



RAPPORTO DI PROVA n. **MS-24/15**

DATA EMISSIONE: **12 giugno 2015**

LAVORO: **PONTE IN MURATURA SUL FIUME ASO - LOCALITÀ RUBBIANELLO
MONTERUBBIANO (FM)**

COMMITTENTE: **AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI ASCOLI PICENO
SERVIZIO VIABILITÀ – PROGETTAZIONE STRADALE
VIA DELLA REPUBBLICA, 34 – ASCOLI PICENO (AP)**

OGGETTO: **INDAGINI E PROVE DIAGNOSTICHE SULLE PILE DEL PONTE**

Tecnico
Ing. Andrea Pesaresi

Amministratore Delegato
Ing. Maurizio Scansani

Direttore del Laboratorio
Ing. Roberto Giacchetti

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 1 di 39

INDICE

1 - PREMESSA.....	2
2 - STRATIGRAFIE DELLE PILE DEL PONTE.....	3
3 - DETERMINAZIONE DELLA TENSIONE REALE SU CORPI MURARI MEDIANTE IMPIEGO DEL MARTINETTO PIATTO SINGOLO (MPS).....	5
3.1 - MODALITÀ' DI ESECUZIONE DELLE PROVE.....	5
3.2 - PROVA MPS: RISULTATI.....	7
4 - VALUTAZIONE DEL MODULO ELASTICO DI CORPI MURARI MEDIANTE IMPIEGO DEL MARTINETTO PIATTO DOPPIO (MPD)	17
4.1 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE	17
4.2 – PROVE MPD: RISULTATI.....	18
5 – PROVE DI COMPRESSIONE SU CAMPIONI DI MURATURA.....	24
5.1 DESCRIZIONE DEI CAMPIONI (MURETTI)	24
5.3 - MURETTO 1	26
5.4 - MURETTO 2	29
5.5 - MURETTO 3	31
5.6 – CONCLUSIONI.....	33
6 - ANALISI SU UN CAMPIONE DI MALTA	34
6.1 - METODOLOGIE ADOTTATE	34
6.2 – RISULTATI DELLE ANALISI SUL CAMPIONE “M1”	35
ALLEGATO A (Piante).....	38

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 2 di 39

1 - PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP), a seguito della determinazione Registro di Servizio n. 69 del 23/03/2015, Registro Generale 664 del 23/03/2015, il Laboratorio *SidLab s.r.l.* ha eseguito una serie di indagini diagnostiche e prove sui materiali su alcuni elementi strutturali del ponte in muratura sul Fiume Aso, sito in località Rubbianello – Monterubbiano (FM).

Le procedure relative al lavoro descritto nel presente Rapporto di Prova sono state redatte dal personale tecnico del Laboratorio, in possesso del Certificato di Livello 3, relativamente alle prove sul calcestruzzo armato, precompresso e muratura, emesso dal CICPND (Centro Italiano di Certificazione per le Prove Non Distruttive e per i Processi Industriali).

Le piante sono state fornite dal Committente.

Nell'Allegato A è riportata la tav. 1 con l'ubicazione delle indagini e prove eseguite.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 3 di 39

2 - STRATIGRAFIE DELLE PILE DEL PONTE

Su n.3 pile in muratura del ponte sono state eseguite n.6 stratigrafie. In particolare sono state eseguite n. 2 stratigrafie sulla pila 4, n. 1 stratigrafia sulla pila 5, n. 3 stratigrafie sulla pila 6 (cfr. tav. 1). Le stratigrafie sono state eseguite utilizzando una apparecchiatura endoscopica, completa di sorgente luminosa, la quale, introdotta in un foro, realizzato circa perpendicolare al corpo murario, ha consentito di eseguire un'ispezione visiva dell'interno dell'elemento murario esaminato (cfr. foto 1).

La zona del corpo murario in cui è stata eseguita la stratigrafia e la direzione di esecuzione del foro sono indicati nella tav. 1.

Nella tabella 2.1 sono elencati i risultati dell'indagine endoscopica sopra descritta. In particolare sono riportati il riferimento della stratigrafia (RIF.), la lunghezza del foro (L), l'altezza del foro dal piano di calpestio (H) ed una breve descrizione dell'esame visivo eseguito attraverso il foro stesso. Nella lettura della descrizione dell'interno del foro si tengano presenti le seguenti "convenzioni":

- la direzione del foro è quella indicata dalla linea utilizzata per l'ubicazione del foro nella tav. 1;
- le misure degli eventuali vuoti descritti sono da intendersi come misure medie, in quanto tali vuoti sono generalmente di forma molto irregolare;
- con la notazione "tessitura regolare" si vuole descrivere un corpo murario costituito da mattoni pieni, anche di dimensioni diverse, ma di forma regolare, disposti su un piano circa orizzontale, ed alla stessa quota, con corsi di malta di spessore 1÷2 cm, privi di vuoti numericamente e dimensionalmente significativi.



FOTO 1 – Esecuzione del foro per l'endoscopia E2.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 4 di 39

TABELLA 2.1

Stratigrafie delle pile (cfr. tav. 1)

RIF.	L (cm)	H (cm)	DESCRIZIONE
E1	130	135	Muratura realizzata in mattoni pieni con tessitura regolare.
E2	131	80	Muratura realizzata in mattoni pieni con tessitura regolare.
E3	90	100	Muratura realizzata in mattoni pieni con tessitura regolare.
E4	133	106	Muratura realizzata in mattoni pieni con tessitura regolare.
E5	135	120	Muratura realizzata in mattoni pieni con tessitura regolare.
E6	132	219	A partire dalla superficie esterna del corpo murario sono presenti: 45 cm di mattoni pieni con tessitura regolare, successivamente, fino alla fine del foro, la muratura prosegue poi con uno strato di sabbia compatta ed inerti di dimensione media pari a circa 2 cm, privo di vuoti significativi.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 5 di 39

3 - DETERMINAZIONE DELLA TENSIONE REALE SU CORPI MURARI MEDIANTE IMPIEGO DEL MARTINETTO PIATTO SINGOLO (MPS)

3.1 - MODALITÀ' DI ESECUZIONE DELLE PROVE

La prova si fonda sul principio del rilascio delle tensioni nell'intorno di una soluzione di continuità realizzata in un solido soggetto ad uno stato tensionale e deformativo. A seguito del rilascio delle tensioni si ha una perturbazione del campo di deformazioni che viene ripristinato alle condizioni iniziali, introducendo all'interno della soluzione di continuità un opportuno stato tensionale misurabile (martinetto piatto). Nel caso di murature la soluzione di continuità è ottenuta attraverso un taglio eseguito lungo un ricorso di malta e lo stato di deformazione perturbato è rappresentato dalla variazione di lunghezza di una serie di basi di misura, realizzate da capisaldi – cfr. fig. 3.1, poste a cavallo del taglio stesso. Lo spostamento relativo tra i capisaldi che delimitano la base di misura, rapportato alla lunghezza iniziale della base, costituisce, come noto, la deformazione. A tale scopo sono stati fissati sulla superficie esterna della muratura, mediante incollaggio, sei capisaldi (dischi metallici con foro calibrato) posizionati a cavallo del taglio nel corso di malta, (cfr. foto 2 e 5). I valori degli spostamenti relativi tra i capisaldi sono misurati mediante un comparatore millesimale, con base di misura nominale pari a 200 mm. Nella fig. 3.1 è mostrato lo schema delle misure adottato nella prova, il quale discende dal fatto che nella porzione di muratura in cui vengono eseguite le misure di spostamento relativo, i carichi possono ritenersi verticali ed uniformemente distribuiti.

Di seguito sono descritte le principali fasi della prova:

- incollaggio dei capisaldi sulla muratura, secondo lo schema mostrato nella fig. 3.1 (la posizione, rispetto al taglio, dei capisaldi dipende dalla tessitura del corpo murario);
- lettura delle misure eseguite tra i capisaldi con il comparatore millesimale;
- esecuzione del taglio nel corso di malta, posizionato tra i capisaldi;
- lettura dei valori delle misure tra i capisaldi che avranno subito una variazione per effetto del taglio;
- inserimento del martinetto piatto, avente dimensione nominale 25 x 40 cm, nel taglio;
- esecuzione di un prestabilito ciclo di carico-scarico.

Il ciclo di carico viene eseguito fino a raggiungere o superare di poco, i valori delle misure iniziali tra i capisaldi, cioè fino a ristabilire lo stato delle deformazioni presente nel corpo murario prima

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 6 di 39

dell'esecuzione del taglio nel corso di malta. Nella prova, il valore della pressione presente all'interno del martinetto piatto, quando è stato ripristinato lo stato di deformazione iniziale nel corpo murario, è direttamente legato al valore della tensione nel corpo murario stesso, a meno di un coefficiente sperimentale “ β ”, attraverso il quale si mette in conto la reale superficie di contatto tra martinetto e muratura (la distribuzione del carico non è perfettamente uniforme), la superficie del taglio nella muratura, nonché la taratura del martinetto stesso.

La prova sopra descritta e l'elaborazione dei dati, sono stati eseguiti ipotizzando quanto segue:

- la muratura è considerata elastica ed ortotropa;
- la sollecitazione (tensione) calcolata, si riferisce al carico principale, nella direzione ortogonale al taglio piano realizzato nella muratura stessa;
- il tempo, durante l'esecuzione della prova, non influenza in modo significativo le misure.

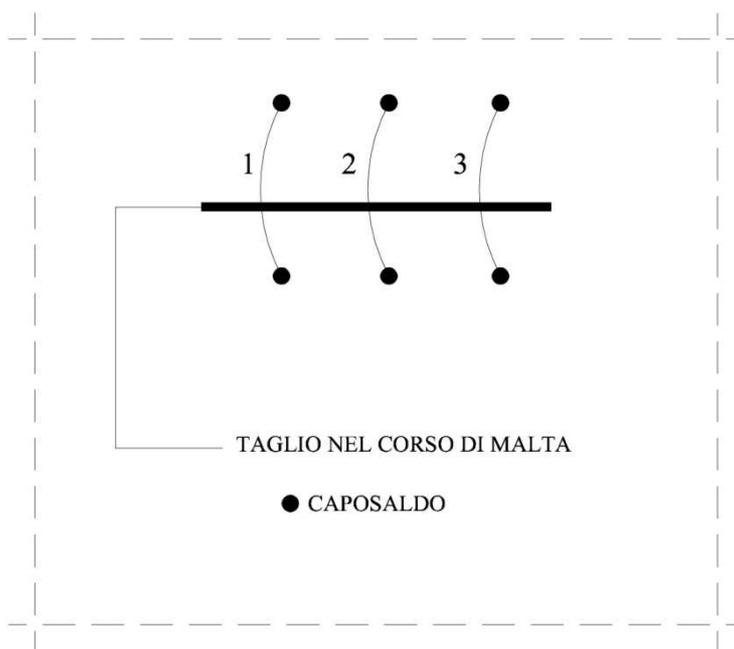


FIG. 3.1 Prova con martinetto piatto singolo

Schema generico delle misure degli spostamenti relativi 1, 2 e 3, eseguite tra i capisaldi con un comparatore meccanico millesimale

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 7 di 39

3.2 - PROVA MPS: RISULTATI

Le prove con martinetto piatto singolo sono state eseguite nelle zone indicate nella tav. 1. Le foto 2÷5 illustrano le prove eseguite.

