

**COMUNE DI BASTIGLIA (MO)**

**PST.3\_INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE DEL  
CIMITERO DI BASTIGLIA**

INTERVENTO LOCALE

PER LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA CON RIFACIMENTO  
DELL'IMPIANTO FOGNARIO E RIPARAZIONE DI PORZIONE PREFABBRICATA  
(BLOCCO A) NEL CIMITERO COMUNALE DI BASTIGLIA POSTO IN VIA IV  
NOVEMBRE

**VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**

*Analisi Storico-Critica  
Elaborati Grafici Strutturali  
Caratterizzazione Meccanica dei Materiali  
Livello di Conoscenza e Fattori di Confidenza*

**METODO DI VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI: STATI LIMITE D.M. 17.01.2018**

COMMITTENTE – PROPRIETA':

**COMUNE DI BASTIGLIA**  
**R.U.P. Geom. Adriana Barbieri**  
Piazza Repubblica n°57  
41030 Bastiglia (Mo)

TECNICO PROGETTISTA  
E DIRETTORE DEI LAVORI  
DELLE OPERE STRUTTURALI:

**Dott. Ing. FABIO GHELFI**  
Via Andrea Doria, 16  
41012 Carpi (Mo)

## **INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE DEL CIMITERO DI BASTIGLIA**

Si rimanda alla relazione tecnica denominata “INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE DEL CIMITERO DI BASTIGLIA”, prodotta dal laboratorio specializzato “Life Srl”, a timbro e firma dell’ing. Rachele Ferioli, allegata alla presente documentazione.

Committente

COMUNE DI BASTIGLIA

Oggetto

INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE DEL CIMITERO DI BASTIGLIA



Titolo

RAPPORTO CONCLUSIVO DI INDAGINE

Emesso:

ing. Rachele Ferioli

*Rachele Ferioli*

LABORATORI INGEGNERIA  
FERRARA  
Partita IVA 01904060369  
Approvato:  
ing. Sergio Tralli  
*Sergio Tralli*

1556-sub1	Doc58 - Rapporto conclusivo	00	Prima emissione	15/01/2019	comm1556-sub1-doc58-rev00-cimitero bastiglia_stru
Commessa	Codice - Documento	Revisione	Motivazione	Data	Nome file



**INDICE**

1. PREMESSA.....	7
2. PIANIFICAZIONE CAMPAGNA DI INDAGINE .....	8
2.1 Identificazione dei punti di indagine .....	8
3. RILIEVO DELLE SEZIONI RESISTENTI .....	10
4. PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO .....	13
5. PROVA DI ROTTURA PER COMPRESSIONE .....	16
6. MISURA DELLA PENETRAZIONE DELLA CO <sub>2</sub> .....	18
7. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: SCLEROMETRO.....	20
8. ANALISI DEI RISULTATI .....	23
9. PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DA C.A.....	24
10. INDAGINI SULLE FONDAZIONI .....	25
11. RIPRISTINI DELLE STRUTTURE.....	27
12. RILIEVO DELLE TESSITURE MURARIE .....	28
13. PROVA DI MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO .....	29
14. PROVA DI TAGLIO IN SITU .....	31
15. ELENCO ALLEGATI.....	32

**INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1: inquadramento cartografico del complesso edilizio in oggetto .....	7
Figura 2: vista aerea con identificazione dell'edificio oggetto di indagine .....	7
Figura 3: simbologia utilizzata per la codifica dei punti di indagine .....	8
Figura 4: esecuzione di indagine pacometrica - indagine ID 3 .....	10
Figura 5: misura diretta del diametro delle armature longitudinali - indagine ID 1 .....	10
Figura 6: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali e trasversali – indagine ID 8 .....	11
Figura 7: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali e trasversali – indagine ID 3 .....	11
Figura 8: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali – indagine ID 9 ..	11
Figura 9: rilievo diretto degli spessori di ricoprimento delle barre di armatura .....	12
Figura 10: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 4 .....	13
Figura 11: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 1 .....	13
Figura 12: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 2 .....	14
Figura 13: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 1 .....	14
Figura 14: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 2 .....	14
Figura 15: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 4 .....	15
Figura 16: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID1 .....	15
Figura 17: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID2 .....	15
Figura 18: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID4 .....	15
Figura 19: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione – ID1 .....	16
Figura 20: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione – ID2 .....	16
Figura 21: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione – ID4 .....	17
Figura 22: soluzione idroalcolica di fenoltaleina all'1% .....	18
Figura 23: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID1 .....	19
Figura 24: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID2 .....	19
Figura 25: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID4 .....	19
Figura 26: sclerometro tipo N .....	20
Figura 27: schema dello sclerometro di tipo N .....	20
Figura 28: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 1 .....	20
Figura 29: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 8 .....	21
Figura 30: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 10 .....	21
Figura 31: correlazione strumentale per sclerometro di tipo N .....	22
Figura 32: accettazione fotografica campione ID 1 .....	24
Figura 33: accettazione fotografica campione ID 4 .....	24
Figura 34: risultati prova di trazione su campioni di acciaio da calcestruzzo .....	24
Figura 35: scavo in fondazione .....	25
Figura 36: dettaglio della fondazione .....	25
Figura 37: indagine 6A .....	26
Figura 38: indagine 6B .....	26
Figura 39: indagine 6C .....	26
Figura 40: indagine 6D .....	26

Figura 41: ripristino delle armature.....	27
Figura 42: ripristino delle sezioni di calcestruzzo mediante malta GeoLite 40 .....	27
Figura 43: tessitura muraria della parete dei loculi – ID 7 .....	28
Figura 44: prova ASTM C 1197 – indagine ID 5.....	29
Figura 45: prova di taglio in situ con martinetto spingente – indagine ID 05 .....	31
Figura 46: misura delle deformazioni – indagine ID 5.....	31



## 1. Premessa

Su incarico della Committenza, **COMUNE DI BASTIGLIA**, la scrivente società ha eseguito una campagna di indagini specialistiche presso il **CIMITERO** sito a Bastiglia (MO).

