una *muratura in pietra e malta non scadente*.

Le prove sperimentali, eseguite dal Laboratorio Sigma s.r.l, sono state effettuate nei punti riportati nelle figure sottostanti a livello del piano terra.

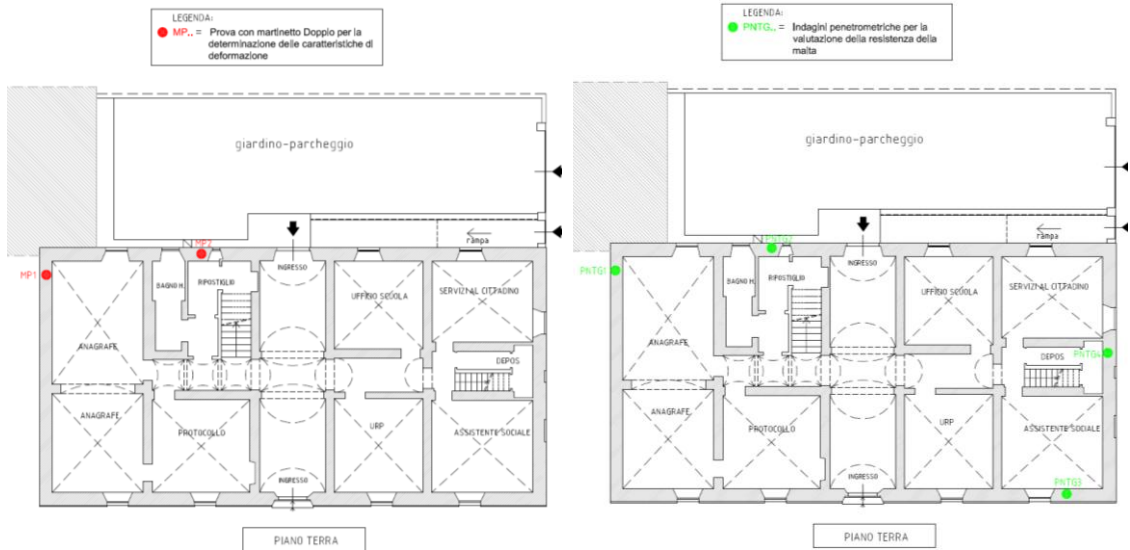
I risultati e i rapporti di prova sono allegati alla presente relazione.

##### Prove con martinetti piatti su muratura

Per la prova sono stati utilizzati martinetti piatti oleodinamici semiovali di dimensioni 35x25.9x0.41 cm e area 775 cm<sup>2</sup>



Schema della prova con martinetto doppio per la determinazione delle caratteristiche di deformazione



*Punti delle prove con martinetti piatti doppi (MP) e di penetrazione della malta (PNTG)*

Dalle prove sperimentali su martinetti piatti doppi, i valori dei moduli elastici secanti (indicati dal Laboratorio) determinati nel tratto di curva con andamento lineare prima della perdita di proporzionalità con una tensione di prima fessurazione pari a 31,15 kg/cm<sup>2</sup> sono :

- Prova martinetto MP1:

$E_{MP1} = 2934,4 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità normale

$G_{MP1} = 1137,4 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità tangenziale

- Prova martinetto MP2:

$E_{MP1} = 2691,5 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità normale

$G_{MP1} = 1043,2 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità tangenziale

Mediando i valori si ottiene:

$E = 2812,95 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità normale medio

$G = 1090,30 \text{ N/mm}^2$  Modulo di elasticità tangenziale medio

### Indagini sulla malta

Per le indagini sulla malta è stato impiegato il penetrometro Gucci PNT-G

I risultati delle prove sono i seguenti:

Ubicazione Prova	Sigla Prova	Letture PNT-G						PG Media su 6 valori	fm Resistenza stimata Mpa
Piano Terra	PNTG1	327	360	436	441	484	500	425	3.33
	PNTG2	131	157	212	214	227	250	199	1.65
	PNTG3	130	140	152	167	190	200	163	1.38
	PNTG4	205	217	323	365	416	422	325	2.59

La resistenza media stimata della malta è:

$$f_{m,malta} = \frac{(3,33 + 1,65 + 1,38 + 2,59)}{4} = 2,238 \frac{N}{mm^2}$$

Da tale risultato emerge una malta non scadente.

Confrontando i risultati dei moduli elastici ottenuti con i valori riportati nella Tab. C8.A.2.1 della Circolare, la tipologia di muratura con valori tabellati dei moduli elastici compatibili a quelli sperimentali risulterebbe quella a blocchi lapidei squadrati che però non rispecchia la reale configurazione del paramento (come da immagine sotto riportata).

Pertanto, preso atto della tessitura muraria emersa da indagini visive previa stonacatura e della tensione di prima fessurazione misurata durante le prove, si assume a base del calcolo una *muratura in pietre a spacco di buona tessitura*.



*Specchio di muratura indagata*

I valori tabellati per questa tipologia muraria sono i seguenti:

$f_{m,min}$	= 260	N/cm <sup>2</sup>	resistenza minima a compressione della muratura
$f_{m,max}$	= 380	N/cm <sup>2</sup>	resistenza massima a compressione della muratura
$\tau_{0,min}$	= 5.6	N/cm <sup>2</sup>	resistenza minima a taglio della muratura
$\tau_{0,max}$	= 7.4	N/cm <sup>2</sup>	resistenza massima a taglio della muratura
$E_{min}$	= 1500.00	N/mm <sup>2</sup>	valore minimo del modulo di elasticità normale
$E_{max}$	= 1980.00	N/mm <sup>2</sup>	valore massimo del modulo di elasticità normale
$G_{min}$	= 500.00	N/mm <sup>2</sup>	valore minimo del modulo di elasticità tangenziale
$G_{max}$	= 660.00	N/mm <sup>2</sup>	valore massimo del modulo di elasticità tangenziale
$w$	= 21	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico medio della muratura

#### A4.2.A.2 Legno

Da ispezioni e indagini visive emerge che l'essenza delle travi e dei travetti dei solai lignei è di Abete. In fase di calcolo si assumono le caratteristiche dell'Abete/C S2 (abete centro sud) le cui proprietà meccaniche secondo le UNI 11035 sono:

$f_{m,k}$	= 28.00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	= 17.00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,k}$	= 0.30	N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	= 22.00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,k}$	= 2.10	N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	= 2.90	N/mm <sup>2</sup>

Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	= 10000	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico ortogonale medio	$E_{90,mean}$	= 330	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	= 6700	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico tangenziale medio	$G_{mean}$	= 630	N/mm <sup>2</sup>

### A4.3.A Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Il livello di conoscenza raggiunto, secondo le indicazioni la Normativa ed in accordo con la committenza, è LC2.

