



## COMUNE DI MONTONE

*D.G.R. N. 1001 del 06/09/2016 - Interventi di prevenzione del rischio sismico su edifici pubblici strategici o rilevanti ex art. 2 co. 1 lett. b dell'OCDPC n. 293/15*



### VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA E INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO "PALAZZO COMUNALE"

## PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato		<b>PIANO DELLE INDAGINI</b>				
<b>I.04</b>		<b>Relazione sulle indagini eseguite</b>				
		File: I.04_e01	Layout: I.04			
ed.	data	motivo	redatto	verificato	approvato	autorizzato
01	18/12/2019	Emissione e Consegna	LuR	LuR	LeB	PM
02						
03						
<b>STUDIO MARCUCCI E ASSOCIATI</b> ing. Paolo Marcucci - arch. Gianluca Sforna - ing. Maurizio Spigarelli - ing. Luigi Rossi - ing. Learco Boccali via S.Apollinare 4 - 06081 ASSISI (PG) - 075/812945 - fax. 075/813757 - e-mail: <a href="mailto:posta@marcucciassociati.it">posta@marcucciassociati.it</a>						
Questo documento è di proprietà esclusiva. E' proibita la riproduzione anche parziale. La proprietà tutelerà i suoi diritti in termini di legge.						

**PIANO DELLE INDAGINI  
RELAZIONE SULLE INDAGINI ESEGUITE**

**INDICE**

<b>1</b>	<b>INDAGINI ESEGUITE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI IN FONDAZIONE .....</b>	<b>3</b>
2.1	Microcarotaggi con videoispezioni .....	3
<b>3</b>	<b>INDAGINI SULLE MURATURE .....</b>	<b>5</b>
3.1	Esame visivo delle murature con scopritura di intonaco .....	5
3.2	Indagini videoendoscopiche.....	6
3.3	Prove penetrometriche sulle malte .....	7
3.4	Prove con martinetti piatti doppi .....	8
3.5	Tipologia muraria adottata .....	10
<b>4</b>	<b>INDAGINI SUGLI ORIZZONTAMENTI.....</b>	<b>11</b>
4.1	Indagini termografiche/magnetotermiche a mezzo ferroscaan/visive.....	11
4.2	Indagini videoendoscopiche sui solai .....	11
4.3	Indagini videoendoscopiche sulle murature .....	12
4.4	Indagini visive delle armature dei solai .....	12

**1 INDAGINI ESEGUITE**

Le indagini per il rilievo materico-costruttivo sono state cruciali per definire il percorso di conoscenza poiché hanno permesso di individuare completamente l'organismo resistente della struttura, utilizzando come parametri di giudizio anche la qualità e lo stato di conservazione dei materiali.

Sono state eseguite indagini non distruttive (termografie) o ispezioni dirette debolmente distruttive (videoendoscopie, piccoli saggi, microcarotaggi) per acquisire informazioni non direttamente riscontrabili a vista sia sulle fondazioni che sulle murature e sugli orizzontamenti.

Nella tabella che segue sono riportate le tipologie e la quantità di indagini eseguite, la posizione e l'esito delle stesse è riportata negli elaborati specifici, I.02 e I.03.

INDAGINI STRUTTURALI sui DETTAGLI COSTRUTTIVI e sui MATERIALI			
Tipologia	Rif.	Descrizione del tipo di indagine	n. prove
FONDAZIONI	M	MICROCAROTAGGIO IN FONDAZIONE con video endoscopia	2
MURATURE	S	ESAME VISIVO MURATURE con SCOPRITURA DI INTONACO	6
	P	PROVA PENETROMETRICA SULLE MALTE	6
	Vm	INDAGINE VIDEO ENDOSCOPICA sulle murature	8
	MP	PROVA CON MARTINETTI PIATTI DOPPI	3
SOLAI	T	INDAGINE TERMOGRAFICA	9
	Vs	INDAGINE VIDEO ENDOSCOPICA sui solai (stratigrafia/spessore)	4
	Vc	INDAGINE VIDEO ENDOSCOPICA per verifica esistenza cordoli in c.a.	6
	A	INDAGINE VISIVA DELLE ARMATURE DEI SOLAI mediante rimozione intonaco, laterizio e copriferro	3

Le indagini in fondazione hanno avuto lo scopo di indagare sia l'approfondimento del piano di posa che la tipologia e qualità delle murature.

Le indagini sulle murature, sia visive del paramento superficiale mediante scopritura di intonaco, che stratigrafiche mediante videoendoscopie, abbinate alle prove penetrometriche sulle malte e ai martinetti piatti hanno permesso di caratterizzarne la tipologia e le caratteristiche meccaniche di resistenza e dei moduli elastici.