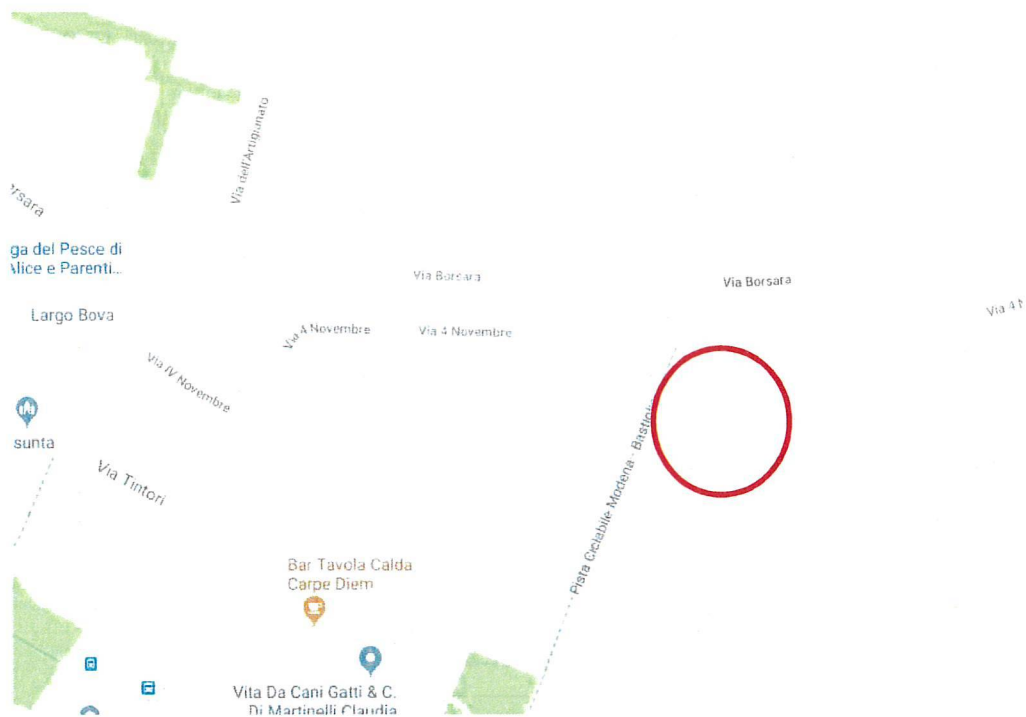


Figura 1: inquadramento cartografico del complesso edilizio in oggetto

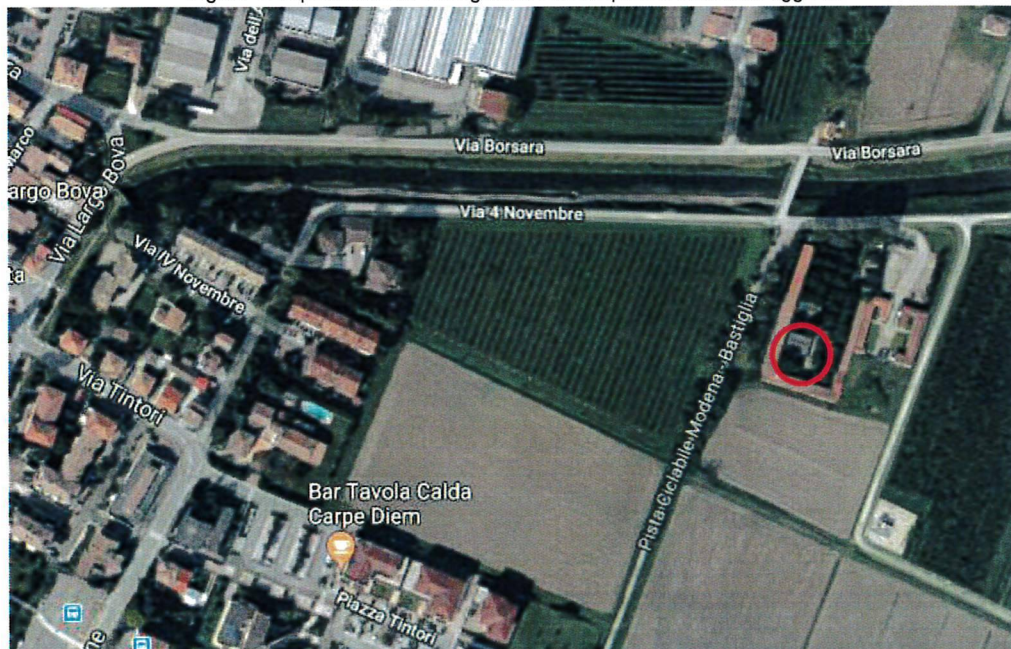


Figura 2: vista aerea con identificazione dell'edificio oggetto di indagine

Le indagini richieste sono volte a fornire gli elementi necessari ai Progettisti per l'analisi e lo studio dei fenomeni di cedimento verificatisi e per la progettazione degli interventi strutturali da eseguire.

## 2. Pianificazione campagna di indagine

La campagna di indagine, pianificata in accordo con la Committenza e con i progettisti incaricati delle verifiche, ha previsto sia attività da eseguire in situ sia attività di laboratorio.

Obiettivo della campagna di indagine è l'approfondimento del livello di conoscenza al fine di fornire ai progettisti gli elementi necessari all'esecuzione del progetto degli interventi sul fabbricato indagato. È necessario pertanto procedere indagando sia la qualità dei materiali definendo dei parametri meccanici, sia la tipologia degli elementi strutturali definendo le geometrie di cassero e la disposizione dei ferri di armatura.

La presente relazione tecnica descrive prevalentemente le fasi di lavoro svolto e riassume i risultati ottenuti. Per le modalità di esecuzione delle prove si rimanda alle relative normative di riferimento.

### 2.1 Identificazione dei punti di indagine

Ad ogni punto di indagine viene assegnato un contrassegno numerico in ordine progressivo crescente. Per collocare esattamente il punto di indagine sulla struttura, si deve far riferimento agli elaborati grafici contenuti in *Allegato 1* al presente documento.






LEGENDA:	
	indagini su pilastro
	indagini su trave
	indagini su solaio
	indagini in fondazione
	indagini su muratura

Figura 3: simbologia utilizzata per la codifica dei punti di indagine

La tabella che segue riassume le attività eseguite in situ, associando ad ogni punto di indagine le informazioni seguenti:

- Piano di appartenenza dell'elemento
- Elemento indagato
- Tipologie di indagini eseguite

ELENCO DELLE ATTIVITA' ESEGUITE IN SITU											
ID	piano	parte d'opera	C.A. E SOLAI						MURATURA		
			prelievo armatura	prelievo di carota	pacometria	sclerometro	sezione resistente	stratigrafia	tessitura/endoscopia	martinetto piatto	shove test
1	terra	pilastro	✓	✓	✓	✓	✓				
2	terra	pilastro		✓		✓					
3	copertura	trave			✓	✓	✓				
4	terra	fondazione	✓	✓							
5	terra	muratura								✓	✓
6	pavimentazione	solaio						✓			
7	terra	muratura							✓		
8	copertura	architrave			✓	✓	✓				
9	copertura	solaio			✓		✓				
10	terra	collo fondazione				✓					
11	terra	muratura							✓		

Di seguito si riporta il consuntivo delle indagini eseguite:

Cimitero di Bastiglia								
prelievo armatura	prelievo di carota	pacometria	sclerometro	sezione resistente	stratigrafia	tessitura/endoscopia	martinetto piatto	shove test
2	3	4	5	4	1	2	1	1

### 3. Rilievo delle sezioni resistenti

La determinazione della posizione, del numero e una stima del diametro dei ferri d'armatura è stata eseguita mediante indagini non distruttive (pacometro) e, in alcuni casi, unitamente a piccoli saggi, mettendo a nudo porzioni di armatura dopo aver rimosso l'intonaco o altri elementi a protezione delle strutture.

Questa metodologia ha permesso di:

- effettuare localmente una misura diretta del diametro e della tipologia delle barre di armatura presenti
- eseguire un controllo visivo dello stato di ossidazione delle barre d'armatura
- coadiuvare l'interpretazione delle informazioni ricavate con il pacometro

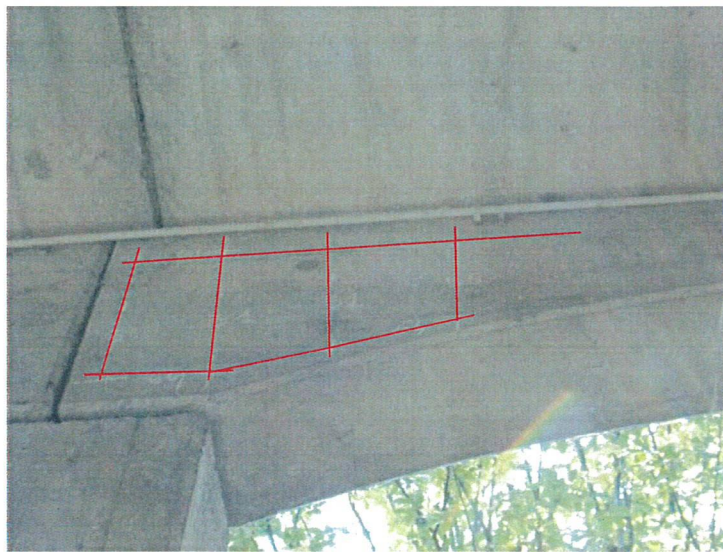


Figura 4: esecuzione di indagine pacometrica - indagine ID 3



Figura 5: misura diretta del diametro delle armature longitudinali - indagine ID 1



Figura 6: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali e trasversali – indagine ID 8



Figura 7: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali e trasversali – indagine ID 3



Figura 8: localizzazione e determinazione del tipo e del diametro delle barre longitudinali – indagine ID 9



Figura 9: rilievo diretto degli spessori di ricoprimento delle barre di armatura

Gli elaborati grafici contenuti in *Allegato 2* riportano la restituzione delle informazioni rilevate. La restituzione in forma grafica è da intendersi rappresentativa di quanto effettivamente rilevato in sito, pertanto elementi geometrici non quotati hanno funzione puramente rappresentativa delle geometrie ipotizzate sulla base di schemi costruttivi tipologici.

## 4. Prelievo di campioni di calcestruzzo

Per la determinazione dei parametri meccanici del calcestruzzo sono stati prelevati tre campioni mediante carotaggio a umido. Nello specifico il prelievo è stato eseguito su 2 pilastri e sulla fondazione 3.

Per evitare di eseguire il carotaggio nelle aree interessate dal passaggio delle armature è stata eseguita una preliminare indagine pacometrica, che ha permesso di procedere mediante tecnica non invasiva alla tracciatura della posizione dei ferri sulla superficie stessa dell'elemento indagato.



Figura 10: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 4



Figura 11: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 1



Figura 12: area in cui è stato prelevato il campione mediante carotaggio – indagine ID 2



Figura 13: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 1

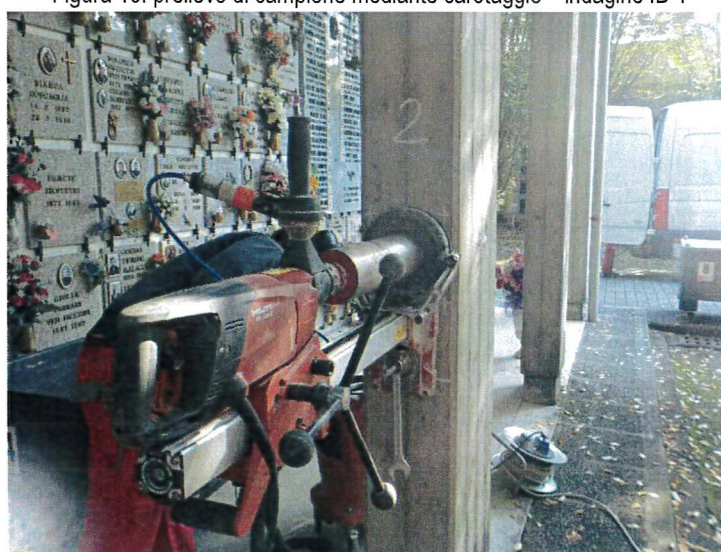


Figura 14: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 2



Figura 15: prelievo di campione mediante carotaggio – indagine ID 4

Tutti i campioni di calcestruzzo prelevati dalle strutture del cantiere in oggetto, sono stati immediatamente siglati e portati in laboratorio. Espletate le procedure di accettazione, sono stati sottoposti ad un'accurata preparazione per la successiva esecuzione delle prove concordate con la Committenza, secondo gli standard previsti dalla normativa vigente.