Il fattore di confidenza, in linea con le prescrizioni del *D.M. 14/01/2008 e Circolare n.617 del 02/02/2009* e con il §4.2 della *Direttiva del Consiglio dei Ministri del 09/02/2011*<sup>1</sup> è stato assunto pari a:

$$F_C = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck} = 1 + (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3} + F_{C4}) = 1,2^2$$

#### Muratura

Per tale livello di conoscenza, secondo le indicazioni delle NTC 2008, vanno considerate le caratteristiche meccaniche medie delle proprietà dei materiali (sia delle resistenze che dei moduli elastici):

#### *Muratura a spacco di buona tessitura*

$$f_m = \frac{f_{m,min} + f_{m,max}}{2} = 3,20 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_0 = \frac{\tau_{0,min} + \tau_{0,max}}{2} = 0,065 \frac{N}{mm^2}$$

$$E = \frac{E_{min} + E_{max}}{2} = 1740 \frac{N}{mm^2}$$

$$G = \frac{G_{min} + G_{max}}{2} = 580 \frac{N}{mm^2}$$

I valori dei parametri di calcolo saranno quelli medi suddetti divisi per  $FC=1,2$ .

Per le verifiche inoltre verranno applicati anche i relativi coefficienti parziali di sicurezza del materiale  $\gamma_M$  previsti dalla Norma.

---

<sup>1</sup> **Direttiva del Consiglio dei Ministri 09 Febbraio 2011** *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*

<sup>2</sup> Relazione 4.1 della Direttiva di cui alla nota 1. I valori di  $F_{Ck}$  sono elencati nella tabella 4.1 della Direttiva e sono riportati di seguito:  $F_{C1}=0,05$  rilievo geometrico completo,  $F_{C2}=0,12$  restituzione ipotetica delle fasi costruttiva basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche),  $F_{C3}=0$  estese indagini sui parametri meccanici dei materiali,  $F_{C4}=0,03$  disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondali, limitate indagini sulle fondazioni



Inoltre, come indicato dalla Normativa, per le analisi della struttura in elevazione si considerano i valori dei moduli elastici in condizioni fessurate e quindi opportunamente ridotti (del 50%).

*Muratura a spacco di buona tessitura/ FC = 1,2*

$$f_{m/FC} = \frac{3,20}{1,2} = 2,67 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{0/FC} = \frac{0,65}{1,2} = 0,054 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{/FC} = \frac{1740}{1,2} = 1450 \frac{N}{mm^2} \rightarrow E_{/FC,fess} = 725 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{/FC} = \frac{580}{1,2} = 483,33 \frac{N}{mm^2} \rightarrow G_{/FC,fess} = 241,66 \frac{N}{mm^2}$$

### Legno

I valori dei parametri di calcolo sopra riportati per il legno saranno divisi per FC=1,2.

I valori di calcolo per le proprietà del materiale saranno ottenuti applicando anche i relativi coefficienti parziali di sicurezza , del materiale  $\gamma_M$  e correttivo  $k_{mod}$  che tiene conto sia della durata del carico che dell'umidità della struttura, previsti dalla Norma:

$$X_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot \frac{x_k}{FC}$$

$f_{m,k/FC} =$	23.33	N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k/FC} =$	14.17	N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,k/FC} =$	0.25	N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k/FC} =$	18.33	N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,k/FC} =$	1.75	N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k/FC} =$	2.42	N/mm <sup>2</sup>



**PROVE SU MURATURA MEDIANTE MARTINETTO PIATTO DOPPIO  
PROVE SULLA MALTA MEDIANTE PENETROMETRO GUCCI**

**RAPPORTO DI PROVA N.01430 DEL 08/09/2017**

**RIF .V.A. 520/1852 DEL 06/09/2017**

<b>Committente</b>	COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO - SETTORE LAVORI PUBBLICI VIA DELLA REPUBBLICA 18 - 50031 BARBERINO DI MUGELLO – FIRENZE
<b>Cantiere</b>	PALAZZO COMUNALE DI BARBERINO DI MUGELLO (FI)
<b>Esperienze effettuate</b>	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA' DELLA MURATURA MEDIANTE PROVE CON MARTINETTI PIATTI DOPPI, PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA.

Il giorno 6 settembre 2017 sono state eseguite n.2 prove mediante martinetti piatti doppi sulle murature del cantiere in oggetto e n.4 prove penetrometriche sulla malta.

Le zone oggetto d'indagine sono state indicate dalla Committenza.

Alle prove hanno assistito:

- Arch. G. Mocali, tecnico del Comune,
- Ing. G. Stolzuoli, tecnico incaricato.

*Il presente rapporto di prova è costituito da n.9 pagine.*

**PROVE CON MARTINETTI PIATTI SU MURATURA**

**Apparecchiatura di prova**

Martinetti piatti oleodinamici semiovali, dimensioni 35 x 25.9 x 0.41 cm e area 775 cm<sup>2</sup>  
Mototroncatrice a scoppio Husqvarna K970 Ring con disco diamantato per la realizzazione di un taglio con profondità di 26 cm nella muratura, lungo i giunti di malta orizzontali, per l'inserimento dei martinetti piatti.  
Pompa manuale a due manometri "M2H16 Glöztzl GmbH" per prove con martinetti piatti.  
Deformometro DGEI250 base di misura 250 mm con comparatore elettronico digitale Mitutoyo mod.ID-S112B risoluzione 0,001 mm.