Le indagini sui solai hanno infine permesso di stabilire la tipologia di tutti gli orizzontamenti, la stratigrafia, l'orditura e l'eventuale presenza di cordoli perimetrali in calcestruzzo nello spessore delle murature

## 2 INDAGINI IN FONDAZIONE

### 2.1 Microcarotaggi con videoispezioni

Sono stati eseguiti due saggi in fondazione mediante carotaggio continuo inclinato di circa 8° rispetto alla verticale, uno in corrispondenza della facciata su piazza Fortebraccio (M1), ed uno in corrispondenza della facciata su via S. Albertino (M2).

Nell'indagine **M1** è stato eseguito un foro fino alla profondità di 2,40 metri, la quota di imposta della fondazione è stata rilevata a 0,95 m dal piano di calpestio.



Indagine **M1** – piazza Fortebraccio



Immagine a 130 cm dalla fine del foro.  
Conglomerato a base di sabbia.



Immagine a 200 cm dalla fine del foro.  
Muratura mista.



## COMUNE DI MONTONE

D.G.R. N. 1001 del 06/09/2016 - Interventi di prevenzione del rischio sismico su edifici pubblici strategici o rilevanti ex art. 2 co. 1 lett. b dell'OCDPC n. 293/15

**Verifica di vulnerabilità sismica e Interventi di miglioramento sismico  
PALAZZO COMUNALE**

**PROGETTO ESECUTIVO  
PIANO DELLE INDAGINI**  
Relazione sulle indagini eseguite

I-04\_e01.docx

rev\_00

pagina 4 di 12

Nell'indagine **M2** è stato eseguito un foro fino alla profondità di 3,25 metri, la quota di imposta della fondazione è stata rilevata a 3,15 m dal piano di calpestio.



Indagine **M2** – via S. Albertino



Immagine a 100 cm dalla fine del foro.  
Elementi lapidei e malta.



Immagine a 310 cm dalla fine del foro.  
Elementi lapidei e malta.

Dalla stratigrafia del terreno, riportata nella relazione Geologica, e dagli affioramenti rilevati al piano seminterrato, si evince che tutte le fondazioni sono intestate nei *"conglomerati con ciottoli centimetrici e decimetrici molto addensati/cementati"*, che garantiscono elevati valori di resistenza al carico limite ultimo.

### **3 INDAGINI SULLE MURATURE**

#### **3.1 Esame visivo delle murature con scopritura di intonaco**

Sono stati eseguiti n.6 saggi visivi sulle murature, mediante rimozione di intonaco, per verificare:

- forma, tipologia e dimensione degli elementi;
- presenza di elementi trasversali (diatoni) di collegamento tra i paramenti murari;
- grado di assemblaggio della muratura nello spessore ovvero disposizione degli elementi;
- orizzontalità dei filari;
- tessitura ottenuta tramite l'ingranamento e lo sfasamento dei giunti;
- natura delle malte e loro stato di conservazione.



Saggio S1 – piano terra



Saggio S2 – piano terra



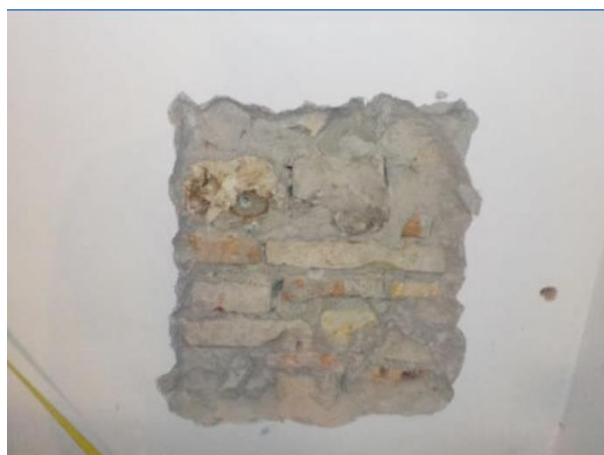
Saggio S3 – piano primo



Saggio S4 – piano primo



Saggio S5 – piano secondo



Saggio S6 – piano secondo

Dalle indagini visive eseguite risulta che la muratura risulta essere di tipo mista in pietra e mattoni, in alcuni casi è ben visibile l'orizzontalità dei filari, non sempre i giunti risultano sfalsati a realizzare un buon ingranamento. Le malte risultano di calce e, in generale, di modeste caratteristiche meccaniche.