Figura 16: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID1



Figura 17: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID2

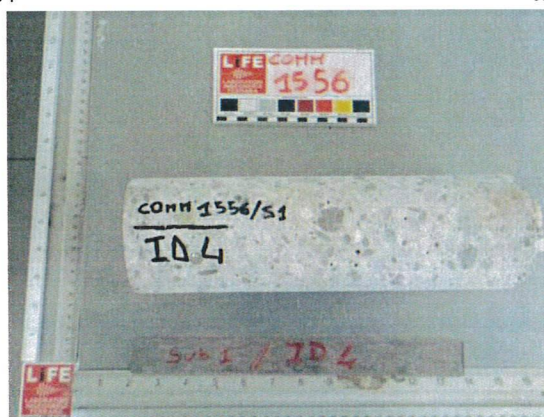


Figura 18: accettazione fotografica del materiale prelevato in situ – ID4

## 5. Prova di rottura per compressione

Dai campioni prelevati in situ, sono stati ricavati 6 provini di forma cilindrica. La preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione è avvenuta secondo la procedura standard definita dalla norma UNI EN 12390-1, che prevede taglio e rettifica a umido. Le dimensioni dei provini preparati rispettano il requisito richiesto  $H/D = 1$ .

Successivamente, i provini sono stati pesati e poi sottoposti a prova di rottura per compressione. La prova si effettua in accordo alla norma UNI EN 12390-3 utilizzando una pressa da 3000kN conforme alla UNI EN 12390-4.

No.	Sigla campione	Descrizione	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico di rottura [kN]	Resistenza unitaria $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]
				Ø	h	λ			
				[mm]		[-]			
1	ID 01 A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2220	361,2	51,6
2	ID01B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2212	368,3	52,6
3	ID 02A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2179	255,6	36,5
4	ID02B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2152	264,1	37,7
5	ID 04A	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2307	270,5	38,6
6	ID 04B	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2334	278,1	39,7



Figura 19: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione – ID1



Figura 20: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione– ID2

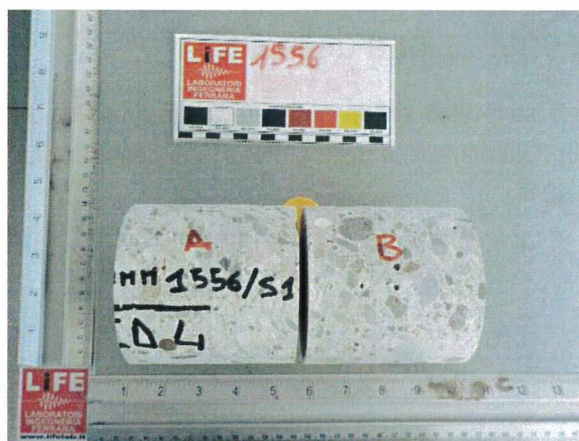


Figura 21: preparazione dei provini da sottoporre a prova di rottura per compressione – ID4

Si definisce  $f_{c\lambda}$  la resistenza a compressione del provino con rapporto di snellezza  $\lambda = L/D$

Si definisce  $R_{C1} = (f_{c\lambda} \times 2.5) / (1.5 + 1/\lambda)$  la resistenza a compressione del corrispondente cilindro di snellezza  $\lambda = 1$  assimilabile alla resistenza cubica.

Dalle prove eseguite, il calcestruzzo prelevato dalle strutture dell'opera in oggetto esplica un valore medio della resistenza cubica a compressione pari a  $R_{c1m} = 42.8 \text{ MPa}$

La massa volumica dei provini testati, determinata in accordo alla norma UNI EN 12390-7, risulta assai omogenea e si attesta nell'intorno del valore medio pari a  $m_v = 2234 \text{ kg/m}^3$ .

## 6. Misura della penetrazione della CO<sub>2</sub>

I campioni di calcestruzzo sono stati sottoposti a prova colorimetrica, mediante soluzione idroalcolica di fenolftaleina all'1%, per la determinazione della profondità di penetrazione della CO<sub>2</sub> secondo la procedura indicata dalla norma UNI 9944.



Figura 22: soluzione idroalcolica di fenolftaleina all'1%

No.	Sigla campione	Descrizione	Data prelievo	Dimensioni		Massa volumica	Carbonatazione	Resistenza unitaria R <sub>c</sub>
				⌀	h			
				[mm]		[kg/m <sup>3</sup> ]	mm	[N/mm <sup>2</sup> ]
1	ID 01 A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	2220	8	51,6
2	ID01B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	2212	-	52,6
3	ID 02A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	2179	10	36,5
4	ID02B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	2152	-	37,7
5	ID 04A	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	2307	0	38,6
6	ID 04B	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	2334	-	39,7



Figura 23: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID1



Figura 24: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID2



Figura 25: provini di calcestruzzo sottoposti a test colorimetrico – ID4

Il fronte di carbonatazione è risultato compreso in un intervallo che va dal valore minimo nullo e massimo pari a 10 mm, registrati rispettivamente sul campione della fondazione e su quello del pilastro 2.

Dal confronto tra il profilo di penetrazione della  $\text{CO}_2$ , misurato con test colorimetrico, e i ricoprimenti rilevati in situ, si può concludere che le staffe dei pilastri possono essere soggette a fenomeni di ossidazione.

## 7. Controlli non distruttivi: sclerometro

Le indagini sul calcestruzzo sono state dunque estese ad altri elementi della struttura con prove di tipo non distruttivo (PND). Le indagini sclerometriche sulle strutture in c.c.a., sono state condotte secondo i principi e le metodologie indicate dalla norma UNI EN 12504-2 con sclerometro tipo N.

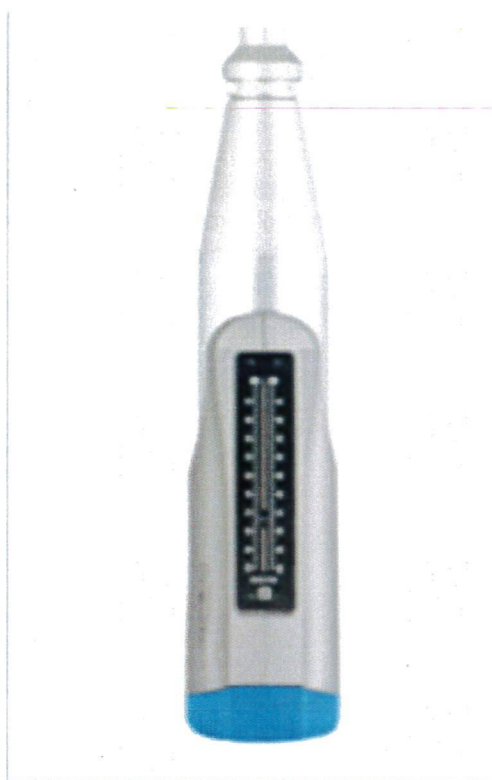


Figura 26: sclerometro tipo N

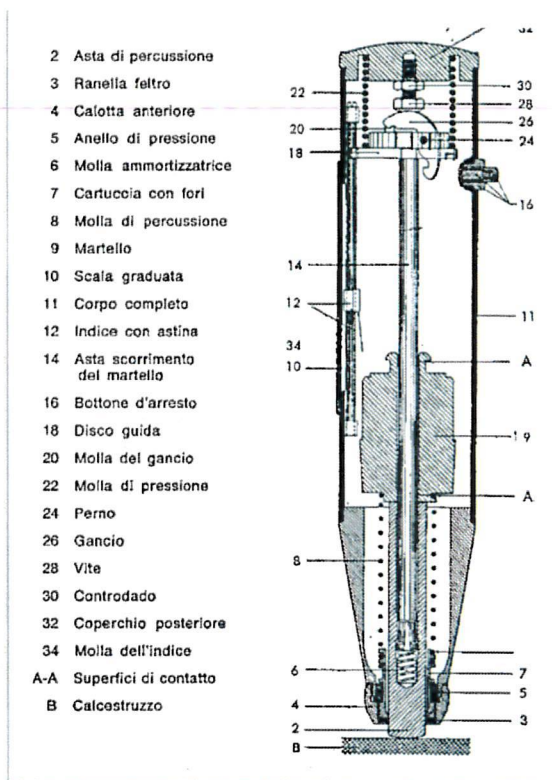


Figura 27: schema dello sclerometro di tipo N

Per eseguire le battute sclerometriche sul calcestruzzo è stato necessario rimuovere localmente l'intonaco, ove presente, oppure altri rivestimenti come ad esempio pannellature di cartongesso.