**Lecture degli spostamenti**

Il deformometro è costituito da due aste cilindriche in acciaio AISI 304, di cui una fissa ed una mobile e scorrevole; nelle due estremità delle aste sono fissati due coltelli che terminano con punte sferiche, lo spostamento tra i coltelli (coincidente con quello delle basette forate) viene misurato da un comparatore elettronico Mitutoyo, munito di display digitale e con risoluzione 0,001 mm.

Le deformazioni ( $\epsilon$ ) saranno ottenute dal rapporto tra l'estensione misurata e la lunghezza della base di misura, ovvero:

$$\epsilon = \text{Est} / 250$$



### **Determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura**

La determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura viene effettuata praticando due tagli orizzontali paralleli ad una distanza di circa 50 cm, nei quali vengono introdotti i due martinetti piatti oleodinamici semiovali.

La particolare condizione equivale ad una compressione monoassiale della porzione di muratura compresa tra i due tagli, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni che consentirà la stima della resistenza a compressione.

Il materiale su cui viene eseguita la prova è normalmente molto eterogeneo, per cui si cerca di fare in modo che i valori misurati siano i più rappresentativi possibili di un comportamento medio della struttura in esame. Le condizioni che caratterizzano tale prova sono costituite dal tipo di compressione praticamente uniassiale e dal fatto che la porzione di struttura muraria in esame ha dei vincoli particolari non simmetrici ed a volte non del tutto ben definiti.

Per la prova con due martinetti (vedi disegno schematico seguente), inseriti in altrettanti tagli piani paralleli e sovrapposti, 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.

Le 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.

Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico per cicli di carico e scarico, con intensità via via crescente.

I risultati vengono registrati su diagrammi pressione/deformazione, in seguito riportati.

La pressione effettivamente applicata sulla muratura è calcolata con la seguente relazione:

$$\sigma = A_m / A_t \cdot K_m \cdot p$$

dove :

- $A_m$  = Area del martinetto
- $A_t$  = Valore medio delle due aree di taglio  
Si assume  $A_m/A_t = 1$
- $K_m$  = costante che tiene conto delle caratteristiche geometriche del martinetto e della rigidità della saldatura di bordo; tale costante è stata determinata mediante taratura e risulta essere pari a 0,89
- $p$  = pressione erogata dai due martinetti

Il valore del modulo elastico verticale (longitudinale) della muratura è determinato dalla relazione:

$$E_v = \sigma / \varepsilon_v$$

dove :

- $\varepsilon_v$  = deformazione verticale (longitudinale) misurata in prossimità dell'asse di mezzera dell'elemento murario delimitato dai due martinetti.

Il valore del modulo elastico orizzontale (trasversale) della muratura è determinato dalla relazione:

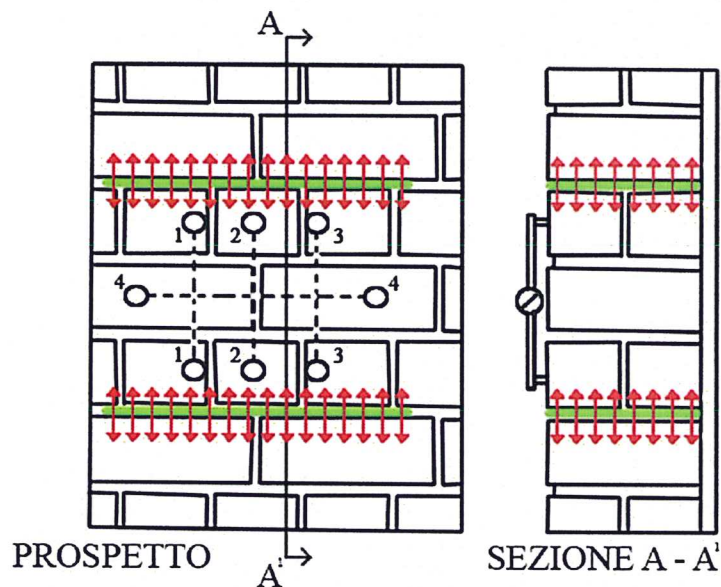
$$E_t = \sigma / \varepsilon_t$$

dove :