Nelle tabelle 3.1, 3.3, 3.5 e 3.7 sono elencate le misure eseguite tra i capisaldi (misure 1, 2 e 3 - cfr. fig. 3.1) ed i valori degli spostamenti relativi utilizzati per la costruzione dei diagrammi nn. 3.1÷3.12. In tali diagrammi è mostrato il legame tra la pressione nel martinetto e gli spostamenti relativi della muratura, in corrispondenza delle misure sopra indicate. Nei diagrammi sono presenti:

- sull'asse delle ordinate il valore della pressione all'interno del martinetto piatto;
- sull'asse delle ascisse i valori degli spostamenti relativi della muratura;
- i valori reali degli spostamenti relativi, indicati da quadratini neri, (cfr. tabella 3.1, 3.3, 3.5 e 3.7) misurati tra i capisaldi in corrispondenza delle varie pressioni;
- la retta di regressione lineare dei valori reali degli spostamenti relativi, a tratto continuo, con l'equazione della stessa ed il coefficiente di correlazione (R^2);
- il valore della pressione "P", all'interno del martinetto piatto, quando il valore dello spostamento relativo è uguale a zero, cioè sono state ripristinate le condizioni iniziali nel corpo murario. Tale valore è misurato sulla retta di regressione lineare.

Nelle tabelle 3.2, 3.4, 3.6 e 3.8 sono riportati:

- i valori delle pressioni ("PRESSIONE"), calcolati in corrispondenza delle tre misure tra i capisaldi. Tali valori della pressione sono quelli presenti all'interno del martinetto piatto quando il valore dello spostamento relativo è uguale a zero, cioè sono state ripristinate le condizioni iniziali nel corpo murario (il valore è misurato sulla retta di regressione lineare - cfr. il valore "P" nei diagrammi 3.1÷3.12);
- il valore della "PRESSIONE MEDIA" (media aritmetica dei tre valori della pressione misurati);
- il valore della "TENSIONE REALE" presente nel corpo murario, in corrispondenza della prova eseguita. Tale valore risulta dal prodotto della "PRESSIONE MEDIA" nel martinetto piatto, moltiplicata per il coefficiente " β " descritto nel paragrafo 3.1.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 8 di 39

Dall'esame dei valori presenti nelle tabelle 3.1÷3.8 nonché nei diagrammi 3.1÷3.12, emergono le seguenti considerazioni, relativamente alle prove eseguite:

1. globalmente i valori reali degli spostamenti relativi, indicati con quadratini nei diagrammi, sono risultati molto prossimi alla corrispondente retta di regressione lineare. Infatti il valore dei coefficienti di correlazione è molto vicino all'unità e dunque la retta di regressione lineare può essere ritenuta significativamente rappresentativa dell'effettivo legame tensione-deformazione, presente nella porzione di muratura interessata dalla prova;
2. i valori della pressione nel martinetto “a spostamenti relativi uguali a zero”, misurati sulla retta di regressione lineare in corrispondenza delle misure 1, 2 e 3, sono sostanzialmente omogenei tra loro.



FOTO 2 – Prova MPS-1



FOTO 3 – Prova MPS-2



FOTO 4 – Prova MPS-3



FOTO 5 – Prova MPS-4

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 9 di 39

TABELLA 3.1

Prova con Martinetto Piatto Singolo MPS-1 (cfr. fig. 3.1)

Con “ZPT” si intende la distanza tra i capisaldi, prima del taglio; con “ZDT” si intende la distanza tra i capisaldi, misurata dopo la realizzazione del taglio. La differenza ZPT-ZDT rappresenta il campo di spostamenti perturbato.

Misure (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"				Valori degli spostamenti relativi (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"			
PRESSIONE (daN/cm ²)	MISURE			PRESSIONE (daN/cm ²)	SPOSTAMENTI RELATIVI		
	1	2	3		1	2	3
ZPT	2520	2426	2352				
ZDT	2419	2333	2259	0	-101	-93	-93
1	2433	2344	2273	1	-87	-82	-79
2	2461	2372	2299	2	-59	-54	-53
3	2477	2388	2314	3	-43	-38	-38
4	2495	2411	2333	4	-25	-15	-19
5	2513	2426	2350	5	-7	0	-2
6	2522	2443	2364	6	2	17	12
7	2536	2452	2375	7	16	26	23

TABELLA 3.2

Valori della pressione nel martinetto piatto e della **Tensione Reale** in corrispondenza del corpo murario interessato dalla prova **MPS-1**. La **Tensione Reale** è calcolata sulla base dell’elaborazione dei dati sperimentali e delle ipotesi formulate nel paragrafo 3.1.

PROVA	MPS-1		
MISURA	1	2	3
PRESSIONE (daN/cm ²)	5,69	5,14	5,30
PRESSIONE MEDIA (daN/cm ²)	5,38		
β	0,849		
TENSIONE REALE (daN/cm ²)	4,56		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 10 di 39

DIAGRAMMA 3.1: PROVA "MPS-1" - MISURA 1
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

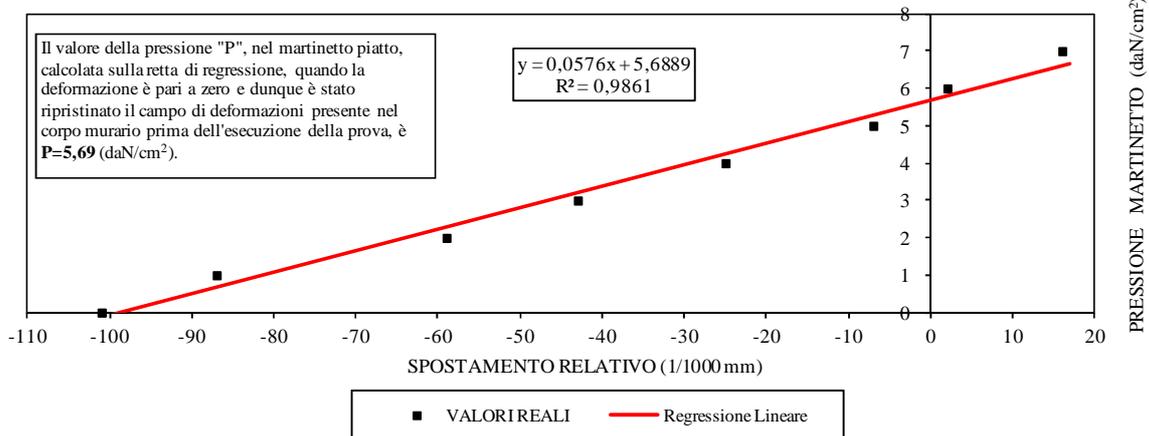


DIAGRAMMA 3.2: PROVA "MPS-1" - MISURA 2
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

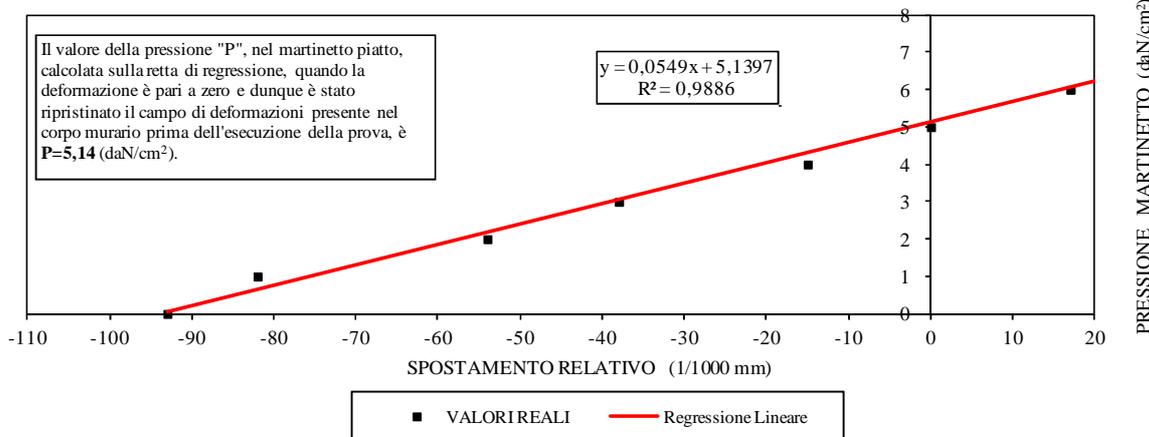
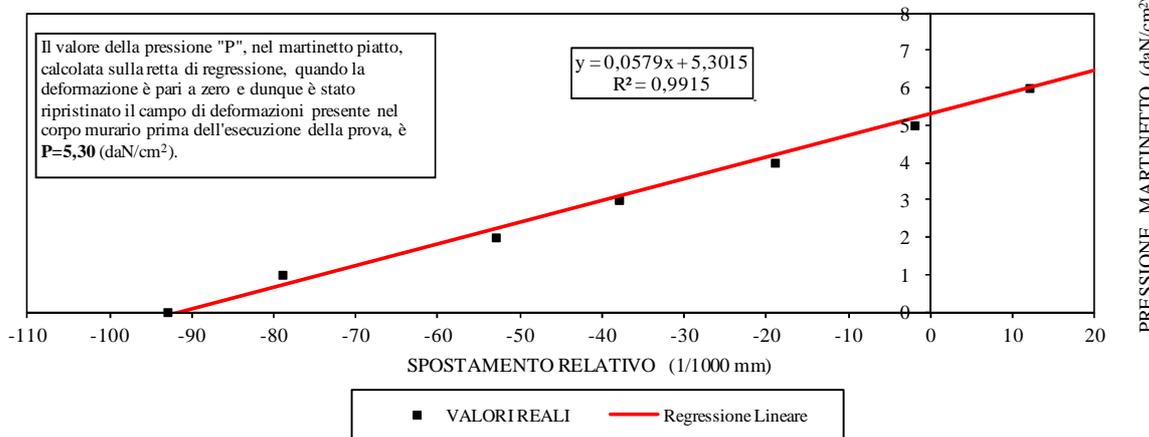


DIAGRAMMA 3.3: PROVA "MPS-1" - MISURA 3
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 11 di 39

TABELLA 3.3

Prova con Martinetto Piatto Singolo MPS-2 (cfr. fig. 3.1)

Con “ZPT” si intende la distanza tra i capisaldi, prima del taglio; con “ZDT” si intende la distanza tra i capisaldi, misurata dopo la realizzazione del taglio. La differenza ZPT-ZDT rappresenta il campo di spostamenti perturbato.

Misure (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"				Valori degli spostamenti relativi (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"			
PRESSIONE (daN/cm ²)	MISURE			PRESSIONE (daN/cm ²)	SPOSTAMENTI RELATIVI		
	1	2	3		1	2	3
ZPT	2023	2221	2508				
ZDT	1944	2140	2436	0	-79	-81	-72
1	1955	2153	2445	1	-68	-68	-63
2	1965	2161	2457	2	-58	-60	-51
3	1979	2173	2467	3	-44	-48	-41
4	1997	2190	2483	4	-26	-31	-25
5	2006	2202	2492	5	-17	-19	-16
6	2026	2226	2514	6	3	5	6
7	2041	2243	2534	7	18	22	26

TABELLA 3.4

Valori della pressione nel martinetto piatto e della **Tensione Reale** in corrispondenza del corpo murario interessato dalla prova **MPS-2**. La **Tensione Reale** è calcolata sulla base dell’elaborazione dei dati sperimentali e delle ipotesi formulate nel paragrafo 3.1.