Figura 28: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 1



Figura 29: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 8



Figura 30: esecuzione della prova mediante sclerometro tipo N - indagine ID 10

PROVE NON DISTRUTTIVE SU CALCESTRUZZO UNI EN 12504													
codice PND	codice PD	SCLEROMETRO											
		SCLEROMETRO SCHMIDT - N											
		Direzione angolo (°)	valori misurati in sito corretti in funzione della giacitura dello strumento										ls mediano
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	pilastro	0	45	49	42	42	48	42	45	48	43	45	<b>45,0</b>
2	pilastro	0	47	43	44	47	44	45	42	44	46	43	<b>44,0</b>
3	trave	90	42	42	42	40	41	43	37	42	44	45	<b>41,5</b>
8	architrave	90	42	47	47	45	47	47	45	48	48	47	<b>46,9</b>
10	fondazione	0	40	40	38	38	45	42	42	40	41	41	<b>40,5</b>

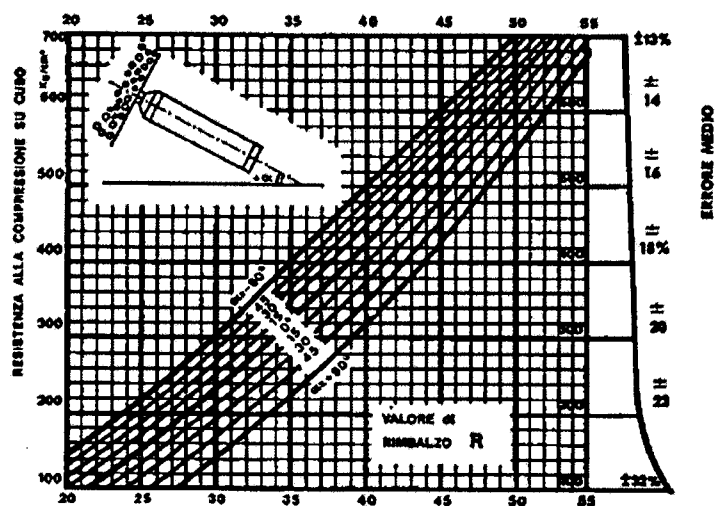


Figura 31: correlazione strumentale per sclerometro di tipo N

Le indagini eseguite hanno evidenziato mediamente un indice sclerometrico medio pari a  $I_s = 43.6$  e una discreta omogeneità dei getti indagati.

## 8. Analisi dei risultati

Dalle prove meccaniche eseguite, il calcestruzzo prelevato dalle strutture dell'opera in oggetto esplica un valore medio della resistenza cubica a compressione pari a  $R_{c1m} = 42.8 \text{ MPa}$

La massa volumica dei provini testati, determinata in accordo alla norma UNI EN 12390-7, risulta assai omogenea e si attesta nell'intorno del valore medio pari a  $m_v = 2234 \text{ kg/m}^3$ .

I controlli non distruttivi hanno evidenziato una discreta omogeneità dei getti indagati, permettendo quindi di estendere i valori ottenuti dallo schiacciamento delle carote a tutta la struttura.

L'utilizzo della tecnica di indagine sclerometrica ha permesso di raggiungere una stima della resistenza a compressione del calcestruzzo anche laddove non siano state prelevate carote.

La curva di correlazione è stata quindi calibrata "ad hoc" per il calcestruzzo oggetto di indagine.

La curva calibrata permette di ottenere una stima conclusiva della resistenza a compressione del calcestruzzo costituente gli elementi strutturali indagati mediante indagini non distruttive, avvalorate dai risultati delle prove di schiacciamento.

Stima conclusiva della resistenza del calcestruzzo in opera					
codice PND	codice PD	SCLEROMETRO		Resistenza CAROTA cubica	Rc STIMATA cubica
		SCLEROMETRO SCHMIDT - N			
		Direzione	Is mediano		
		angolo (°)			
1	pilastro	0	45,0	52,0	--
2	pilastro	0	44,0	37,1	--
3	trave	90	41,5	--	42,7
8	architrave	90	46,9	--	46,0
10	fondazione	0	40,5	--	42,1

A conclusione della campagna di indagine sui materiali, si può concludere che una buona stima della resistenza a compressione del calcestruzzo che costituisce gli elementi indagati è data dalla media aritmetica dei valori riportati in tabella, si ottiene dunque  $R_{cm} = 44.0 \text{ MPa}$

## 9. Prove di trazione su barre da c.a.

Per la determinazione dei parametri meccanici dell'acciaio da cemento armato sono stati prelevati due campioni di armatura, uno da un pilastro e uno dalla fondazione.

Lo spezzone prelevato è del tipo tondo liscio.

Espletate le procedure di accettazione i campioni sono stati sottoposti ad un'accurata preparazione per la successiva esecuzione delle prove concordate con la Committenza, secondo gli standard previsti dalla normativa vigente.



Figura 32: accettazione fotografica campione ID 1



Figura 33: accettazione fotografica campione ID 4

ID	Codice/ Posizione in opera	Tipo*	Provino			Snervamento		Rottura		
			$\phi_{nom}$ [mm]	$m_u$ [kg/m]	$\phi_{eq}$ [mm]	$f_y$ [MPa]	$f_y/f_{ynom}$ [--]	$f_t$ [MPa]	$f_t/f_y$ [--]	$A_{gt}$ [%]
1	ID1 - pilastro	a.m.	6	0,223	6,0	431,5	-	640,2	1,48	--
2	ID4 - fondazione	a.m.	8	0,395	8,0	437,7	-	672,4	1,54	--

Figura 34: risultati prova di trazione su campioni di acciaio da calcestruzzo

## 10. Indagini sulle fondazioni

Al fine di determinare la tipologia di fondazioni e le sue dimensioni, è stato eseguito uno scavo al fine di portare alla luce la fondazione.



Figura 35: scavo in fondazione



Figura 36: dettaglio della fondazione

Come si vede nelle immagini sopra riportate la fondazione è stata gettata contro terra, non è stato posizionato un cassero, quindi risulta irregolare. Dalle indagini eseguite possiamo affermare che la platea di fondazione ha spessore pari a circa 300 mm.

Oltre allo scavo, realizzato in un solo punto, sono stati eseguiti una serie di perforazioni verticali (indagini ID6 da A a F) volte ad individuare l'estensione della fondazione e la stratigrafia al di sotto delle pavimentazioni (marmo, marciapiede, ecc...).

Dalle perforazioni eseguite si ipotizza che siano presenti due platee distinte collegate da una soletta armata con rete  $\Phi 5$ .

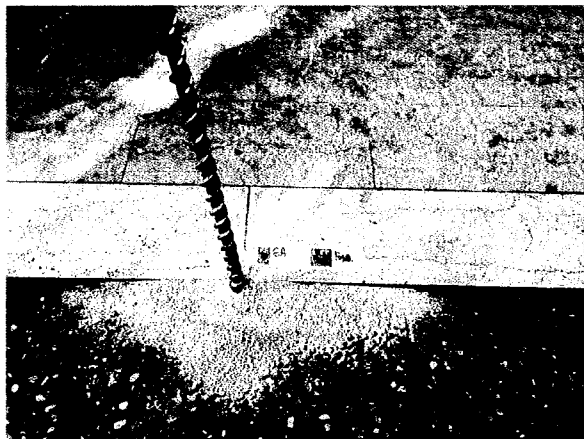


Figura 37: indagine 6A

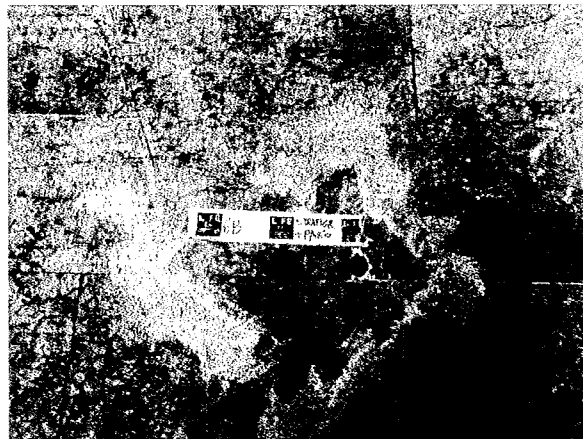


Figura 38: indagine 6B



Figura 39: indagine 6C



Figura 40: indagine 6D

## 11. Ripristini delle strutture

Le strutture interessate dalle indagini invasive (piccoli saggi visivi per il rilievo dei diametri delle barre d'armatura, prelievo di carote di calcestruzzo, ecc.) sono state ripristinate mediante geomalta **Kerakoll GeoLite 40**.

Laddove sono state prelevati ferri d'armatura si è proceduto saldando due spezzoni di barra, aventi area complessiva equivalente a quella del campione di acciaio asportato, e ricostituendo lo strato di ricoprimento con la suddetta malta, si veda la seguente figura:



Figura 41: ripristino delle armature



Figura 42: ripristino delle sezioni di calcestruzzo mediante malta GeoLite 40

## 12. Rilievo delle tessiture murarie

Le caratteristiche delle murature che costituiscono l'edificio oggetto di indagine, rilevate mediante tecniche di misura diretta, sono riportate in *Allegato 3*. Il rilievo è stato eseguito preliminarmente a qualsiasi tipo di attività di indagine specialistica. Particolare attenzione è stata posta al rilievo delle tipologie e geometrie dei blocchi in laterizio impiegati, alla qualità della malta impiegata e agli spessori dei giunti malta sia orizzontali sia verticali.



Figura 43: tessitura muraria della parete dei loculi – ID 7

### 13. Prova di martinetto piatto singolo e doppio

Sono state eseguite due prove di compressione in situ mediante martinetti piatti, secondo le disposizioni ASTM norme C1196 e C1197.