### 3.2 Indagini videoendoscopiche

In corrispondenza delle scopriture di intonaco sono state condotte indagini videoendoscopiche per valutare la tipologia e qualità della muratura nello spessore.

Tutte le indagini confermano la tipologia di muratura mista in pietra e mattoni, e rilevano la presenza più o meno diffusa, di piccoli vuoti causati dall'assenza di malta.



Immagine a 35 cm dall'inizio del foro.  
Elementi lapidei e malta.



Immagine a 90 cm dall'inizio del foro.  
Elementi lapidei e malta.



**3.3 Prove penetrometriche sulle malte**

In corrispondenza delle scopriture di intonaco sono state condotte inoltre prove penetrometriche sulle malte, sia superficiali che interne. Si riportano i valori di prova riscontrati.

COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
P1	1	80,00	67,20	12,8	1,31	85,5	76,6	8,9	1,9
	2	80,00	64,70	15,3	1,03	101,9	89,95	11,95	1,49
	3	80,00	72,70	7,3	2,37	78,3	69,65	8,65	1,9

Media: 1,57

Media: 1,76

COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
P2	1	80,00	54,8	25,2	<0,4	50,65	41,3	9,35	1,9
	2	80,00	56	24	<0,4	56,9	44,95	11,95	1,49
	3	80,00	64,95	15,05	1,03	53,25	42,25	11	1,59

Media: 0,61

Media: 1,66

COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
P3	1	80,00	62,2	17,8	0,74	79,9	51,8	28,1	<0,4
	2	80,00	31,4	48,6	<0,4	86,1	69,15	16,95	0,83
	3	80,00	49,3	30,7	<0,4	92,7	79,4	13,3	1,31

Media: 0,51

Media: 0,85

COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
P4	1	80,00	65,25	14,75	1,03	95,7	88,35	7,35	2,37
	2	80,00	62,50	17,5	0,74	58,55	48,95	9,6	1,71
	3	80,00	62,80	17,2	0,83	85,3	71,9	13,4	1,31

Media: 0,87

Media: 1,80



COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm²]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm²]
P5	1	80,00	71,55	8,45	2,13	88,75	61,1	27,65	<0.4
	2	80,00	71,00	9,00	1,9	88,55	73,45	15,1	1,03
	3	80,00	70,60	9,40	1,9	92,65	78,5	14,15	1,17
Media:					1,98	Media: 0,87			

COD. PROVA	MISURA	SUPERFICIALE				INTERNA			
		L0S	L10S	RPMS	f <sub>M</sub>	L0I	L10I	RPMI	f <sub>M</sub>
		[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
P6	1	80,00	67,1	12,9	1,31	43	35,25	7,75	2,13
	2	80,00	71,4	8,6	1,9	49,15	40,65	8,5	1,9
	3	80,00	73,05	6,95	2,37	45,65	34,55	11,1	1,59
Media:					1,86	Media: 1,87			

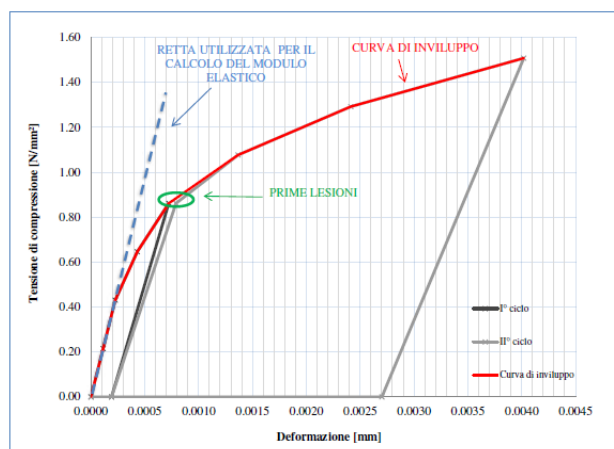
In accordo con l'analisi visiva, le prove penetrometriche evidenziano una resistenza media a compressione che consente di far riferimento ai parametri meccanici indicati nella tabella .C8.5.1 della Circolare, senza applicazione di coefficienti riduttivi

### 3.4 Prove con martinetti piatti doppi

Sono state eseguite n.3 prove con martinetti piatti doppi, per valutare la resistenza massima a compressione ed il modulo di elasticità.