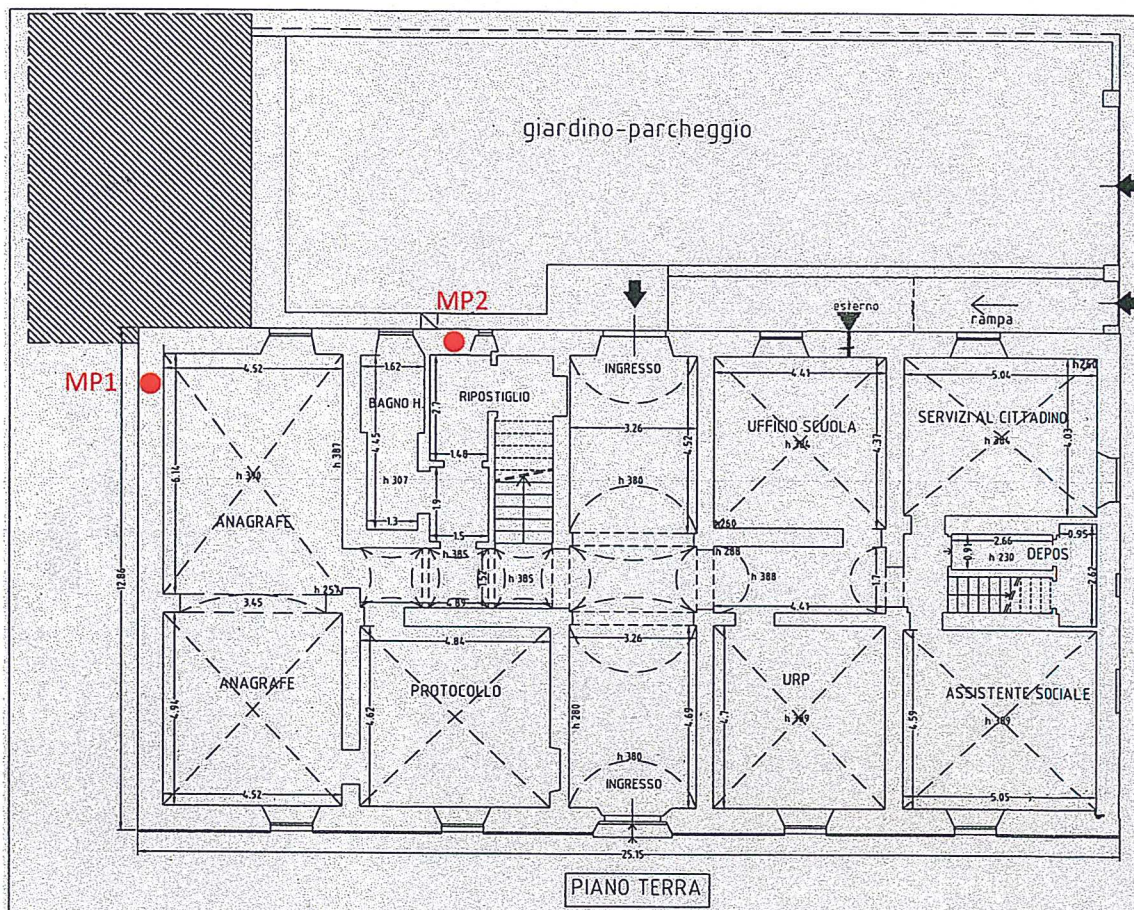
- $\varepsilon_t$  = deformazione orizzontale (trasversale) misurata dalle basi di misura applicate sull'elemento murario delimitato dai due martinetti.



**SCHEMA DELLA PROVA CON MARTINETTO DOPPIO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMAZIONE**



**UBICAZIONE DELLE INDAGINI**





# Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove su Materiali da Costruzione dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (Legge 1086/71 art. 20)

D. M. n° 6786 del 15.10.2014 • Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità  
Certificato RINA  
ISO 9001:2008

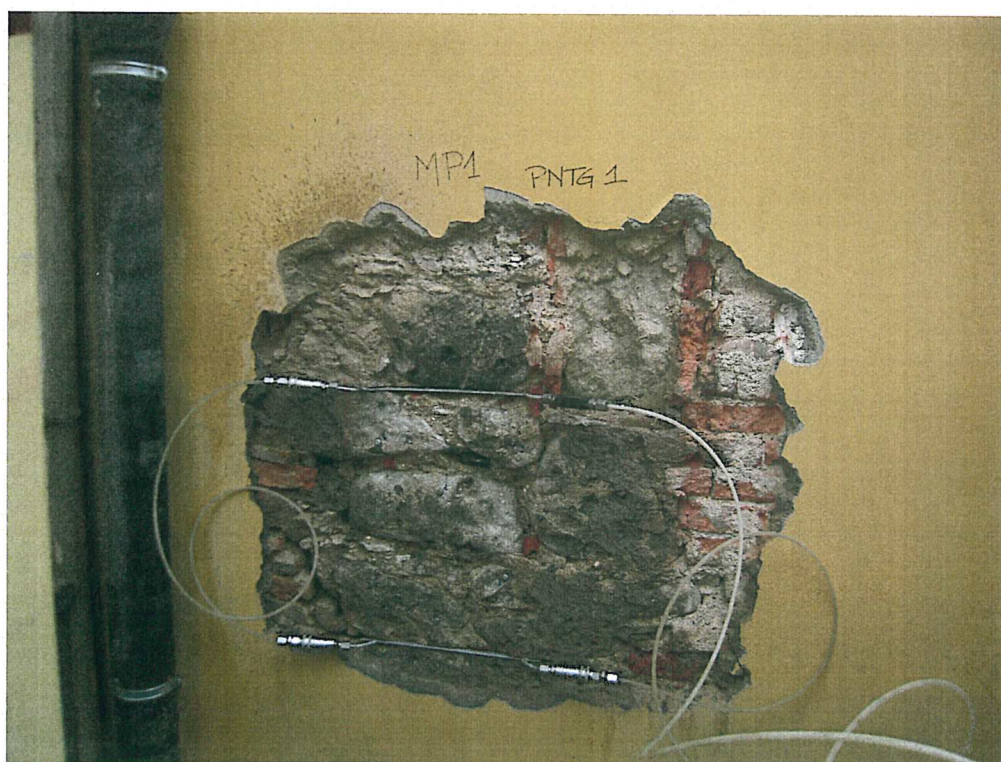
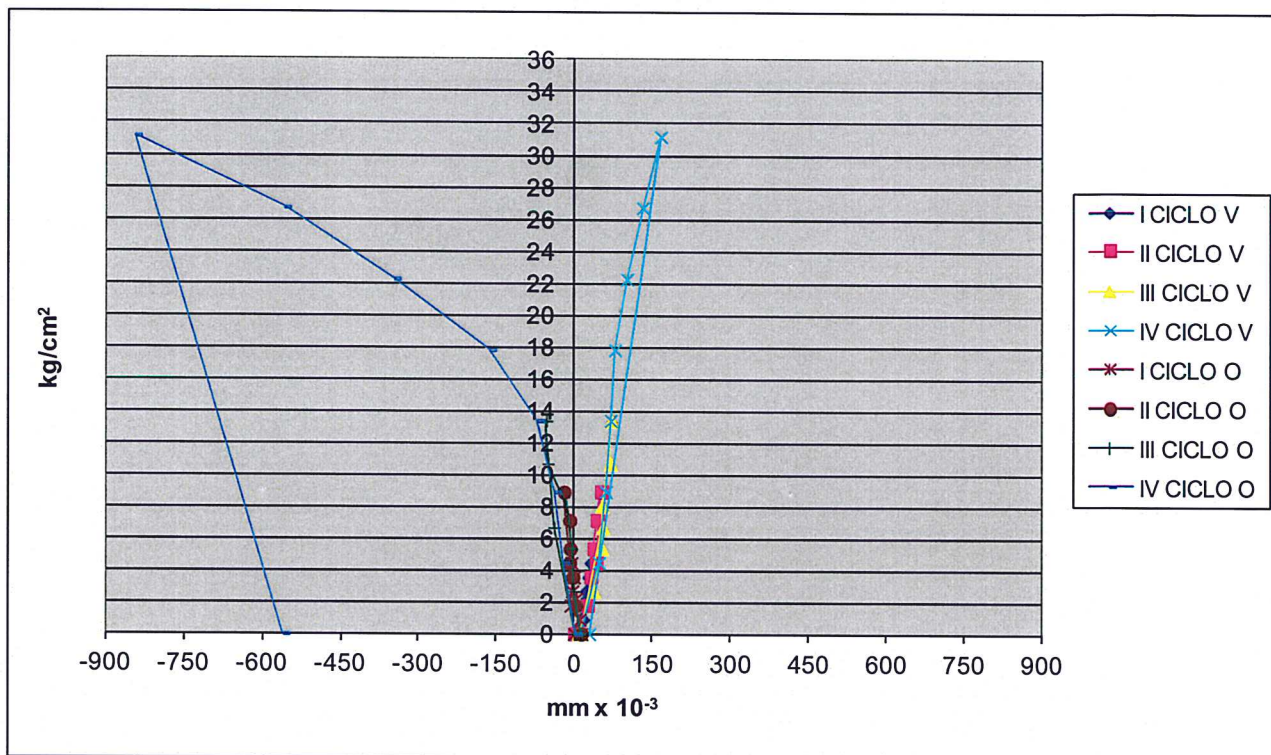
Data prova: 06/09/2017	Ubicazione indagine : piano terra	Scheda n. .1.1
Sigla indagine: MP 1	Tipologia muratura: pietrame con tessitura disordinata	