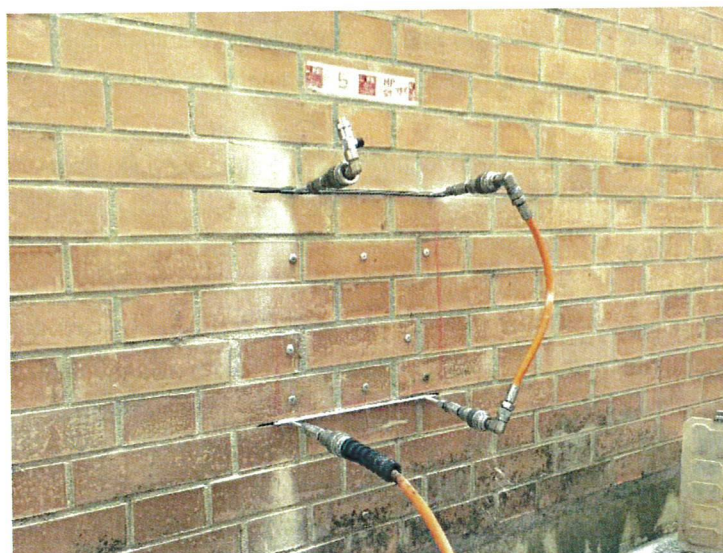


Figura 44: prova ASTM C 1197 – indagine ID 5

È una prova che si esegue in situ per la determinazione dei carichi verticali effettivamente agenti sull'elemento murario oggetto di indagine e il relativo carico limite a rottura. È necessario eseguire uno o due intagli orizzontali, in corrispondenza di altrettanti corsi di malta, e perciò è possibile utilizzare questa tecnica di indagine solo su murature in mattoni o pietrame regolarmente squadrato.

Mediante questa metodologia di indagine, è possibile ricavare:

- Tensione di esercizio della muratura indagata
- Tensione di uscita dal campo elastico lineare
- Tensione di rottura
- Modulo di Young verticale
- Modulo di elasticità tangenziale
- Modulo di Poisson

La prova con martinetto piatto singolo ASTM C 1196 consiste nell'eseguire un taglio in un elemento strutturale per poi applicare sulle superfici di questo una pressione nota che porti al ripristino delle condizioni iniziali del corpo. Introducendo un martinetto piatto all'interno della fessura creata è possibile riportare i lembi della fenditura nelle condizioni iniziali. Dalla forza esercitata dal martinetto per ripristinare la situazione iniziale è possibile individuare lo stato tensionale originariamente presente nella muratura. La metodologia prevede anzitutto l'installazione delle basi di misura, formate da coppie di capisaldi, e successivamente si procede all'esecuzione del taglio. Inserito il martinetto piatto all'interno del taglio, esso viene portato gradualmente in pressione fino ad annullare la convergenza in precedenza misurata. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto sarà pari alla sollecitazione preesistente nella muratura, a meno di costanti che tengono conto del rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio praticato e di un coefficiente di rigidezza

del martinetto.

La tensione in sito vale

$$\sigma = p \cdot K_m \cdot K_a$$

con:

- $p$  pressione letta al manometro della pompa idraulica
- $K_a$  coefficiente che tiene conto del rapporto tra superficie del martinetto e superficie del taglio
- $K_m$  coefficiente che tiene conto della rigidezza del martinetto

Successivamente alla prova con martinetto piatto singolo, è stato eseguito un secondo taglio ad una distanza di circa 40 cm dal precedente, in cui inserire un secondo martinetto piatto collegato in serie al primo.

I martinetti sono stati quindi collegati ad un'unica pompa oleodinamica per permettere la messa in pressione contemporanea del sistema. Il controllo delle pressioni in gioco avviene mediante lettura diretta sul manometro digitale collegato alla pompa stessa.

Mandando contemporaneamente in pressione i due martinetti si provoca uno stato di tensione monoassiale sulla porzione di muratura compresa fra di essi, riproducendo quindi una prova in condizioni simili a quelli di un test uniassiale convenzionale. La misura degli spostamenti è stata effettuata con deformometro millesimale, su basi di misura precedentemente installate nella zona compresa tra i due martinetti. La prova è stata impostata su vari cicli di carico-scarico, fino al raggiungimento di pressioni molto superiori a quelle iniziali, in modo di ottenere indicazioni sulle caratteristiche di resistenza a collasso della muratura.

Il rapporto tra la tensione limite, così determinata, e il valore della tensione d'esercizio, individuata con la prova del martinetto piatto singolo, fornisce un coefficiente di sicurezza relativo al maschio murario in esame.

La pressione impressa dai due martinetti alla muratura è pari a:

$$\sigma = p \cdot K_m \cdot \frac{A_m}{A_t}$$

- $p$  pressione letta al manometro della pompa idraulica
- $K_m$  valore medio dei due coefficiente di taratura dei martinetti
- $A_m$  area del martinetto
- $A_t$  valore medio delle due aree di taglio.

Il modulo elastico verticale si ottiene dal rapporto:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_v}$$

in cui  $\varepsilon_v$  è la deformazione misurata in corrispondenza dell'asse di sollecitazione mediano tra i due martinetti.

Le risultanze di prova sono riportate integralmente sia in forma numerica sia in forma grafica nei rapporti di prova contenuti in *Allegato 3* al presente documento.

## 14. Prova di taglio in situ

La prova di taglio in situ si esegue con martinetto oleodinamico spingente collegato a pompa e manometro.

La preparazione del punto di indagine prevede le seguenti fasi operative:

- Rilievo delle dimensioni dei blocchi e dei giunti di malta
- esecuzione di una nicchia per l'inserimento del martinetto
- scarifica dal lato opposto al martinetto per permettere lo scorrimento del mattone
- installazione di una base di misura deformometrica millesimale



Figura 45: prova di taglio in situ con martinetto spingente – indagine ID 05



Figura 46: misura delle deformazioni – indagine ID 5

All'applicazione della forza sull'elemento in laterizio isolato, si misura e si diagramma l'andamento incrementale dello spostamento orizzontale millesimale. La tensione di taglio media sulla superficie di scorrimento è calcolata mediante la relazione  $\tau = \frac{F}{2A}$

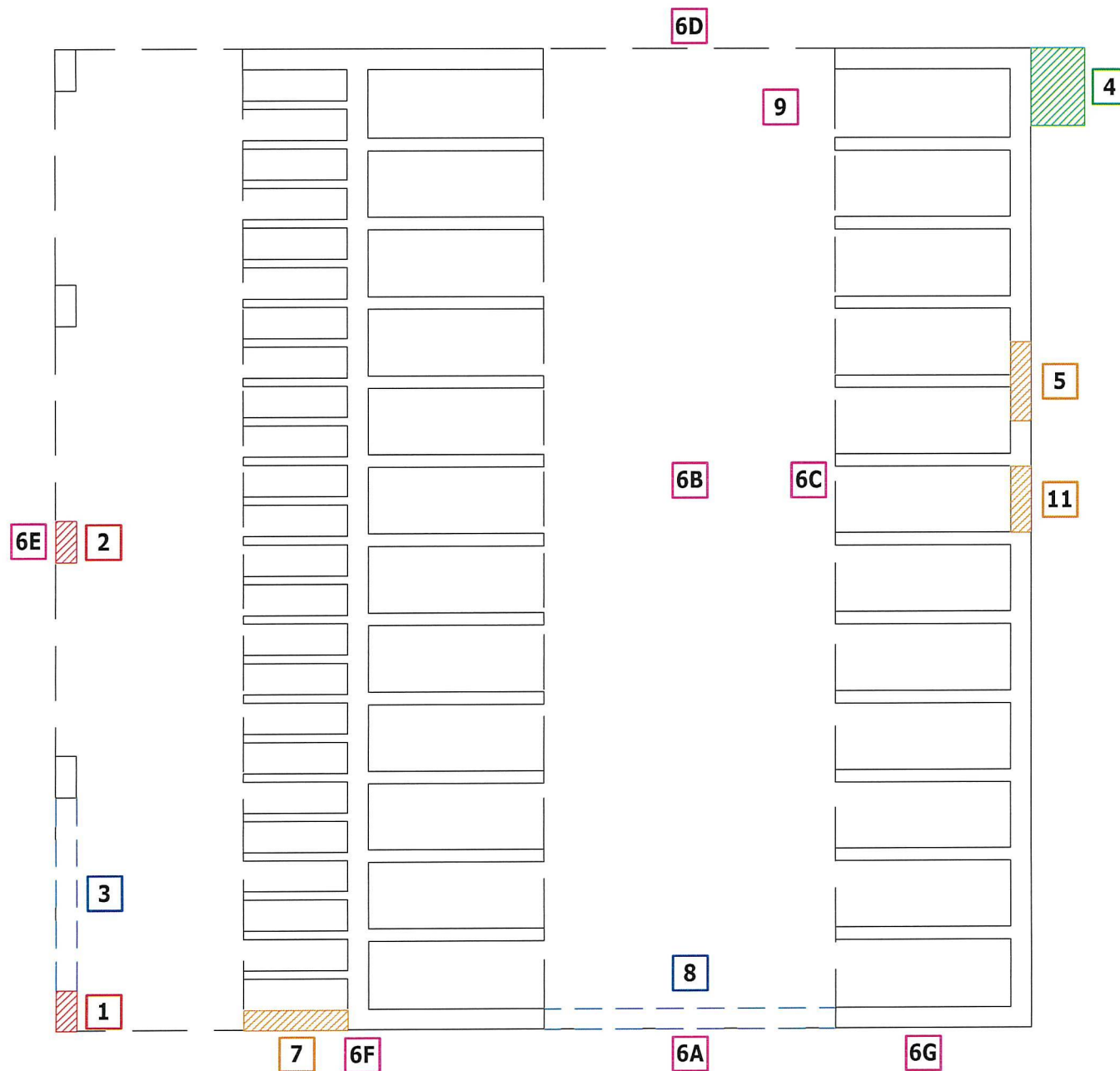
Le risultanze di prova sono riportate integralmente sia in forma numerica sia in forma grafica nel rapporto di prova contenuto in *Allegato 3* al presente documento.