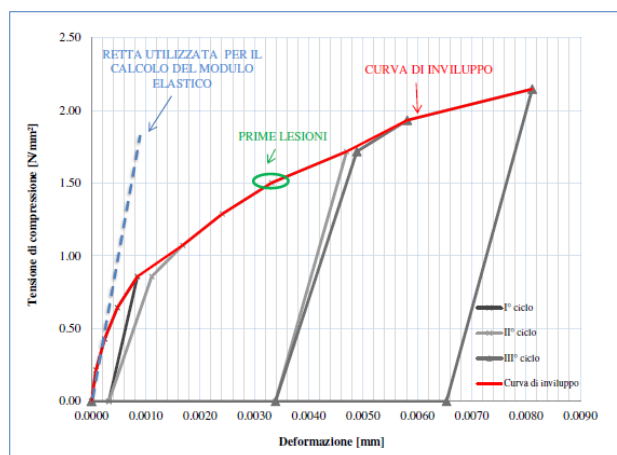
Prova **MP1** – piano terra



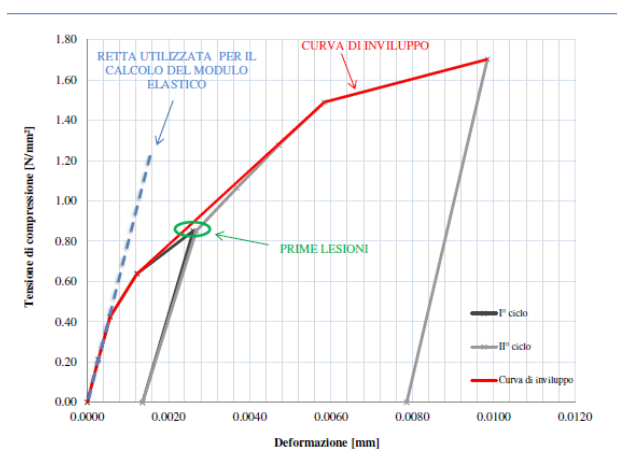
La prova ha evidenziato

Resistenza massima a compressione  
Modulo di elasticità

1,51 N/mm<sup>2</sup>  
1904 N/mm<sup>2</sup>

Prova **MP2** – piano terra

La prova ha evidenziato

Resistenza massima a compressione  
Modulo di elasticità2,15 N/mm<sup>2</sup>  
1842 N/mm<sup>2</sup>Prova **MP3** – piano primo

La prova ha evidenziato

Resistenza massima a compressione  
Modulo di elasticità1,70 N/mm<sup>2</sup>  
759 N/mm<sup>2</sup>

Le prove MP1 e MP2 hanno evidenziato moduli elastici che, nella tabella C8.5.I, individuano la tipologia di muratura "in pietra a spacco con buona tessitura" mentre la prova MP3 individua la tipologia di muratura "in pietrame disordinato".

### 3.5 Tipologia muraria adottata

L'esame visivo delle murature denota la stessa tipologia di muratura per tutto il fabbricato, riconducibile, in riferimento alla tabella C.8.5.I della Circolare sotto riportata, alla tipologia muraria tipo 2 (conci sbozzati). Le prove videoendoscopiche confermano l'omogeneità del materiale per tutto lo spessore, evidenziando la presenza di piccoli vuoti per assenza di malta.

Nonostante i moduli elastici determinati dalle prove con martinetti piatti doppi ricondurrebbero la muratura alla tipologia 3, **si assumono i parametri caratteristici della tipologia 2**, anche in funzione dei valori delle resistenze a compressione  $f_m$  riscontrati.

Per le murature interne del piano primo, in accordo all'esito della prova MP3 e dall'esame visivo del paramento, **si assumono i parametri caratteristici della tipologia 1** (pietrame disordinato).

Si riporta la tabella C.8.5.I della Circolare applicativa, con individuate le tipologie murarie adottate e i valori caratteristici medi di calcolo.

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

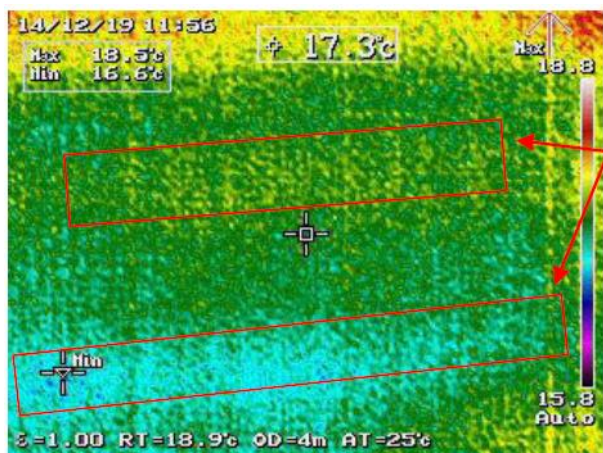
Nei calcoli di verifica strutturale sono stati assunti, per le resistenze e per i moduli elastici, i valori medi dell'intervallo, in accordo a quanto prescritto dalla normativa per il livello di conoscenza LC2.