PROVA	MPS-2		
MISURA	1	2	3
PRESSIONE (daN/cm ²)	5,90	5,85	5,61
PRESSIONE MEDIA (daN/cm ²)	5,79		
β	0,869		
TENSIONE REALE (daN/cm ²)	5,03		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 12 di 39

DIAGRAMMA 3.4: PROVA "MPS-2" - MISURA 1

Pressione Martinetto-Deform. Muratura

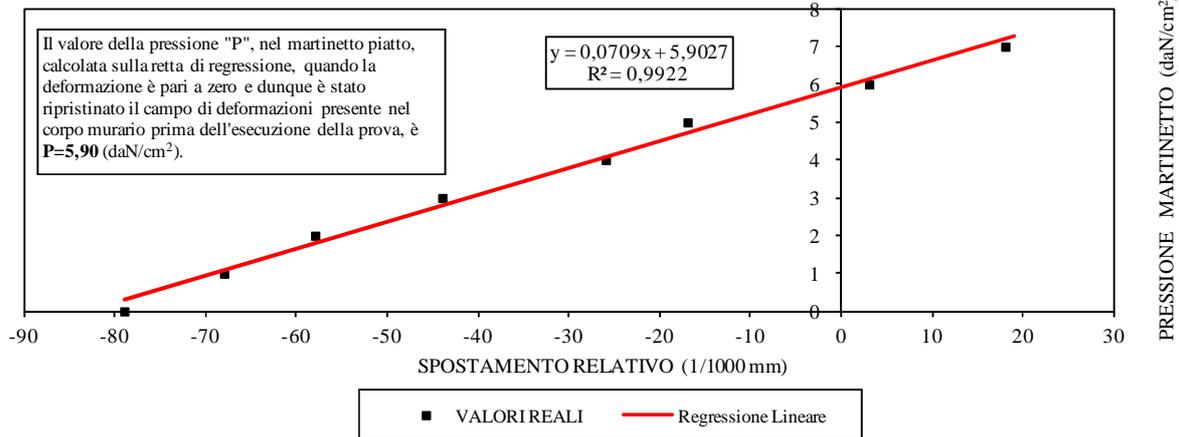


DIAGRAMMA 3.5: PROVA "MPS-2" - MISURA 2

Pressione Martinetto-Deform. Muratura

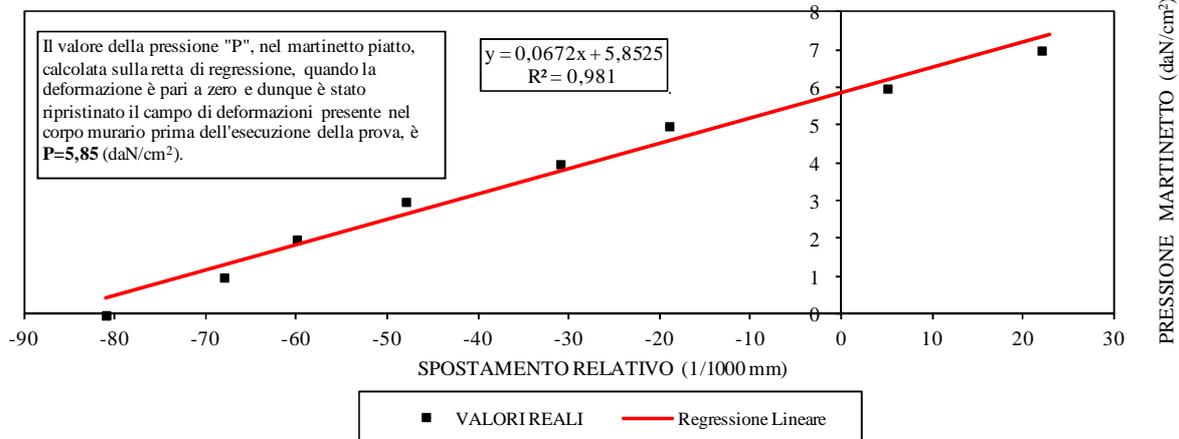
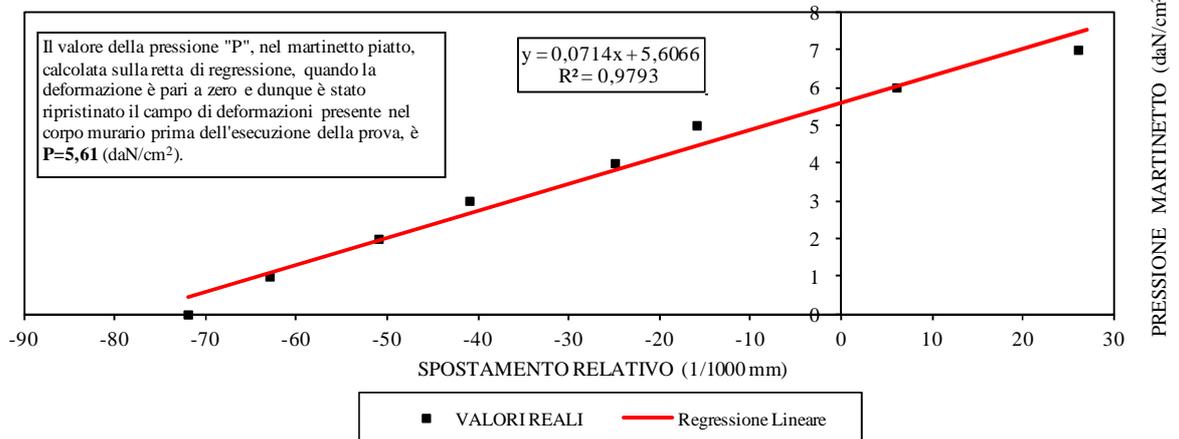


DIAGRAMMA 3.6: PROVA "MPS-2" - MISURA 3

Pressione Martinetto-Deform. Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 13 di 39

TABELLA 3.5

Prova con Martinetto Piatto Singolo MPS-3 (cfr. fig. 3.1)

Con “ZPT” si intende la distanza tra i capisaldi, prima del taglio; con “ZDT” si intende la distanza tra i capisaldi, misurata dopo la realizzazione del taglio. La differenza ZPT-ZDT rappresenta il campo di spostamenti perturbato.

Misure (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"				Valori degli spostamenti relativi (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"			
PRESSIONE (daN/cm ²)	MISURE			PRESSIONE (daN/cm ²)	SPOSTAMENTI RELATIVI		
	1	2	3		1	2	3
ZPT	2344	2428	2824				
ZDT	2301	2381	2780	0	-43	-47	-44
1	2309	2392	2791	1	-35	-36	-33
2	2315	2400	2796	2	-29	-28	-28
3	2322	2406	2803	3	-22	-22	-21
4	2327	2414	2808	4	-17	-14	-16
5	2332	2418	2814	5	-12	-10	-10
6	2336	2423	2820	6	-8	-5	-4
7	2343	2435	2827	7	-1	7	3
8	2347	2440	2832	8	3	12	8
9	2351	2444	2837	9	7	16	13
10	2356	2449	2842	10	12	21	18

TABELLA 3.6

Valori della pressione nel martinetto piatto e della **Tensione Reale** in corrispondenza del corpo murario interessato dalla prova **MPS-3**. La **Tensione Reale** è calcolata sulla base dell’elaborazione dei dati sperimentali e delle ipotesi formulate nel paragrafo 3.1.

PROVA	MPS-3		
MISURA	1	2	3
PRESSIONE (daN/cm ²)	7,44	6,43	6,71
PRESSIONE MEDIA (daN/cm ²)	6,86		
β	0,869		
TENSIONE REALE (daN/cm ²)	5,96		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 14 di 39

DIAGRAMMA 3.7: PROVA "MPS-3" - MISURA 1
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

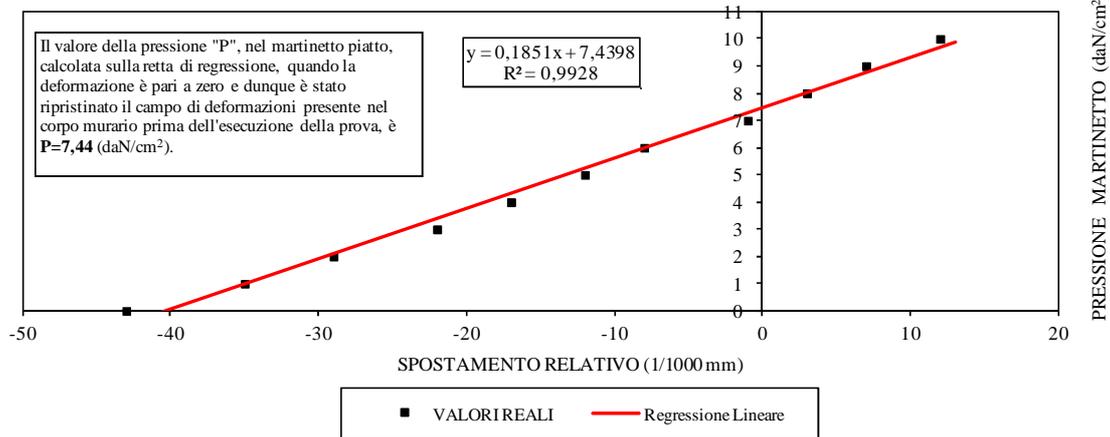


DIAGRAMMA 3.8: PROVA "MPS-3" - MISURA 2
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