## 15. Elenco allegati

Allegato 1	Elaborati grafici: ubicazione indagini
Allegato 2	Elaborati grafici: restituzione rilievi
Allegato 3	Rapporti di prova: indagini sulle murature
Allegato 4	Rapporti di prova: prove di laboratorio

# ALLEGATO 1

Elaborati grafici: ubicazione indagini



## LEGENDA:

00 indagini su pilastro

00 indagini su trave

00 indagini su solaio

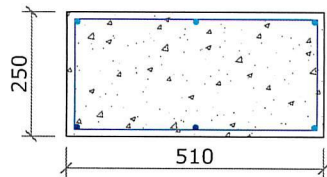
00 indagini in fondazione

00 indagini su muratura

## **ALLEGATO 2**

Elaborati grafici: restituzione rilievi





## ID 1

PILASTRO D'ANGOLO

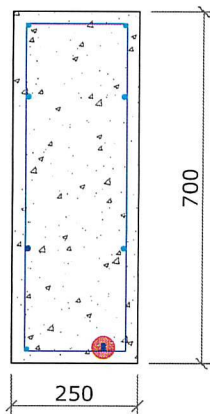
verifica con pachometro e visiva

### ARMATURA LONGITUDINALE

6Ø10 a.m.  
ricoprimento 15 mm lato lungo  
20 mm lato corto

### ARMATURA TRAVERSALE

staffe Ø6 a.m.  
passo 200 mm  
ricoprimento 10 mm lato lungo  
15 mm lato corto



## ID 3

TRAVE AD ARCO

sezione in chiave  
verifica con pachometro e visiva

### ARMATURA LONGITUDINALE

4Ø8 a.m. inferiori 2 ordini di armatura)  
ricoprimento 25 mm intradosso  
60 mm laterale

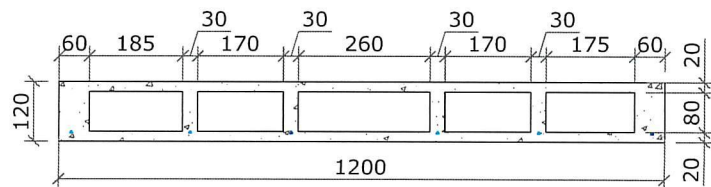
Ø10 a.m. di parete  
ricoprimento 30 mm laterale

### ARMATURA TRAVERSALE

staffe Ø6 a.m.  
passo 200 mm  
ricoprimento 10 mm intradosso  
20-50 mm laterale

All'appoggio sezione 250x950mm

In questo punto sono stati individuati due ferri di armatura, probabilmente è stata intercettata una sovrapposizione di armatura



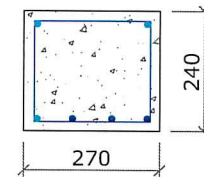
## ID 9

SOLAIO COPERTURA LOCULI

verifica con pachometro e visiva

### ARMATURA

trefoli a 3 fili diametro complessivo Ø6  
ricoprimento 15 mm



## ID 8

ARCHITRAVE

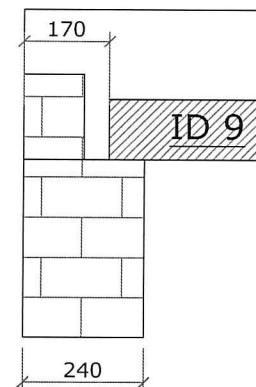
sezione in mezzzeria  
verifica con pachometro e visiva

### ARMATURA LONGITUDINALE

4Ø12 a.m. inferiori  
ricoprimento 25 mm intradosso  
20 mm laterale

### ARMATURA TRAVERSALE

staffe Ø6 a.m.  
passo 200 mm  
ricoprimento 15 mm intradosso  
10 mm laterale



## ID 11

APPOGGIO SOLAIO

Eseguendo un foro è stato possibile determinare che il solaio alveolare appoggia sulla muratura esterna per 70 mm.

## LEGENDA

RILIEVO VISIVO

RILIEVO PACHOMETRICO

ARMATURE IPOTIZZATE



## **ALLEGATO 3**

### **Rapporti di prova: indagini sulle murature**

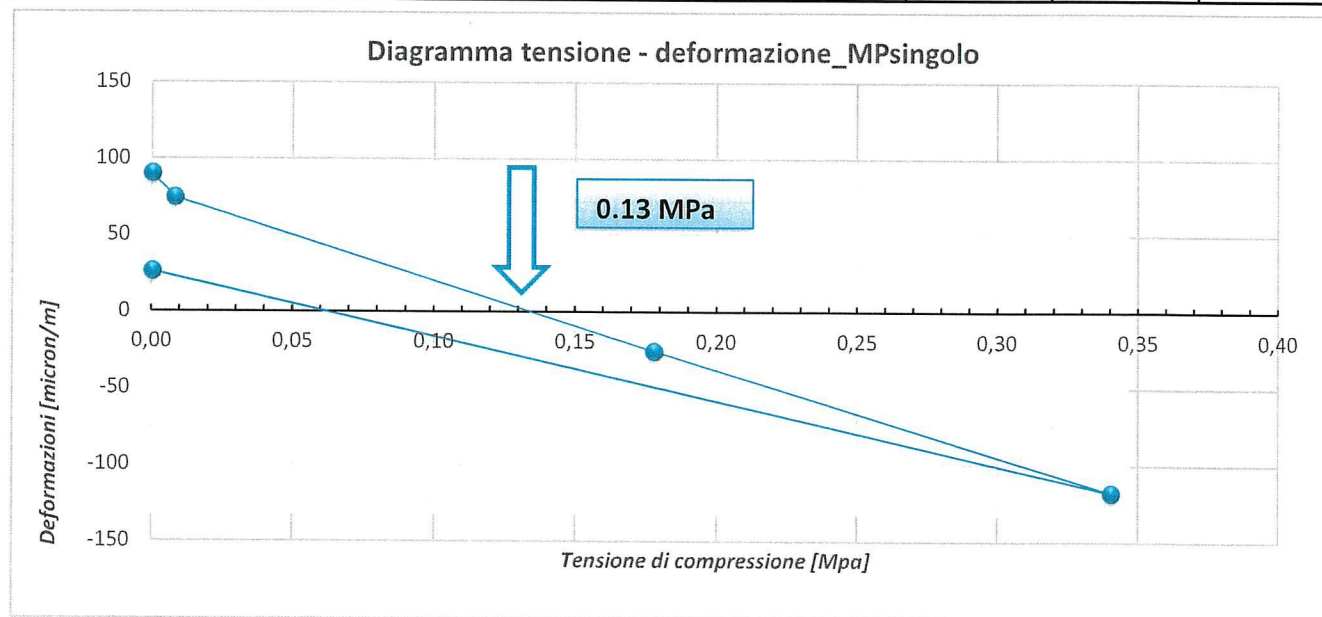
committente: Comune di Bastiglia  
 indirizzo: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
 cantiere: Cimitero di Bastiglia  
 commessa: 1556  
 documento: 46 Rev.00 del: 23/10/2018  
 data prove: 10/10/2018



parte d'opera: PARETE PERIMETRALE PORTANTE  
 spessore muratura: 24 cm  
 tipologia muratura: MATTONI SEMIPIENI - MALTA CEMENTIZIA

tensione di lavoro misurata con martinetto singolo: 0,13 MPa

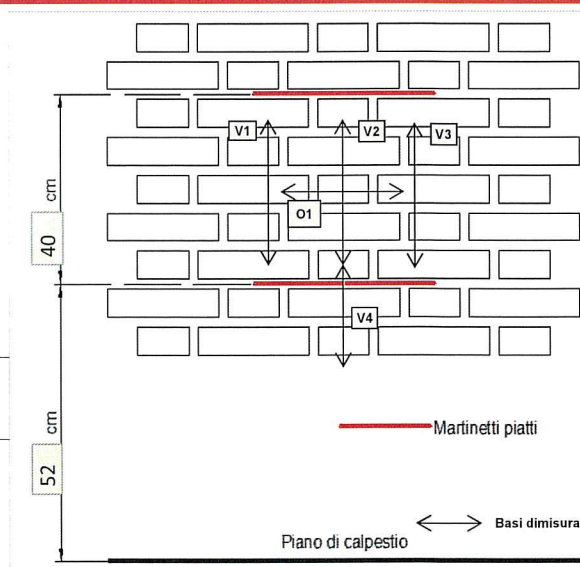
ALLEGATO NUMERICO							
ID	5 MARTINETTO PIATTO SINGOLO - ASTM C 1196						
tensione di compressione	base deformometrica millesimale (lunghezza iniziale 250mm)						
[MPa]	$\epsilon V1$ [micron/m]	$\epsilon V2$ [micron/m]	$\epsilon V3$ [micron/m]	$\epsilon V4$ [micron/m]	$\epsilon V5$ [micron/m]	$\epsilon V6$ [micron/m]	$\epsilon$ media [micron/m]
0,00	--	--	--	90	--	--	90
0,01	--	--	--	74	--	--	74
0,18	--	--	--	-26	--	--	-26
0,34	--	--	--	-118	--	--	-118
0,00	--	--	--	26	--	--	26



NOTE: troncatrice hilti - martinetti DRC - manometro AEP classe 1 100bar - deformometro MFG250

committente: Comune di Bastiglia  
indirizzo: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
cantiere: Cimitero di Bastiglia  
commessa: 1556  
documento: 46 Rev.00 del 23/10/2018  
data prove: 10/10/2018

parte d'opera: PARETE PERIMETRALE PORTANTE  
spessore muratura: 24 cm  
tipologia muratura: MATTONI SEMIPIENI - MALTA CEMENTIZIA  
tensione di esercizio misurata con martinetto singolo: 0,13 MPa  
tensione di uscita dal campo elastico lineare: n.r. MPa  
tensione di rottura: n.r. MPa  
modulo Young verticale: 8804 MPa  
modulo di Poisson: --  
modulo di elasticità tangenziale: -- MPa



La figura illustra schematicamente la disposizione e la codifica delle basi di misura rispetto ai martinetti piatti.  
La tipologia e la tessitura della muratura disegnata sono da considerarsi come puramente esemplificative.