Pressione P bar	Pressione effettiva $\delta$ kg/cm <sup>2</sup>	basi di misura verticali			media letture	$\Delta$ mm x 10 <sup>-3</sup>	Def. media $\epsilon$	base misura orizzontale	$\Delta$ mm x 10 <sup>-3</sup>	Def. media $\epsilon$
		1	2	3						
0	0	6472	3253	7417	5714	0	0	7383	0	0
1	0,89	6469	3223	7399	5697	17	6,8E-05	7373	10	4,0E-05
2	1,78	6468	3218	7397	5694	20	8,0E-05	7390	-7	-2,8E-05
3	2,67	6466	3217	7390	5691	23	9,2E-05	7387	-4	-1,6E-05
4	3,56	6464	3207	7386	5686	28	1,1E-04	7384	-1	-4,0E-06
5	4,45	6462	3205	7380	5682	32	1,3E-04	7389	-6	-2,4E-05
2,5	2,225	6467	3210	7393	5690	24	9,6E-05	7379	4	1,6E-05
0	0	6472	3252	7416	5713	1	4,0E-06	7370	13	5,2E-05
2	1,78	6466	3210	7392	5689	25	1,0E-04	7380	3	1,2E-05
4	3,56	6464	3196	7386	5682	32	1,3E-04	7386	-3	-1,2E-05
6	5,34	6462	3189	7376	5676	38	1,5E-04	7391	-8	-3,2E-05
8	7,12	6460	3183	7368	5670	44	1,8E-04	7392	-9	-3,6E-05
10	8,9	6459	3174	7353	5662	52	2,1E-04	7403	-20	-8,0E-05
5	4,45	6468	3186	7362	5672	42	1,7E-04	7392	-9	-3,6E-05
0	0	6472	3237	7408	5706	8	3,2E-05	7369	14	5,6E-05
3	2,67	6464	3199	7367	5677	37	1,5E-04	7384	-1	-4,0E-06
6	5,34	6461	3173	7348	5661	53	2,1E-04	7388	-5	-2,0E-05
9	8,01	6458	3168	7339	5661	53	2,1E-04	7399	-16	-6,4E-05
12	10,68	6466	3162	7303	5644	69	2,8E-04	7421	-51	-2,0E-04
15	13,35	6481	3161	7287	5643	71	2,8E-04	7437	-54	-2,2E-04
7,5	6,675	6492	3178	7306	5659	55	2,2E-04	7422	-39	-1,6E-04
0	0	6494	3243	7363	5700	14	5,6E-05	7382	1	4,0E-06
5	4,45	6484	3199	7318	5667	47	1,9E-04	7405	-22	-8,8E-05
10	8,9	6484	3178	7299	5654	60	2,4E-04	7422	-39	-1,6E-04
15	13,35	6486	3167	7280	5644	70	2,8E-04	7454	-71	-2,8E-04
20	17,8	6546	3180	7184	5637	77	3,1E-04	7547	-164	-6,6E-04
25	22,25	6666	3180	6997	5614	100	4,0E-04	7731	-348	-1,4E-03
30	26,7	6767	3177	6804	5583	131	5,2E-04	7942	-559	-2,2E-03
35	31,15	6916	3185	6546	5549	165	6,6E-04	8228	-845	-3,4E-03
0	0	6881	3308	6866	5685	29	1,2E-04	7933	-560	-2,2E-03

Distanza martinetti D cm	Coefficiente Km	Coefficiente Ka	Pressione massima raggiunta [bar]	Tensione di prima fessurazione $\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>
50	0.89	1	35.0	31.15



<b>Data prova:</b> 06/09/2017	<b>Ubicazione indagine :</b> piano terra	<b>Scheda n. .1.2</b>
<b>Sigla indagine:</b> MP 1	<b>Tipologia muratura:</b> pietrame con tessitura disordinata	