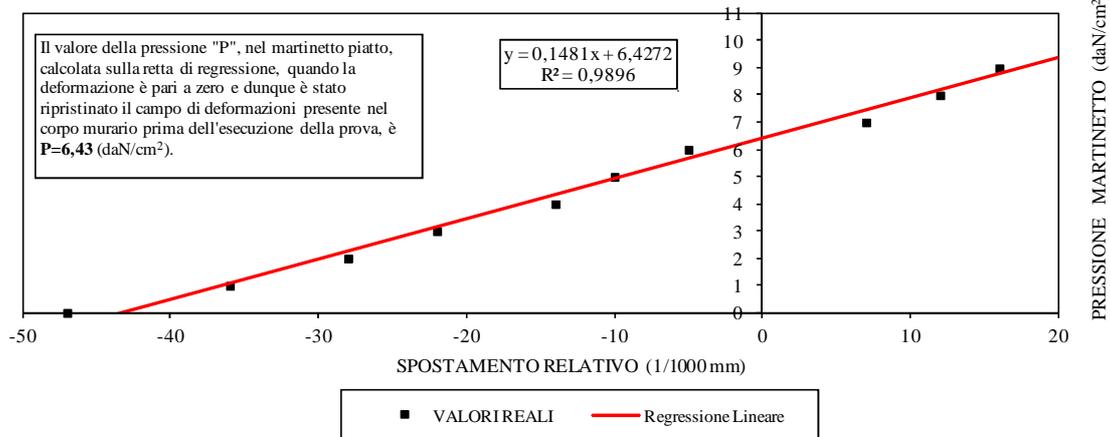
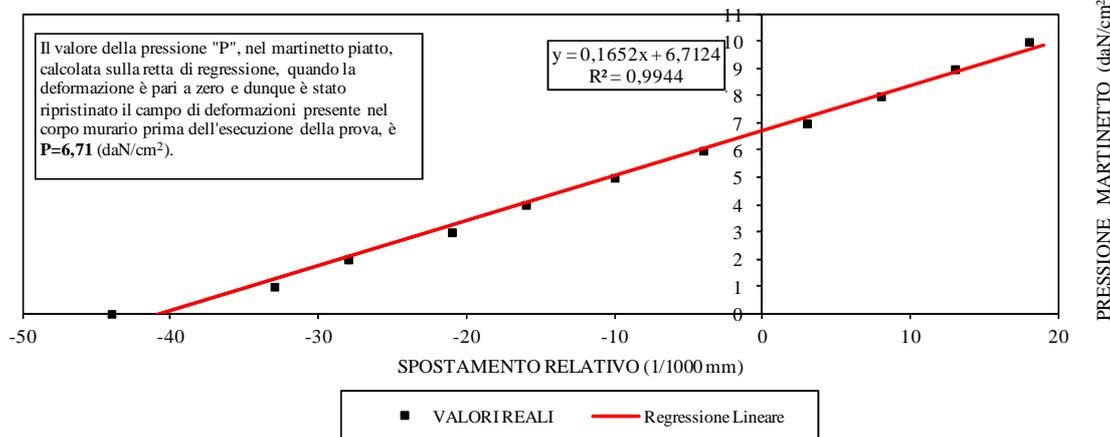


DIAGRAMMA 3.9: PROVA "MPS-3" - MISURA 3
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 15 di 39

TABELLA 3.7

Prova con Martinetto Piatto Singolo MPS-4 (cfr. fig. 3.1)

Con “ZPT” si intende la distanza tra i capisaldi, prima del taglio; con “ZDT” si intende la distanza tra i capisaldi, misurata dopo la realizzazione del taglio. La differenza ZPT-ZDT rappresenta il campo di spostamenti perturbato.

Misure (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"				Valori degli spostamenti relativi (1/1000 mm) rilevate tra i "capisaldi"			
PRESSIONE (daN/cm ²)	MISURE			PRESSIONE (daN/cm ²)	SPOSTAMENTI RELATIVI		
	1	2	3		1	2	3
ZPT	2343	2296	2363				
ZDT	2296	2235	2308	0	-47	-61	-55
1	2302	2242	2313	1	-41	-54	-50
2	2308	2250	2321	2	-35	-46	-42
3	2313	2258	2329	3	-30	-38	-34
4	2317	2268	2339	4	-26	-28	-24
5	2325	2278	2346	5	-18	-18	-17
6	2332	2288	2352	6	-11	-8	-11
7	2339	2296	2362	7	-4	0	-1
8	2348	2305	2370	8	5	9	7
9	2356	2316	2378	9	13	20	15
10	2365	2324	2383	10	22	28	20

TABELLA 3.8

Valori della pressione nel martinetto piatto e della **Tensione Reale** in corrispondenza del corpo murario interessato dalla prova **MPS-4**. La **Tensione Reale** è calcolata sulla base dell’elaborazione dei dati sperimentali e delle ipotesi formulate nel paragrafo 3.1.

PROVA	MPS-4		
MISURA	1	2	3
PRESSIONE (daN/cm ²)	7,28	6,95	7,22
PRESSIONE MEDIA (daN/cm ²)	7,15		
β	0,849		
TENSIONE REALE (daN/cm ²)	6,07		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 16 di 39

DIAGRAMMA 3.10: PROVA "MPS-4" - MISURA 1
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

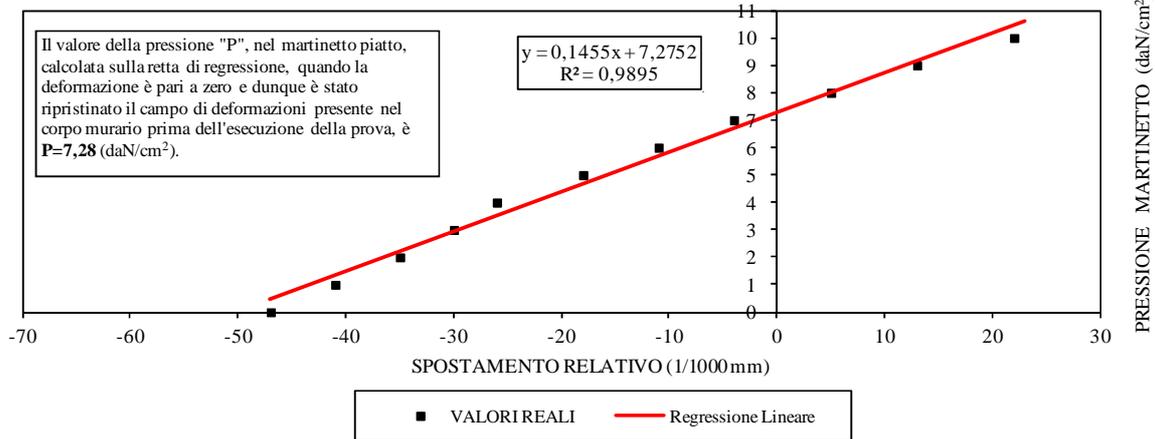


DIAGRAMMA 3.11: PROVA "MPS-4" - MISURA 2
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura

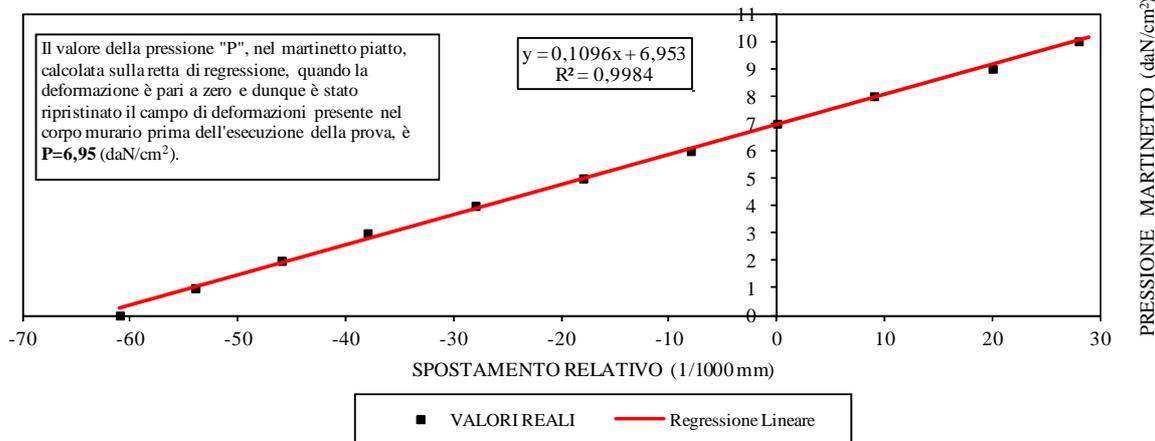
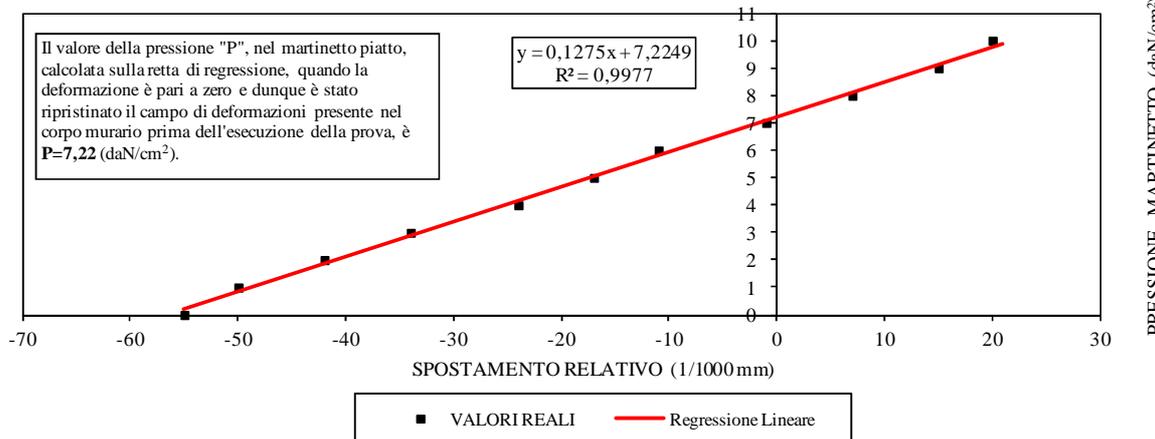


DIAGRAMMA 3.12: PROVA "MPS-4" - MISURA 3
 Pressione Martinetto-Deform. Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 17 di 39

4 - VALUTAZIONE DEL MODULO ELASTICO DI CORPI MURARI MEDIANTE IMPIEGO DEL MARTINETTO PIATTO DOPPIO (MPD)

4.1 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE

La prova si fonda sulla misura degli spostamenti relativi tra “coppie di capisaldi”, in funzione di uno stato di tensione generato mediante una coppia di martinetti piatti collocati all’interno di due tagli paralleli posti ad un interasse di circa 50 cm. I “capisaldi” sono posizionati nella porzione di muratura delimitata dai tagli eseguiti nei corsi di malta (cfr. fig. 4.1 e foto 6 e 7). I valori degli spostamenti relativi tra i “capisaldi” sono misurati mediante un comparatore millesimale; la distanza nominale tra due “capisaldi” di una stessa base di misura è di 200 mm.

Nella fig. 4.1 è mostrato lo schema delle misure adottato nella prova, il quale discende dal fatto che nella porzione di muratura in cui vengono eseguite le misure di spostamento relativo, i carichi possono ritenersi verticali ed uniformemente distribuiti. Le principali fasi della prova sono di seguito descritte:

1. incollaggio dei “capisaldi” sulla muratura secondo lo schema riportato nella fig. 4.1;
2. lettura, con il comparatore millesimale, dei valori delle misure indicate nella fig. 4.1;
3. esecuzione dei due tagli nei corsi di malta prescelti;
4. lettura dei valori delle misure che avranno subito una variazione per effetto dei tagli nei corsi di malta;
5. inserimento dei martinetti piatti nei due tagli;
6. esecuzione di un prestabilito ciclo di carico.

Il ciclo di carico è ottenuto mandando in pressione contemporaneamente i due martinetti piatti ed eseguendo le misure di deformazione in corrispondenza di determinati valori della pressione nei martinetti stessi, che viene aumentata progressivamente. La prova sopra descritta e la successiva interpretazione dei risultati, sono stati eseguiti ipotizzando quanto segue:

- la muratura è considerata elastica ed ortotropa;
- la sollecitazione (tensione) si riferisce al carico principale, nella direzione ortogonale al taglio piano realizzato nella muratura stessa;

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 18 di 39

- il tempo, durante l'esecuzione della prova, non influenza in modo significativo le misure;
- per ottenere il valore del modulo elastico reale E_{reale} della muratura sottoposta a prova, viene moltiplicato il valore di E_{med} (cfr. tabelle 4.2 e 4.4) per un coefficiente sperimentale “ β ”, attraverso il quale si mette in conto la reale superficie di contatto tra martinetti e muratura (la distribuzione del carico non è perfettamente uniforme), la superficie dei tagli nella muratura, gli effetti dello spostamento relativo trasversale (il concio murario interessato dalla prova non è “isolato”, ma confinato all'interno del corpo murario), nonché la taratura dei martinetti stessi.