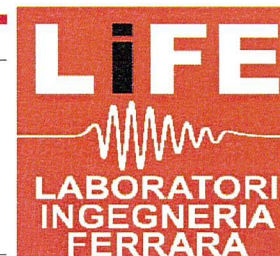
ALLEGATO NUMERICO							
ID 5 MARTINETTO PIATTO DOPPIO - ASTM C 1197							
tensione di compressione	base deformometrica millesimale (lunghezza iniziale 250mm)						Modulo Poisson
[MPa]	$\epsilon V1$ [micron/m]	$\epsilon V2$ [micron/m]	$\epsilon V3$ [micron/m]	$\epsilon V4$ [micron/m]	$\eta O1$ [micron/m]	$\eta O2$ [micron/m]	-
0,00	0	0	0		0		
0,02	92	168	228		-12		
0,16	44	24	16		28		
0,41	24	48	128		32		
0,97	88	100	80		52		
1,22	100	112	160		56		
0,46	40	44	112		16		
0,00	24	60	76		40		
0,81	88	228	108		72		
1,62	252	268	144		32		
2,43	244	268	156		-32		
3,24	280	348	236		24		
4,05	340	460	412		0		
2,03	220	292	204		28		
0,00	72	56	20		40		

NOTE: troncatrice hilti - martinetti DRC - manometro AEP classe 1 100bar - deformometro MFG250

committente: Comune di Bastiglia  
 indirizzo: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
 cantiere: Cimitero di Bastiglia  
 commessa: 1556  
 documento: 46

Rev 0

del 23/10/2018

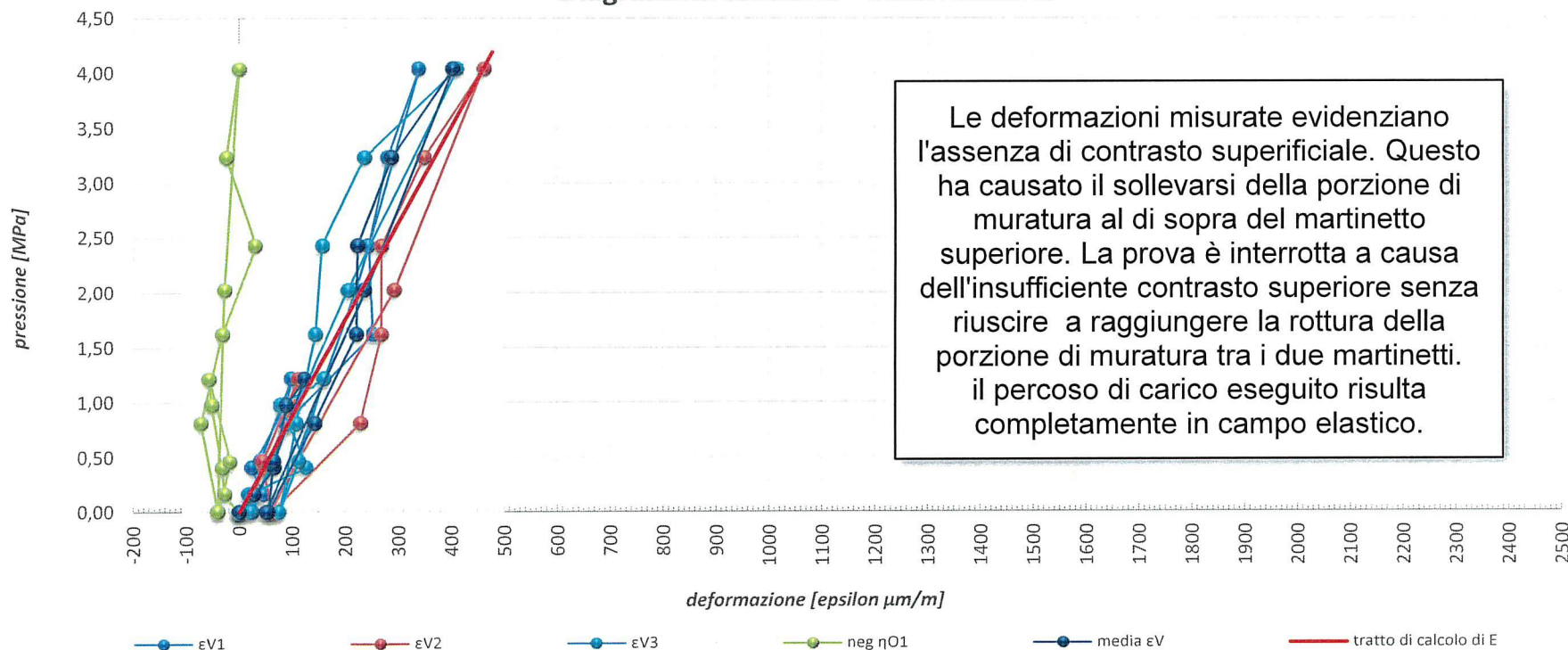


## ALLEGATO GRAFICO

ID 5

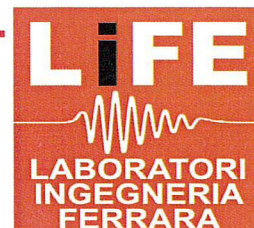
MARTINETTO PIATTO DOPPIO - ASTM C 1197

Diagramma tensione - deformazione



NOTE: troncatrice hilti - martinetti DRC - manometro AEP classe 1 100bar - deformometro MFG250

COMMITTENTE: Comune di Bastiglia  
 INDIRIZZO: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
 CANTIERE: Cimitero di Bastiglia  
 COMMESSA: 1556



DOCUMENTO N°: doc 47 Rev 0 del: 24/10/2018  
 DATA PROVE: 10/10/2018

#### CARATTERISTICHE MURATURA OGGETTO DI PROVA

spessore muratura: 24 cm  
 tipologia muratura: due teste  
 tipologia malta: malta cementizia  
 spessore malta: 1,50 cm

#### DIMENSIONI DEL BLOCCO

tipologia blocco: mattone semipieno  
 LUNGHEZZA 24 cm  
 PROFONDITA' 11,5 cm  
 SPESSORE 7 cm

#### RIEPILOGO RISULTATI

tensione di confinamento pre-esistente  
 superficie di scorrimento: 552 cmq  
 forza di taglio di rottura: 108 kN  
 tensione di taglio di rottura: 1,84 MPa

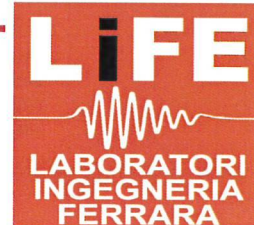
#### CARATTERISTICHE MARTINETTO

alessaggio [cm<sup>2</sup>] 15,9

#### ID 5 - PROVA DI TAGLIO IN SITU - SHOVE TEST

pressione al pistone	forza di taglio	tensione di taglio media	base deformometrica millesimale - lunghezza iniziale 250mm		
			O1	gamma O1	NOTE:
[bar]	[kN]	[MPa]	[mm/1000]	[μm/m]	
0	0,0	0,00	3150	0,0E+00	
0	0,0	0,00	3120	1,2E-04	
20	3,2	0,06	3050	4,0E-04	
40	6,4	0,12	3035	4,6E-04	
60	9,5	0,17	3025	5,0E-04	
80	12,7	0,23	3007	5,7E-04	
100	15,9	0,29	2977	6,9E-04	
120	19,1	0,35	2960	7,6E-04	
140	22,3	0,40	2956	7,8E-04	
160	25,4	0,46	2937	8,5E-04	
180	28,6	0,52	2928	8,9E-04	
200	31,8	0,58	2910	9,6E-04	
220	35,0	0,63	2898	1,0E-03	
240	38,2	0,69	2884	1,1E-03	
260	41,3	0,75	2865	1,1E-03	
280	44,5	0,81	2790	1,4E-03	
300	47,7	0,86	2792	1,4E-03	
320	50,9	0,92	2778	1,5E-03	
340	54,1	0,98	2706	1,8E-03	
410	65,2	1,18	2653	2,0E-03	
450	71,6	1,30	2621	2,1E-03	
500	79,5	1,44	2581	2,3E-03	
550	87,5	1,58	2537	2,5E-03	
600	95,4	1,73	2458	2,8E-03	
640	101,8	1,84	2100	4,2E-03	INIZIO SCORRIMENTO
660	104,9	1,90	1930	4,9E-03	
680	108,1	1,96	1430	6,9E-03	