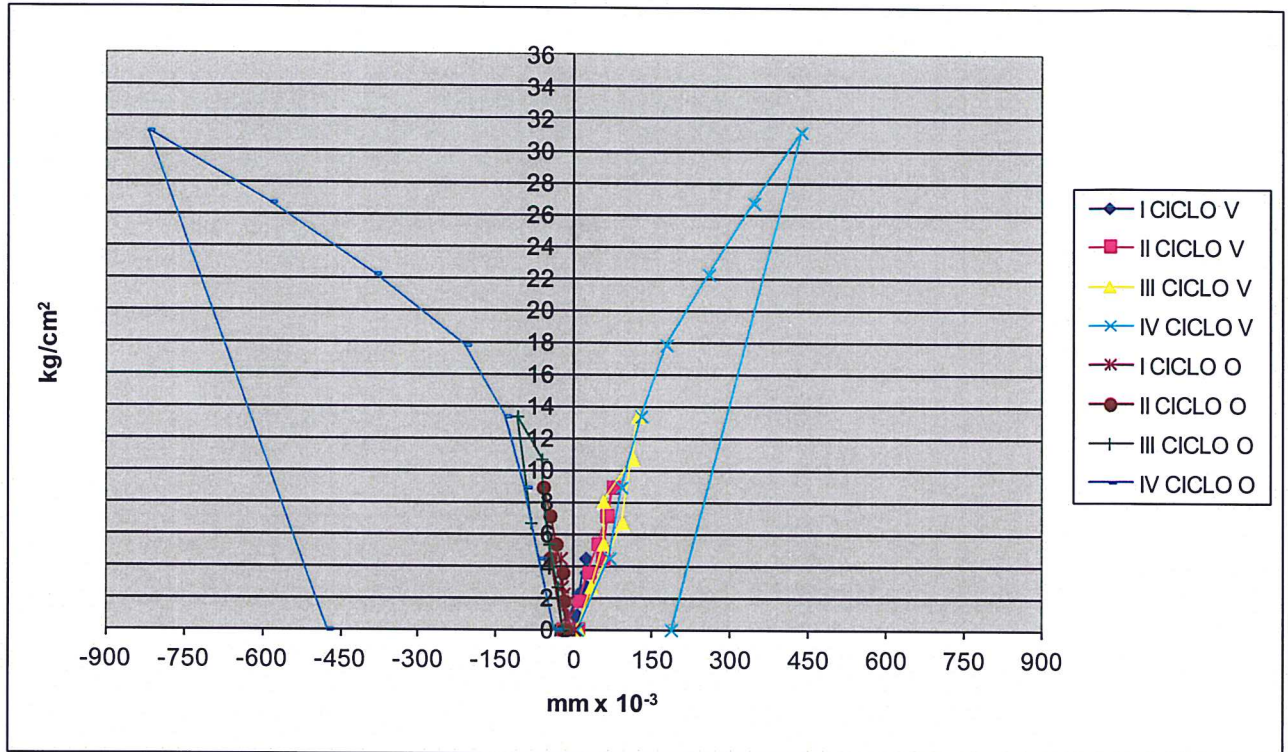
<b>Data prova: 06/09/2017</b>	<b>Ubicazione indagine : piano terra</b>	<b>Scheda n. .2.1</b>
<b>Sigla indagine: MP 2</b>	<b>Tipologia muratura: pietrame con tessitura disordinata</b>	

Pressione P bar	Pressione effettiva $\delta$ kg/cm <sup>2</sup>	basi di misura verticali			media letture	$\Delta$ mm x 10 <sup>-3</sup>	Def. media $\epsilon$	base misura orizzontale	$\Delta$ mm x 10 <sup>-3</sup>	Def. media $\epsilon$
		1	2	3						
0	0	4616	4943	4833	4797	0	0	5608	0	0
1	0,89	4616	4936	4826	4793	4	1,6E-05	5621	-13	-5,2E-05
2	1,78	4607	4917	4823	4782	15	6,0E-05	5621	-13	-5,2E-05
3	2,67	4600	4903	4820	4774	23	9,2E-05	5632	-24	-9,6E-05
4	3,56	4594	4908	4820	4774	23	9,2E-05	5634	-26	-1,0E-04
5	4,45	4594	4912	4820	4775	22	8,8E-05	5634	-26	-1,0E-04
2,5	2,225	4619	4920	4827	4789	8	3,2E-05	5628	-20	-8,0E-05
0	0	4638	4973	4846	4819	-22	-8,8E-05	5623	-15	-6,0E-05
2	1,78	4615	4917	4830	4787	10	4,0E-05	5628	-20	-8,0E-05
4	3,56	4597	4896	4814	4769	28	1,1E-04	5630	-22	-8,8E-05
6	5,34	4585	4864	4803	4751	46	1,8E-04	5643	-35	-1,4E-04
8	7,12	4566	4840	4795	4734	63	2,5E-04	5655	-47	-1,9E-04
10	8,9	4562	4816	4788	4722	75	3,0E-04	5668	-60	-2,4E-04
5	4,45	4580	4850	4797	4742	55	2,2E-04	5655	-47	-1,9E-04
0	0	4613	4921	4837	4790	7	2,8E-05	5630	-22	-8,8E-05
3	2,67	4597	4882	4816	4765	32	1,3E-04	5640	-32	-1,3E-04
6	5,34	4574	4846	4802	4741	56	2,2E-04	5657	-49	-2,0E-04
9	8,01	4566	4819	4790	4741	56	2,2E-04	5666	-58	-2,3E-04
12	10,68	4550	4790	4782	4707	112	4,5E-04	5686	-63	-2,5E-04
15	13,35	4536	4728	4762	4675	122	4,9E-04	5718	-110	-4,4E-04
7,5	6,675	4554	4774	4786	4705	92	3,7E-04	5692	-84	-3,4E-04
0	0	4624	4911	4840	4792	5	2,0E-05	5645	-37	-1,5E-04
5	4,45	4573	4813	4800	4729	68	2,7E-04	5676	-68	-2,7E-04
10	8,9	4567	4768	4782	4706	91	3,6E-04	5703	-95	-3,8E-04
15	13,35	4526	4711	4768	4668	129	5,2E-04	5743	-135	-5,4E-04
20	17,8	4499	4613	4748	4620	177	7,1E-04	5820	-212	-8,5E-04
25	22,25	4443	4451	4722	4539	258	1,0E-03	5994	-386	-1,5E-03
30	26,7	4370	4285	4700	4452	345	1,4E-03	6195	-587	-2,3E-03
35	31,15	4283	4116	4686	4362	435	1,7E-03	6430	-822	-3,3E-03
0	0	4494	4530	4808	4611	186	7,4E-04	6098	-477	-1,9E-03