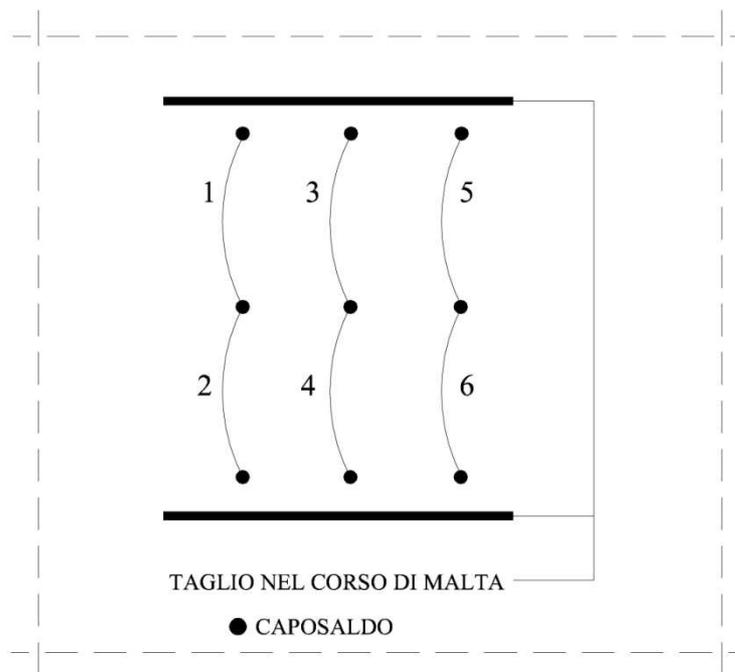


FIG. 4.1 Prova con martinetto piatto doppio

Schema delle misure di spostamento relativo nn. 1-2-3-4-5-6, eseguite tra i capisaldi mediante un comparatore meccanico con sensibilità nominale pari a 0,001 mm

4.2 – PROVE MPD: RISULTATI

Nelle pile del ponte in muratura, indicate nella tav. 1, sono state eseguite le prove con martinetti piatti doppi per valutare il modulo elastico dei corpi murari. I martinetti piatti utilizzati hanno dimensioni nominali 25 x 40 cm. Nelle foto 6 e 7 sono visibili le prove eseguite.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 19 di 39

Nelle tabelle 4.1 e 4.3 sono elencati i valori delle deformazioni “ $\mu\epsilon$ ”, utilizzati per la costruzione dei diagrammi nn. 4.1÷4.6, nonché i valori della pressione presenti nella muratura (cfr. punto 1 seguente). Gli spostamenti relativi sono stati calcolati sulla somma delle basi di misura 1+2, 3+4, 5+6 allo scopo di ottenere una base di misura nominale maggiore. Nei diagrammi nn. 4.1÷4.6 è mostrato il legame sforzi-deformazioni, rilevato nelle porzioni di muratura interessate dalle prove, in corrispondenza delle misure sopra indicate. Nei diagrammi sono presenti:

1. sull’asse delle ordinate il valore della pressione presente all’interno dei martinetti piatti;
2. sull’asse delle ascisse i valori delle deformazioni “ $\mu\epsilon$ ”;
3. i valori reali di “ $\mu\epsilon$ ” (cfr. tabelle 4.1 e 4.3) misurati tra i capisaldi in corrispondenza delle varie pressioni;
4. la retta di regressione lineare dei valori reali di “ $\mu\epsilon$ ”, a tratto continuo, con l'equazione della stessa ed il coefficiente di correlazione (R^2);
5. il valore del modulo elastico E, calcolato sulla retta di regressione lineare.

Nelle tabelle 4.2 e 4.4 sono riportati i valori medi dei moduli elastici E_{med} , i valori di β e del modulo elastico reale E_{reale} , ottenuto moltiplicando il valore di E_{med} per β .



FOTO 6 – Prova MPD-1



FOTO 7 – Prova MPD-2

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 20 di 39

TABELLA 4.1

Prova con martinetto piatto doppio **MPD-1** (cfr. tav. 1)
(I valori di “ $\mu\epsilon$ ” sono quelli utilizzati per costruire i diagrammi nn. 4.1÷4.3)

PROVA MPD-1			
PRESSIONE	Valori di “$\mu\epsilon$” rilevati tra i "capi-saldi"		
(daN/cm²)	1+2	3+4	5+6
0	0	0	0
1	25	35	60
2	73	73	100
3	120	130	145
4	173	160	175
5	220	198	222
6	255	233	265
7	295	268	312
8	323	308	350
9	355	353	397
10	400	398	442
11	433	441	467
12	498	483	505
13	538	526	547
14	580	578	577
15	618	608	619

TABELLA 4.2

Prova con martinetto piatto doppio MPD-1. Valori dei moduli elastici E₁₊₂, E₃₊₄, E₅₊₆, calcolati sulla retta di regressione lineare, rispettivamente per le misure 1+2, 3+4 e 5+6; valore di E_{med} (media dei tre valori E₁₊₂, E₃₊₄, E₅₊₆); valore del coeff. β ; valore di E_{reale} (E_{med} x β)

MPD-1			
MISURA	Mis. 1+2	Mis. 3+4	Mis. 5+6
	(E₁₊₂)	(E₃₊₄)	(E₅₊₆)
E (daN/cm²)	24.400	24.900	23.500
E_{med} (daN/cm²)	24.267		
β	0,859		
E_{reale} (daN/cm²)	20.845		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 21 di 39

DIAGRAMMA 4.1: PROVA "MPD1" - MISURE 1+2 (cfr. fig. 4.1)

Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura

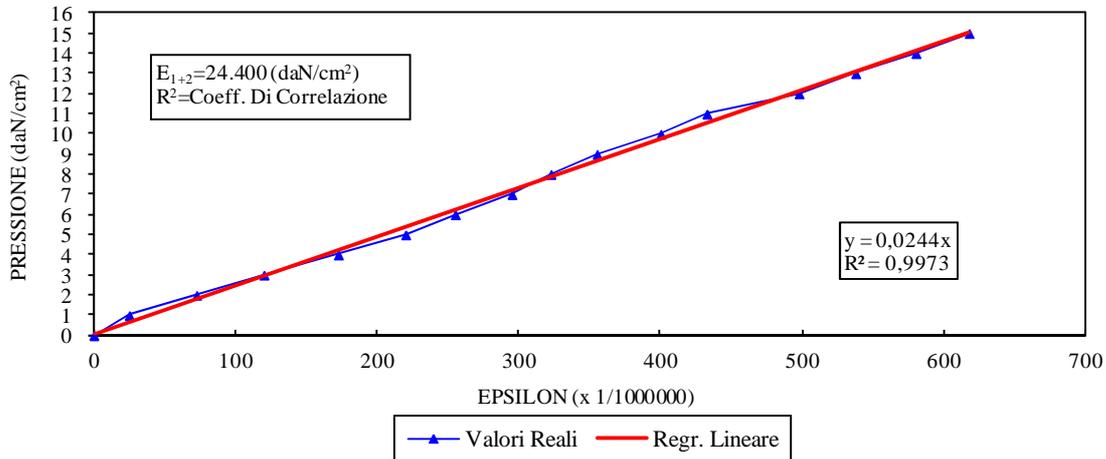


DIAGRAMMA 4.2: PROVA "MPD1" - MISURE 3+4 (cfr. fig. 4.1)

Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura

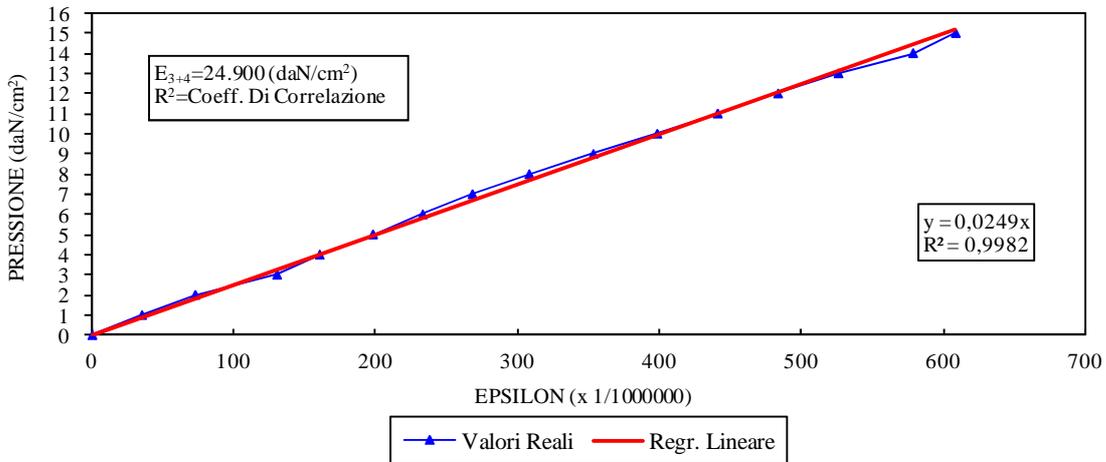
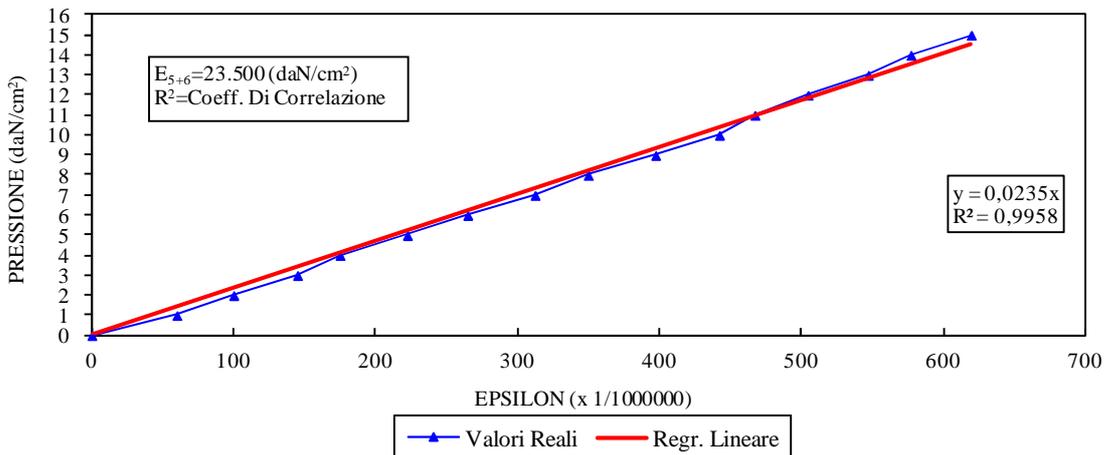