COMMITTENTE: Comune di Bastiglia  
INDIRIZZO: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
CANTIERE: Cimitero di Bastiglia  
COMMESSA: 1556



DOCUMENTO N°: doc 47      Rev 0 del: 24/10/2018  
DATA PROVE: 10/10/2018

#### CARATTERISTICHE MURATURA OGGETTO DI PROVA

spessore muratura: 24 cm  
tipologia muratura: due teste  
tipologia malta: malta cementizia  
spessore malta 1,50 cm

#### DIMENSIONI DEL BLOCCO

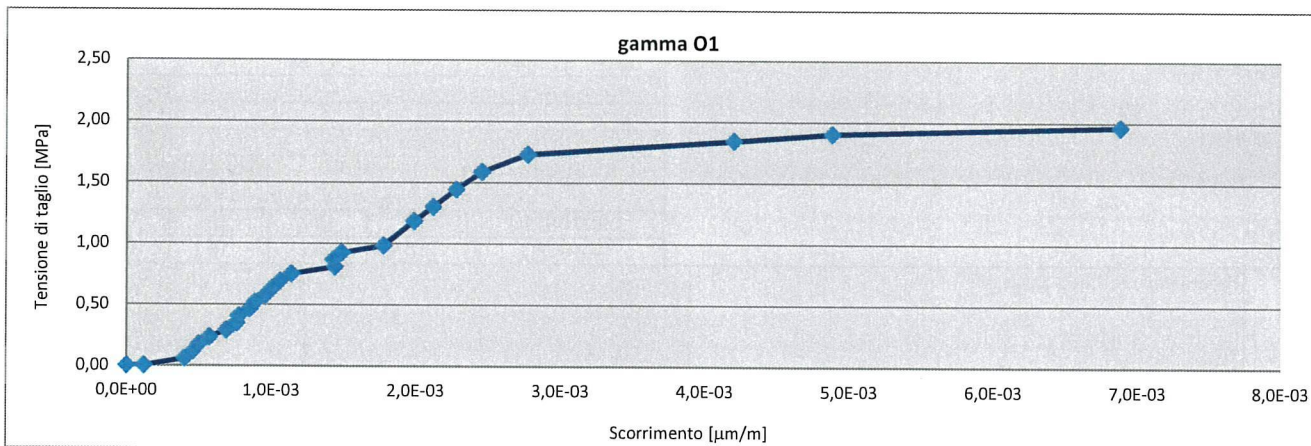
tipologia blocco: mattone semipieno  
LUNGHEZZA 24 cm  
PROFONDITA' 11,5 cm  
SPESSORE 7 cm

#### RIEPILOGO RISULTATI

tensione di confinamento pre-esistente  
superficie di scorrimento: 552 cmq  
forza di taglio di rottura: 108 kN  
tensione di taglio di rottura: 1,84 MPa

#### CARATTERISTICHE MARTINETTO

alessaggio [cm<sup>2</sup>] 15,9



**INDAGINE ID 7 - SCHEDA MONOGRAFICA MURATURA**

PARTE D'OPERA: PARETE PERIMETRALE LOCULI

DATA PROVE: 11/10/18



*Tipologia di muratura*

Muratura in mattoni semipieni e malta cementizia

*Ricorsi e/o listature*

ASSENTI		PRESENTI
---------	--	----------

*Paramenti semplicemente accostati o mal collegati*

PRESENTI	v	ASSENTI
----------	---	---------

*Collegamenti trasversali*

ASSENTI	v	PRESENTI
---------	---	----------

*Dimensione muratura [cm]*

spessore	--	intonaco	0,5	ambo i lati
----------	----	----------	-----	-------------

*Dimensione dei blocchi [cm]*

MIN	24	x	11	x	6,5
MAX	24,5	x	11,5	x	7

<i>Tessitura a regola d'arte</i>	B
----------------------------------	---

<i>Caratteristiche della malta</i>	B
------------------------------------	---

<i>Regolarità dei giunti di malta</i>	B
---------------------------------------	---

S = SCARSA	M = MEDIA	B = BUONA
------------	-----------	-----------

*Dimensione dei giunti di malta [mm]*

ORIZZONTALI	10	MIN	10	MAX
VERTICALI	10	MIN	15	MAX

Note:

Parete perimetrale a due teste.

Lastre in c.a. a formare i piani di appoggio di ogni singolo loculo.

Le lastre risultano armate con barre ogni 200 mm.



## **ALLEGATO 4**

Rapporti di prova: prove di laboratorio

## Prova di trazione su acciaio per calcestruzzo armato UNI EN 15630-1 / UNI EN ISO 6892-1

RAPPORTO DI PROVA n° 0431/2018 Rev.00 del 24/10/2018

Committente: Comune di Bastiglia  
 Indirizzo: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
 Cantiere: Cimitero di Bastiglia  
 Opera: Indagini sulle Strutture  
 Proprietà: Comune di Bastiglia  
 Impresa: --  
 Attrezzature: Macchina universale (cod.088) - Estensimetro elettronico (cod.095) - Bilancia(cod.027) - Calibro centesimale digitale(cod.103)  
 Prelievo: 10/10/2018  
 Commessa: 04/04/1904  
 Richiedente: Sig.ra Gabiria Perella

Data prove: 24/10/2018

SIGLA: 1 - 4						MARCHIO IDENTIFICATIVO:						
CAMPIONE: --												
Produttore: --												
Att. di qualificazione: --												
Classe: --												
Provino						Snervamento		Rottura			Piegamento	
ID	Codice/ Posizione in opera	Tipo*	$\phi_{nom}$ [mm]	$m_u$ [kg/m]	$\phi_{eq.}$ [mm]	$f_y$ [MPa]	$f_y/f_{y,nom}$ [--]	$f_t$ [MPa]	$f_t/f_y$ [--]	$A_{gt}$ [%]	$D_m$ [mm]	**Esito
1	IID1 - pilastro	a.m.	6	0,223	6,0	431,5	-	640,2	1,48	--	--	--
2	ID4 - fondazione	a.m.	8	0,395	8,0	437,7	-	672,4	1,54	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CAMPIONAMENTO: a cura del laboratorio

\*T.L.: tondo liscio - A.M.: aderenza migliorata

ESITO: assenza cricche (AC) - presenza cricche (PC)

PARAMETRI:  $\phi_{nom}$ : diametro nominale -  $m_u$ : massa lineica -  $\phi_{eq.}$ : diametro equipesante -  $f_y$ : tensione di snervamento -

$f_t/f_{y,nom}$ : tensione di snervamento/tensione di snervamento nominale -  $f_t$ : tensione di rottura -  $f_t/f_y$ : tensione di rottura/ tensione di snervamento -

$A_{gt}$ : allungamento sotto carico massimo -  $D_m$ : diametro mandrino

**N.B:** Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

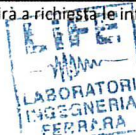
Lo sperimentatore

ing. Marco Gemipiani



Il direttore del laboratorio

ing. Roberto Lovisetto



## Resistenza a compressione di provini cilindrici in calcestruzzo UNI EN 12390-3

RAPPORTO DI PROVA n° 0430/2018 Rev.00 del 23/10/2018

Committente: Comune di Bastiglia  
 Indirizzo: Piazza Repubblica, 57 - Bastiglia (MO)  
 Cantiere: Cimitero di Bastiglia  
 Opera: Indagini sulle Strutture  
 Proprietà: Comune di Bastiglia  
 Impresa: --  
 Attrezzature: Pressa automatica da 3000kN (cod.102) - Vasca di maturazione (cod.199-200) - Bilancia(cod.099) - Calibro centesimale analogico (cod.245)  
 Consegna: 10/10/2018  
 Commessa: 1556  
 Richiedente: Sig.ra Gabiria Perella

Data prove: 15/10/2018

No.	Sigla campione	Descrizione	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica	Carico di rottura	Resistenza unitaria $f_{ck}$	Tipo di rottura
				$\phi$	h	$\lambda$				
				[mm]		[-]				
1	ID 01 A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2220	361,2	51,5	C
2	ID01B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2212	368,3	52,5	C
3	ID 02A	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2179	255,6	36,4	C
4	ID02B	PILASTRO	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2152	264,1	37,7	C
5	ID 04A	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2307	270,5	38,6	C
6	ID 04B	FONDAZIONE	10/10/18	94,5	95,0	1,01	2334	278,1	39,7	C
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAMPIONAMENTO: a cura dei tecnici di Life Srl

RETTIFICA ESEGUITA SUI CAMPIONI N°: 1-2-3-4-5-6

I campioni non rettificati sono risultati conformi alla planarità prevista dalla normativa di riferimento.

Le tolleranze dimensionali sono indicate nella UNI EN 12390-1 richiamata nel D.M. 17/01/2018.


$\lambda$ : snellezza del provino =  $h/\phi$

$f_{ck}$ : resistenza a compressione del provino con snellezza pari a  $\lambda$

TIPO DI ROTTURA: C = conforme; NC = non conforme

**N.B.:** Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica

Lo sperimentatore  
 Massimiliano Fabbri




Il direttore del laboratorio  
 ing. Roberto Lovisetto