Distanza martinetti D cm	Coefficiente Km	Coefficiente Ka	Pressione massima raggiunta [bar]	Tensione di prima fessurazione $\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>
45	0.89	1	35.0	31.15



Data prova: 06/09/2017	Ubicazione indagine : piano terra	Scheda n. .2.2
Sigla indagine: MP 2	Tipologia muratura: pietrame con tessitura disordinata	







## INDAGINI SULLA MALTA

E' stato impiegato un penetrometro per malta denominato penetrometro Gucci, **PNT- G**.

La tecnica per la valutazione in situ della resistenza della malta, si basa sulla misura dell'energia dissipata per praticare una piccola cava nei ricorsi di malta della muratura.

Il penetrometro **PNT-G**, realizza un foro di 4 mm per una profondità di 5 mm, misurando l'energia necessaria per penetrare nella malta.

In ogni zona in cui si vuol stimare la resistenza a compressione della malta devono essere praticati quindici cavità.

Un gruppo di letture è accettabile solo se la differenza tra almeno cinque di loro è minore di ¼ della media.

Se il gruppo di letture è accettabile si calcola la media dei sei valori centrali.

Nel caso in esame il gruppo di valori è risultato **accettabile**.

Nella tabella dei risultati viene evidenziata la media dei sei valori centrali ed il valore della resistenza a compressione della malta calcolato secondo le seguenti relazioni ;

se la media risulta inferiore a 460 , la resistenza a compressione della malta è stimata utilizzando la seguente relazione;

$$fm = ( PG +22)/134$$

dove fm è la resistenza a compressione della malta espressa in Mpa, e PG è la media delle sei letture centrali.

Se invece la media risulta maggiore di 460, è possibile soltanto determinare un intervallo che contiene il valore della resistenza a compressione della malta utilizzando le seguenti relazioni ;