DIAGRAMMA 4.3: PROVA "MPD1" - MISURE 5+6 (cfr. fig. 4.1)

Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 22 di 39

TABELLA 4.3

Prova con martinetto piatto doppio **MPD-2** (cfr. tav. 1)
(I valori di “ $\mu\epsilon$ ” sono quelli utilizzati per costruire i diagrammi nn. 4.4÷4.6)

PROVA MPD-2			
PRESSIONE (daN/cm ²)	Valori di “ $\mu\epsilon$ ” rilevati tra i "capi-saldi"		
	1+2	3+4	5+6
0	0	0	0
1	23	35	22
2	45	68	52
3	73	95	72
4	98	123	97
5	125	153	127
6	160	185	147
7	185	213	175
8	215	240	197
9	240	275	227
10	263	310	250
11	283	333	285
12	305	348	315
13	330	370	335
14	358	403	367
15	388	430	400

TABELLA 4.4

Prova con martinetto piatto doppio MPD-1. Valori dei moduli elastici E₁₊₂, E₃₊₄, E₅₊₆, calcolati sulla retta di regressione lineare, rispettivamente per le misure 1+2, 3+4 e 5+6; valore di E_{med} (media dei tre valori E₁₊₂, E₃₊₄, E₅₊₆); valore del coeff. β ; valore di E_{reale} (E_{med} x β)

MPD-2			
MISURA	Mis. 1+2 (E ₁₊₂)	Mis. 3+4 (E ₃₊₄)	Mis. 5+6 (E ₅₊₆)
E (daN/cm ²)	38.700	33.900	38.700
E _{med} (daN/cm ²)	37.100		
β	0,859		
E _{reale} (daN/cm ²)	31.869		

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 23 di 39

DIAGRAMMA 4.4: PROVA "MPD2" - MISURE 1+2 (cfr. fig. 4.1)
 Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura

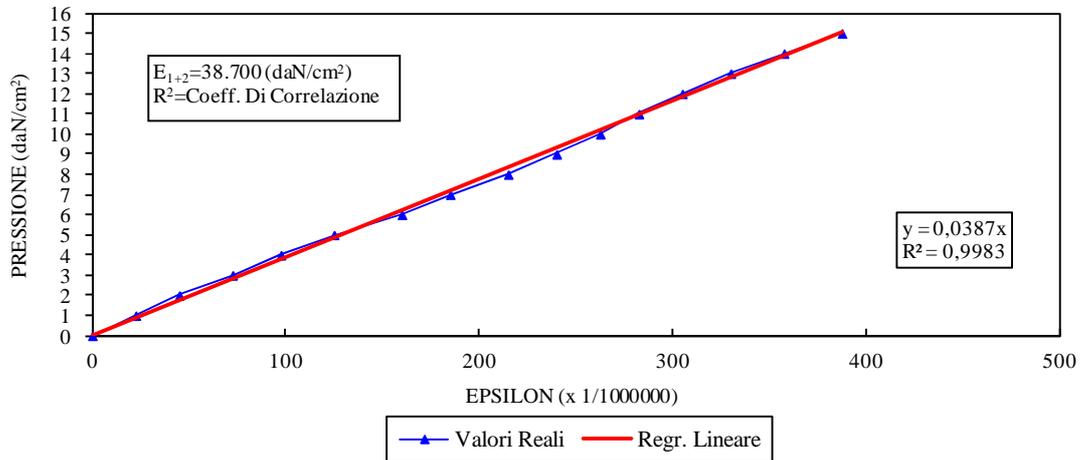


DIAGRAMMA 4.5: PROVA "MPD2" - MISURE 3+4 (cfr. fig. 4.1)
 Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura

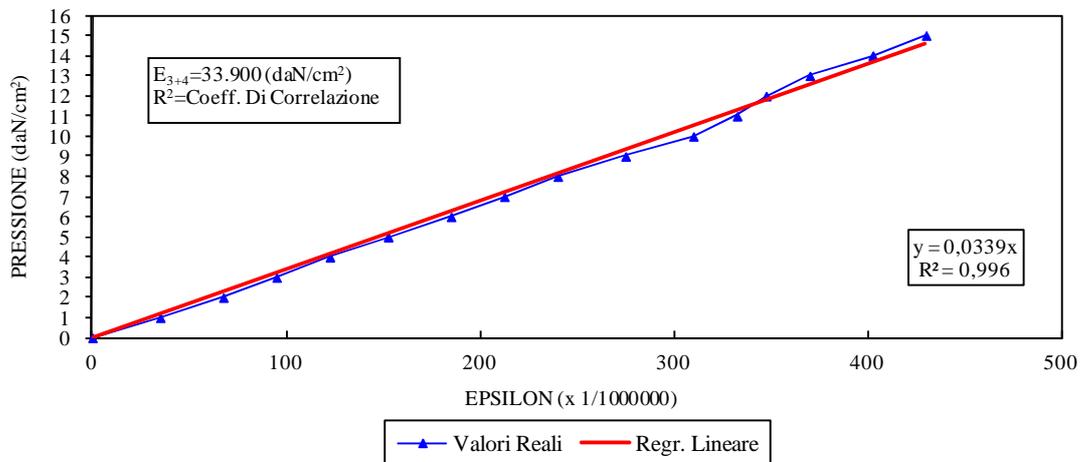
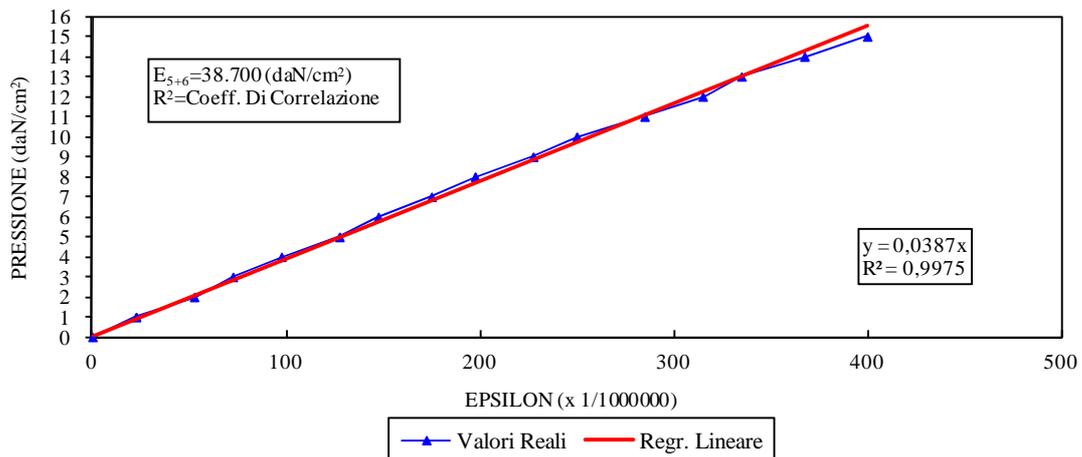


DIAGRAMMA 4.6: PROVA "MPD2" - MISURE 5+6 (cfr. fig. 4.1)
 Legame Pressione Martinetto-Deformazione Muratura



Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 24 di 39

5 – PROVE DI COMPRESSIONE SU CAMPIONI DI MURATURA

5.1 DESCRIZIONE DEI CAMPIONI (MURETTI)

La costruzione dei campioni di muratura sottoposti a prova di compressione centrata, di seguito chiamati “muretti”, è stata preceduta dall’analisi mineralogico-petrografica di un campione di malta “M1”, prelevato dal manufatto. In base ai risultati di questa analisi preliminare, riportata nel paragrafo 6, sono stati individuati i materiali da impiegare per la realizzazione dei muretti “ricostruiti”.

Per quanto riguarda la malta sono stati determinati il tipo legante (calce aerea con componenti idraulicizzanti), il tipo di aggregato (sabbia quarzosa e feldspatica) ed il rapporto legante/aggregato (pari a circa 1:3). In base a questi risultati è stata confezionata una miscela con una sabbia rinvenuta presso una cava sita nel Comune di Polverigi (AN), simile a quella originaria ed un grassello di carbonato di calcio, con un rapporto legante/aggregato pari a circa 1:3. L’ acqua è stata aggiunta in una quantità strettamente necessaria ad ottenere un impasto plastico.

I mattoni, in numero sufficiente alla costruzione di tre muretti aventi le dimensioni che sono riportate nella tabella n. 5.1, sono stati prelevati in situ.

Tipo	A (cm)	B (cm)	H (cm)	Peso (kN)	Densità (kN/m ³)
Muretto 1	29,5	29,5	58,0	0,861	17,06
Muretto 2	29,5	29,5	56,5	0,820	16,67
Muretto 3	29,5	29,7	58,0	0,876	17,23

Tabella 5.1 – Caratteristiche geometriche e fisiche dei muretti

L’altezza dei muretti è stata stabilita, per motivi logistici, in funzione delle dimensioni del vano di compressione della macchina di prova; di conseguenza il numero dei corsi di mattoni è stato posto uguale a 8. Una volta stabilite le dimensioni dei muretti ed individuati i materiali, si è proceduto alla costruzione di n. 3 muretti che, una volta maturati per oltre 28 giorni, sono stati sottoposti ad una prova di compressione centrata, con determinazione del legame costitutivo per forza assiale crescente monotonicamente.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 25 di 39

5.2 DESCRIZIONE DELLE PROVE DI COMPRESSIONE CENTRATA

Dopo avere livellato le due superfici di estremità con una malta ad alta resistenza, a base cementizia, i muretti sono stati inseriti tra i piatti di una pressa “Losehausen” con portata massima di 3000 kN e classe di precisione uguale a 1%. In funzione del carico applicato, misurato mediante un trasduttore di pressione di tipo estensimetrico, è stata misurata la deformazione del campione, impiegando una coppia di trasduttori di spostamento elettronici allocati su due facce opposte, posti in configurazione deformometrica, cioè in grado di misurare la variazione di lunghezza della base di misura costituita da due punti allineati, disposti lungo l’asse verticale del muretto di mattoni, circa a cavallo della sua sezione trasversale centrale. I trasduttori di spostamento, aventi entrambi corsa uguale a 10 mm, sono indicati con le sigle CH03 e CH04.

A causa dell’inevitabile eccentricità naturale dei provini, i valori della deformazione longitudinale sulle due facce opposte del muretto sono generalmente diversi, anche se si è cercato di compensare tale eccentricità posizionando opportunamente il muretto sulla pressa; pertanto la determinazione del modulo elastico normale, è stata condotta assumendo il valore medio delle due deformazioni.

I segnali elettrici provenienti dal trasduttore di pressione e dai due trasduttori di spostamento sono stati inviati ad una centralina di alimentazione/acquisizione e convertiti in unità tecniche: kN per la forza assiale applicata e mm per la variazione di lunghezza delle basi di misura.