## 4 INDAGINI SUGLI ORIZZONTAMENTI

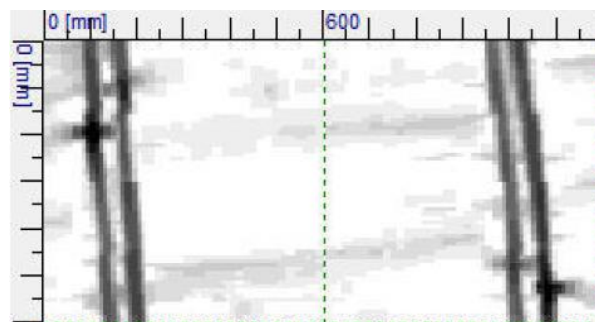
### 4.1 Indagini termografiche/magnetotermiche a mezzo ferroskan/visive

Sui campi di solaio per i quali l'indagine visiva diretta non ha dato certezza sulla tipologia e orditura dei solai sono state effettuate n.9 indagini termografiche.

In cinque casi sono state inoltre condotte anche analisi a mezzo ferroskan per rilevare il passo degli elementi portanti.



Indagine termografica



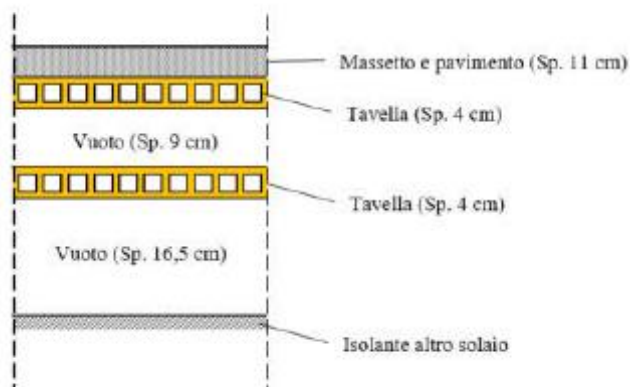
Indagine a mezzo ferroskan

### 4.2 Indagini videoendoscopiche sui solai

Sono state eseguite n.4 indagini videoendoscopiche dall'estradosso o dall'intradosso dei solai, che hanno permesso di stabilire la stratigrafia degli orizzontamenti, utile per determinare l'esatta analisi dei carichi



Indagine videoendoscopica sui solai

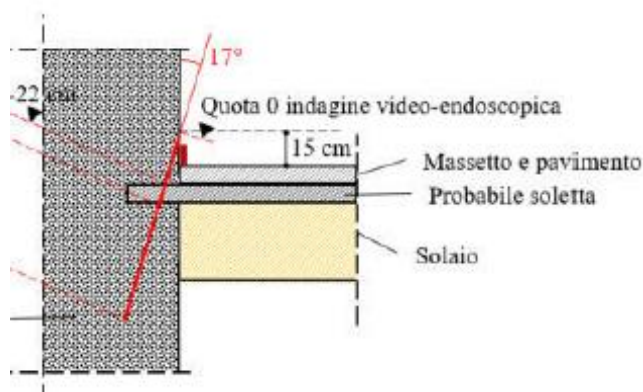


schema stratigrafico rilevato



### 4.3 Indagini videoendoscopiche sulle murature

Sono state eseguite n.6 indagini videoendoscopiche sulle murature in corrispondenza dell'estradosso dei solai, all'attacco tra solaio e muratura per verificare l'esistenza di cordoli in cemento armato.



Indagine videoendoscopica sui solai

schema stratigrafico rilevato

In generale si è rilevata la presenza di cordoli in cemento armato sullo spessore delle murature, in corrispondenza dei solai in laterocemento, mentre tutti i solai in acciaio risultano privi di cordolature perimetrali.

Non si hanno informazioni sul grado di collegamento dei suddetti cordoli alla muratura e della tipologia ed armatura presente.

### 4.4 Indagini visive delle armature dei solai

In corrispondenza di due solai in acciaio si è verificata la tipologia della trave mediante rimozione dell'intonaco e misurazione diretta dell'ala inferiore del profilo, in corrispondenza di un cordolo in c.a. della copertura si è verificata l'armatura dello stesso mediante rimozione del copriferro e misurazione diretta con calibro.



Indagine su solaio in acciaio



Indagine su cordolo in c.a.