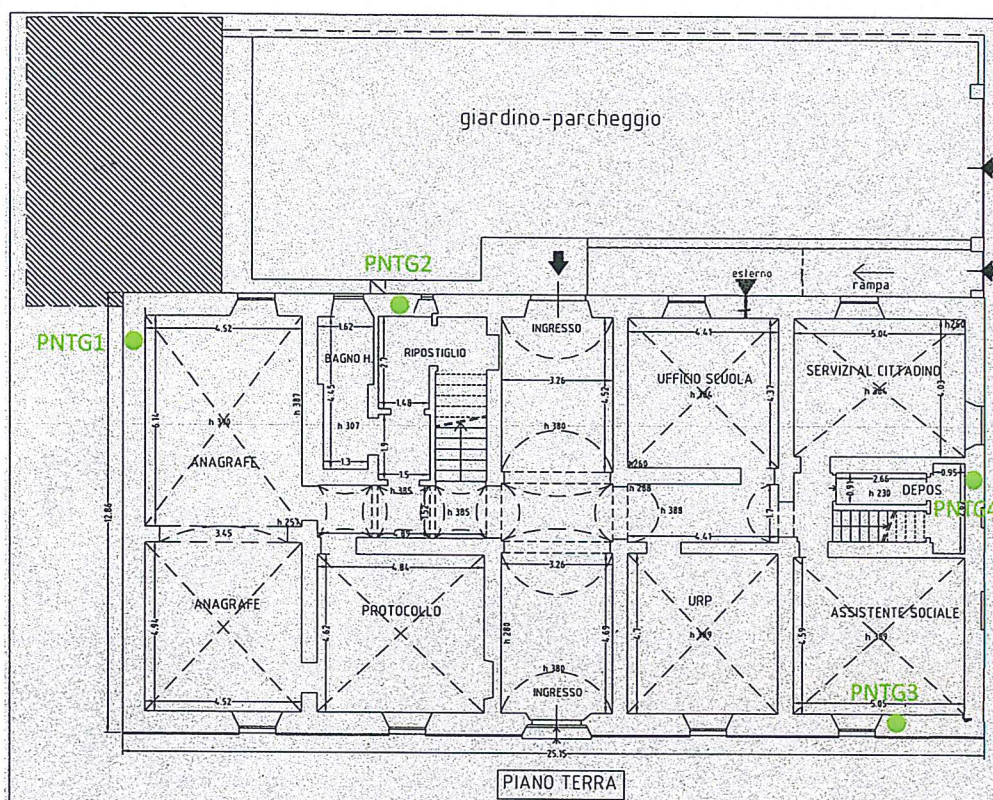
$$\text{se } 460 < PG < 486$$

$$( PG - 267 ) / 53 < fm < ( PG - 3 ) / 117$$

$$\text{se } PG > 486$$

$$( PG - 3 ) / 117 < fm < ( PG - 267 ) / 53$$

## UBICAZIONE DELLE INDAGINI

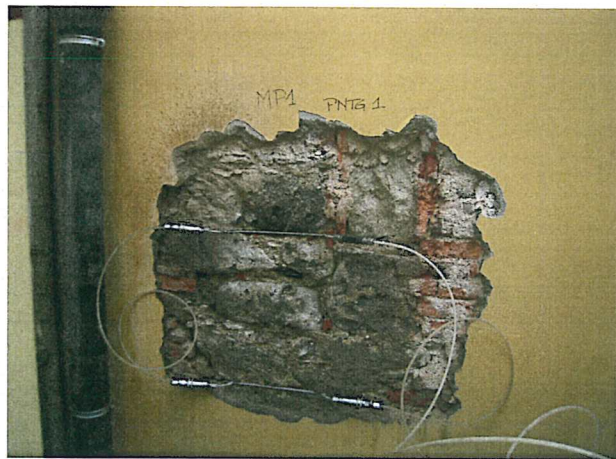




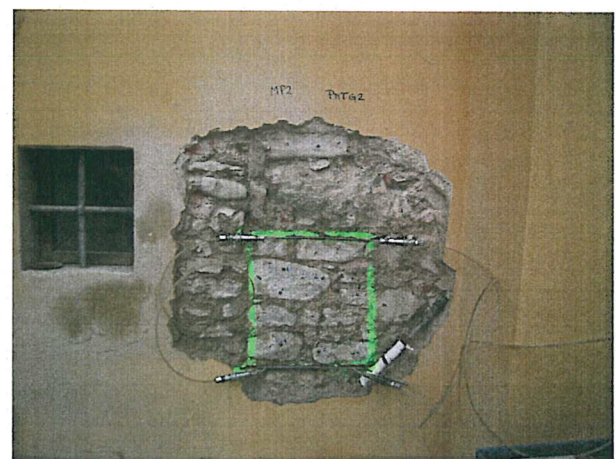
**RISULTATI DI PROVA**

Ubicazione Prova	Sigla Prova	Letture PNT-G						PG Media su 6 valori	fm Resistenza stimata Mpa
Piano Terra	PNTG1	327	360	436	441	484	500	425	3.33
	PNTG2	131	157	212	214	227	250	199	1.65
	PNTG3	130	140	152	167	190	200	163	1.38
	PNTG4	205	217	323	365	416	422	325	2.59

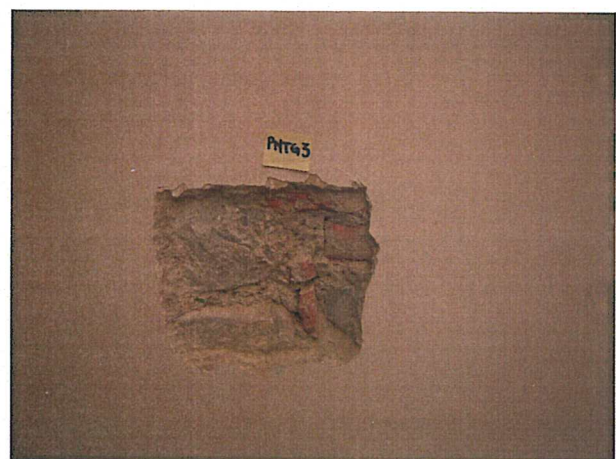
PNTG1



PNTG2



PNTG3



PNTG4



Lo Sperimentatore

Geom. Alessandro Ortisi

Il Direttore Responsabile  
del Laboratorio

Dott. Ing. Marco Pompucci



# Laboratorio SIGMA s.r.l.

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (Legge 1086/71 art. 20)

D.M. n. 55231 del 25.07.2006 - Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Via P.Gobetti, 8 - 50010 Capalle CAMPI BISENZIO - FIRENZE Tel. 055/89.85.519

Sistema Gestione Qualità  
Certificato RINA  
ISO 9001:2000

## MINUTA DI PROVA RIF.V.A. 520/1852 del 06/09/2017

Prova MP1

Pressione P bar	Pressione effettiva $\delta$ kg/cm <sup>2</sup>	Def. media $\epsilon$	E kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0
1	0,89	6,8E-05	13088,2
2	1,78	8,0E-05	22250
3	2,67	9,2E-05	29021,7
4	3,56	1,1E-04	31785,7
5	4,45	1,3E-04	34765,6
2,5	2,225	9,6E-05	23177,1
0	0	4,0E-06	0
2	1,78	1,0E-04	17800
4	3,56	1,3E-04	27812,5
6	5,34	1,5E-04	35131,6
8	7,12	1,8E-04	40454,5
10	8,9	2,1E-04	42788,5
5	4,45	1,7E-04	26488,1
0	0	3,2E-05	0
3	2,67	1,5E-04	18040,5
6	5,34	2,1E-04	25188,7
9	8,01	2,1E-04	37783
12	10,68	2,8E-04	38695,7
15	13,35	2,8E-04	47007
7,5	6,675	2,2E-04	30340,9
0	0	5,6E-05	0
5	4,45	1,9E-04	23670,2
10	8,9	2,4E-04	37083,3
15	13,35	2,8E-04	47678,6
20	17,8	3,1E-04	57792,2
25	22,25	4,0E-04	55625
30	26,7	5,2E-04	50954,2
35	31,15	6,6E-04	47197
0	0	1,2E-04	0

Prova MP2

Pressione P bar	Pressione effettiva $\delta$ kg/cm <sup>2</sup>	Def. media $\epsilon$	E kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0
1	0,89	1,6E-05	55625
2	1,78	6,0E-05	29666,7
3	2,67	9,2E-05	29021,7
4	3,56	9,2E-05	38695,7
5	4,45	8,8E-05	50568,2
2,5	2,225	3,2E-05	69531,3
0	0	-8,8E-05	0
2	1,78	4,0E-05	44500
4	3,56	1,1E-04	31785,7
6	5,34	1,8E-04	29021,7
8	7,12	2,5E-04	28254
10	8,9	3,0E-04	29666,7
5	4,45	2,2E-04	20227,3
0	0	2,8E-05	0
3	2,67	1,3E-04	20859,4
6	5,34	2,2E-04	23839,3
9	8,01	2,2E-04	35758,9
12	10,68	4,5E-04	23839,3
15	13,35	4,9E-04	27356,6
7,5	6,675	3,7E-04	18138,6
0	0	2,0E-05	0
5	4,45	2,7E-04	16360,3
10	8,9	3,6E-04	24450,5
15	13,35	5,2E-04	25872,1
20	17,8	7,1E-04	25141,2
25	22,25	1,0E-03	21560,1
30	26,7	1,4E-03	19347,8
35	31,15	1,7E-03	17902,3
0	0	7,4E-04	0

LO SPERIMENTATORE

Geom. Alessandro Ortisi