Indicando con L_0 la lunghezza iniziale della base di misura e ΔL la variazione di tale lunghezza in funzione del carico applicato P , si calcola la deformazione $\epsilon = \Delta L / L_0$; se poi il carico agente P viene diviso per l’area della sezione compressa A , si ottiene il valore della pressione specifica $\sigma = P/A$. Il diagramma $\sigma - \epsilon$ rappresenta quindi il legame costitutivo del muretto. La lunghezza iniziale è stata assunta uguale a 314 mm per tutte le prove.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 26 di 39

5.3 - MURETTO 1

La prova sul muretto 1 è stata eseguita il giorno 8 giugno 2015. Nella figura 5.1 è mostrato il legame costitutivo che è stato possibile ottenere fino al momento dell'interruzione di funzionamento di uno dei due trasduttori di spostamento. Come si può bene osservare il diagramma è sostanzialmente costituito da due rami pressoché lineari (FASE I - provino integro e FASE II – provino fessurato) che permettono di calcolare due distinti valori del modulo di elasticità. La variazione di FASE avviene per effetto di una pressione σ_{fess} pari a circa **0,40 N/mm²**.

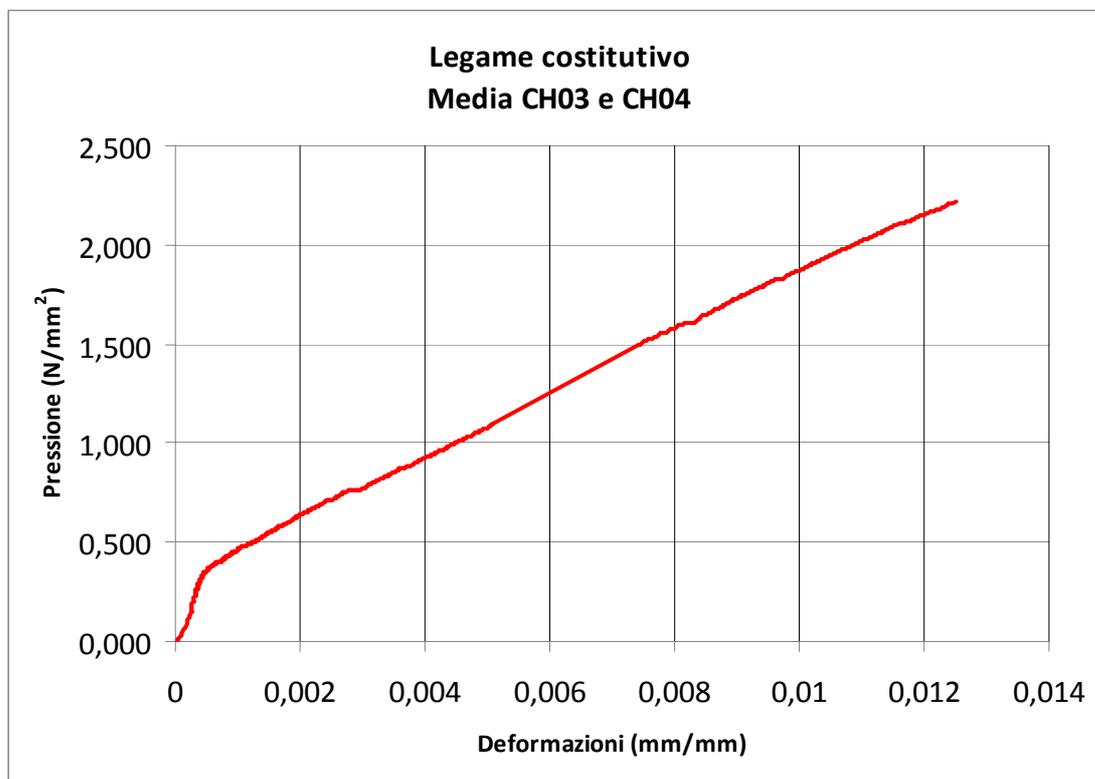


Figura n. 5.1 – Risultati della prova di compressione centrata sul Muretto 1

Nella tabella 5.2. sono riepilogati i risultati della prova:

- E_{FASE_I} = modulo elastico normale del ramo iniziale (provino integro);
- σ_{fess} = valore della pressione specifica in corrispondenza della variazione di FASE;
- E_{FASE_II} = modulo elastico normale del secondo ramo iniziale (provino fessurato);
- f_m = valore della pressione specifica in corrispondenza della rottura del provino.

La crisi del provino è avvenuta per rottura a trazione dei mattoni.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 27 di 39

Provino	$E_{FASE\ I}$ (N/mm ²)	σ_{fess} (N/mm ²)	$E_{FASE\ II}$ (N/mm ²)	f_m (N/mm ²)
Muretto 1	1183	0,40	155	7,32
Tabella 5.2 – Riepilogo dei risultati per il Muretto 1				



FOTO 8 – Trasduttore CH4



FOTO 9 – Muretto 1 inserito nel telaio di prova

<p>Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)</p>	<p>Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)</p>
<p>Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015</p>	<p>Pag. 28 di 39</p>



FOTO 10 – Centralina di alimentazione/acquisizione dati



FOTO 11 – Muretto 1 Fase di incipiente rottura



FOTO 12 – Muretto 1 Fase di incipiente rottura

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 29 di 39

5.4 - MURETTO 2

La prova sul Muretto 2 è stata eseguita il giorno 9 giugno 2015. Nella figura 5.2 è mostrato il legame costitutivo che è stato possibile ottenere fino al momento della rimozione dei due trasduttori di spostamento. Come si può bene osservare, anche in questo caso, il diagramma è sostanzialmente costituito da due rami pressoché lineari (FASE I - provino integro e FASE II – provino fessurato) che permettono di calcolare due distinti valori del modulo di elasticità. La variazione di FASE avviene per effetto di una pressione σ_{fess} pari a circa **1,00 N/mm²**.

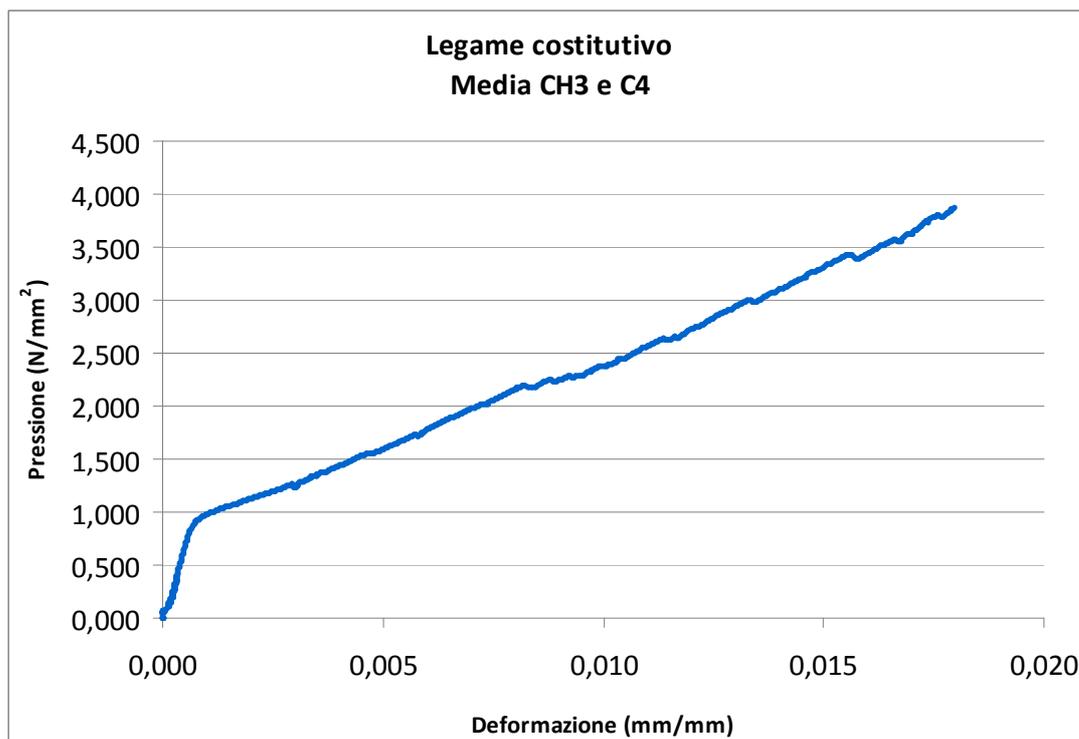


Figura 5.2 – Risultati della prova di compressione centrata sul Muretto 2

Nella tabella 5.3 sono riepilogati i risultati della prova:

- E_{FASE_I} = modulo elastico normale del ramo iniziale (provino integro);
- σ_{fess} = valore della pressione specifica in corrispondenza della variazione di FASE;
- E_{FASE_II} = modulo elastico normale del secondo ramo iniziale (provino fessurato);
- f_m = valore della pressione specifica in corrispondenza della rottura del provino.

La crisi del provino è avvenuta per rottura a trazione dei mattoni.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 30 di 39

Provino	$E_{FASE\ I}$ (N/mm ²)	σ_{fess} (N/mm ²)	$E_{FASE\ II}$ (N/mm ²)	f_m (N/mm ²)
Muretto 2	1533	1,00	169	5,48
Tabella 5.3 – Riepilogo dei risultati per il Muretto 2				



FOTO 13 – Muretto 2 Trasduttore CH4



FOTO 14 – Muretto 2 Fase di incipiente rottura

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 31 di 39

5.5 - MURETTO 3

La prova sul Muretto 3 è stata eseguita il giorno 9 giugno 2015. Nella figura 5.3 è mostrato il legame costitutivo che è stato possibile ottenere fino al momento della rimozione dei due trasduttori di spostamento. Anche in quest’ultimo caso, il diagramma è sostanzialmente costituito da due rami pressoché lineari (FASE I - provino integro e FASE II – provino fessurato) che permettono di calcolare due distinti valori del modulo di elasticità. La variazione di FASE avviene per effetto di una pressione σ_{fess} pari a circa **0,80 N/mm²**.

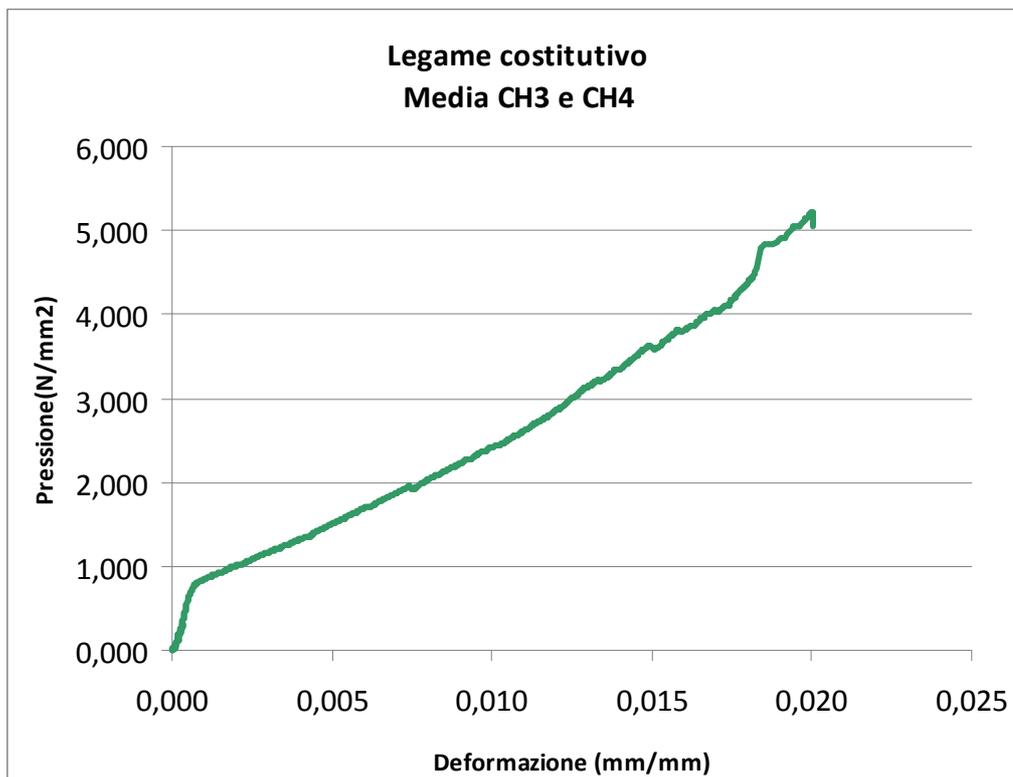


Figura 5.3 – Risultati della prova di compressione centrata sul Muretto 3

Nella tabella 5.4 sono riepilogati i risultati della prova:

- E_{FASE_I} = modulo elastico normale del ramo iniziale (provino integro);
- σ_{fess} = valore della pressione specifica in corrispondenza della variazione di FASE;
- E_{FASE_II} = modulo elastico normale del secondo ramo iniziale (provino fessurato);
- f_m = valore della pressione specifica in corrispondenza della rottura del provino.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 32 di 39

La crisi del provino è avvenuta per rottura a trazione dei mattoni.

Provino	$E_{FASE\ I}$ (N/mm ²)	σ_{fess} (N/mm ²)	$E_{FASE\ II}$ (N/mm ²)	f_m (N/mm ²)
Muretto 3	1418	0,80	204	6,66

Tabella 5.4 – Riepilogo dei risultati per il Muretto 3



FOTO 15 – Muretto 3 Trasduttore CH4



FOTO 16 – Muretto 3 Fase di incipiente rottura

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 33 di 39

5.6 – CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalle prove di compressione centrata sui 3 muretti evidenziano che:

1. pur essendo stati costruiti con gli stessi elementi (mattoni prelevati in situ e malta “ricostruita” sulla base dei risultati dell’analisi mineralogica-petrografica) i parametri comportamentali sono piuttosto dispersi anche se la forma dei legami costitutivi è sostanzialmente omotetica;
2. il valore medio della resistenza a rottura è uguale a **6,49** N/mm²;
3. il valore medio del modulo elastico tangente all’origine (**E_{FASE_I}**) è uguale a **1378** N/mm²;
4. il valore medio del modulo elastico fessurato (**E_{FASE_II}**) è uguale a **176** N/mm²;
5. il valore medio della pressione specifica σ_{fess} in corrispondenza della variazione di stato da FASE I a FASE II è uguale a 0,73 N/mm².

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 34 di 39

6 - ANALISI SU UN CAMPIONE DI MALTA

6.1 - METODOLOGIE ADOTTATE

L'analisi microscopica su sezione sottile ha lo scopo di classificare gli aggregati e il legante, di valutare il rapporto inerte/legante, di effettuare determinazioni a carattere morfologico e tessiturale. Il campione è assottigliato, mediante abrasione, con appositi utensili, fino ad ottenere uno spessore standard pari a circa 30 μm (sezione sottile), osservabile con un microscopio ottico a luce polarizzata. L'analisi microscopica è corredata da documentazione fotografica.

L'indagine ottica e l'interpretazione dei risultati sono condotte secondo le seguenti norme e leggi di riferimento:

- UNI 11089:2003 01/11/2003 Beni culturali (Malte storiche e da restauro - Stima della composizione di alcune tipologie di malte);
- UNI EN 932-3 (Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata);
- D.M. 14/01/2008.

L'analisi è stata eseguita su n.1 campione di malta siglato "M1", prelevato nella pila 6, nella porzione di muratura indicata nella tav. 1.

I risultati sono illustrati di seguito.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 35 di 39

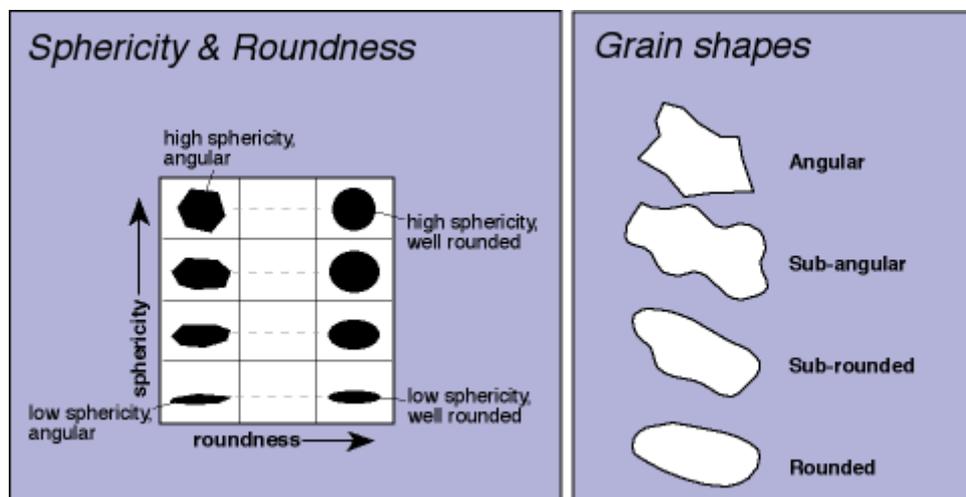
6.2 – RISULTATI DELLE ANALISI SUL CAMPIONE “M1”

Analisi macroscopica del campione di malta “M1”



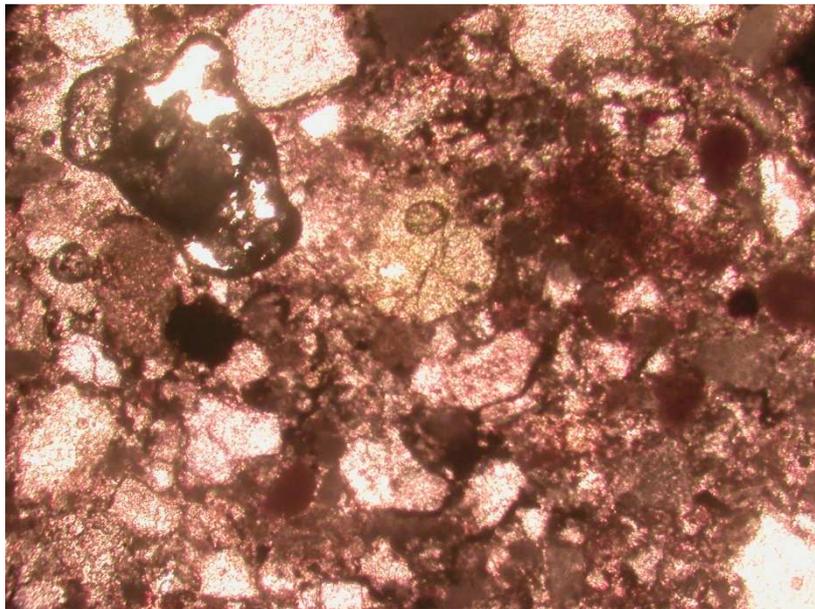
Colore d'insieme	Malta dal colore beige-marrone.
Qualità della malta	La malta presenta scarsa tenacità e durezza.

DIAGRAMMA AGGREGATO (INERTE)

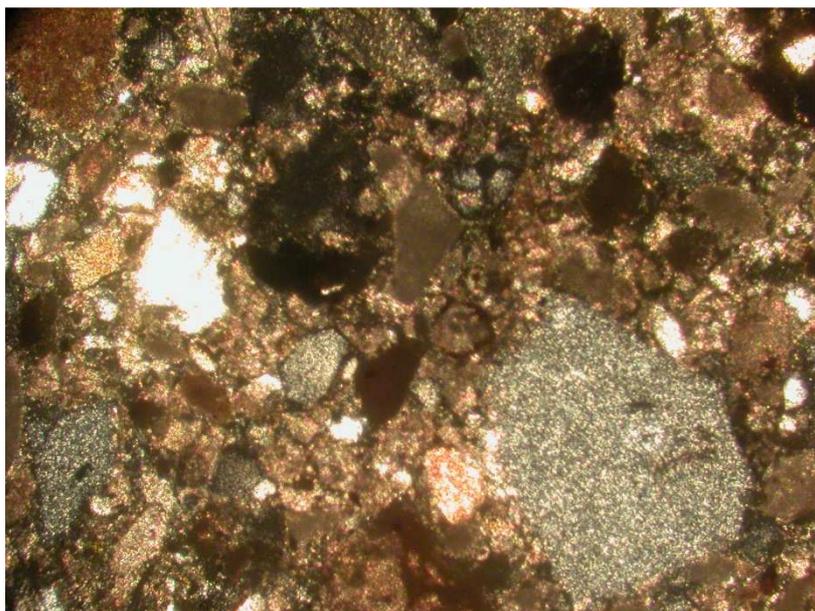


Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 36 di 39

CARATTERIZZAZIONE MINERALOGICO-PETROGRAFICA E GRANULOMETRICA CAMPIONE M1”



Microfotografia α Sezione Nicol //



Microfotografia β Sezione Nicol +

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 37 di 39

Natura del legante	Malta realizzata con un legante di calce aerea con componenti idraulicizzanti dall'aspetto abbastanza omogeneo (microfotografie α e β). Tessitura da micritica a microspartica, composta da cristalli di calcite microcristallina con dimensioni $< 10 \mu\text{m}$.
Natura dell'aggregato ed Osservazioni granulometriche	L'aggregato è costituito da granuli di quarzo microcristallino (sabbia quarzosa a grana fine, arrotondamento angoloso - sub angoloso), feldspati, pirosseni, ossidi associati a frammenti carbonatici micritici fossiliferi (litoclasti costituiti da ooidi e bioclasti) cementati da calcite spatica " <i>sparite</i> " (microfotografia α) di forma arrotondata che talvolta presentano bordi di reazione con il legante. Secondariamente sono presenti frammenti di selce (calcedonio) (microfoto β). Le proprietà dell'aggregato riscontrabili nelle due microfotografie α e β , sono riassumibili in: a) Granuli di frammenti di roccia policristallini, di forma angolosa, di natura carbonatica; b) Granuli di quarzo monocristallini; c) Granuli aggregati di forma arrotondata la cui natura è prevalentemente carbonatica (calcarei selciferi, scaglia rossa, etc.) e di natura extraformazionale (<i>litoclasti</i>).
Sfericità e arrotondamento dell'aggregato	Forma: 1. angoloso con granulometria medio-bassa; 2. sub angoloso con granulometria media
Porosità	Nell'ordine del 10÷15 % sul totale del volume
Rapporto legante/aggregato	Circa 1:3

Tipo di malta	Categoria	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
Idraulica	M 2,5	-	-	1	3	-
Pozzolonica	M 2,5	-	1	-	-	3
Bastarda	M 2,5	1	-	2	9	-
Bastarda	M 5	1	-	1	5	-
Cementizia	M 8	2	-	1	8	-
Cementizia	M 12	1	-	-	3	-

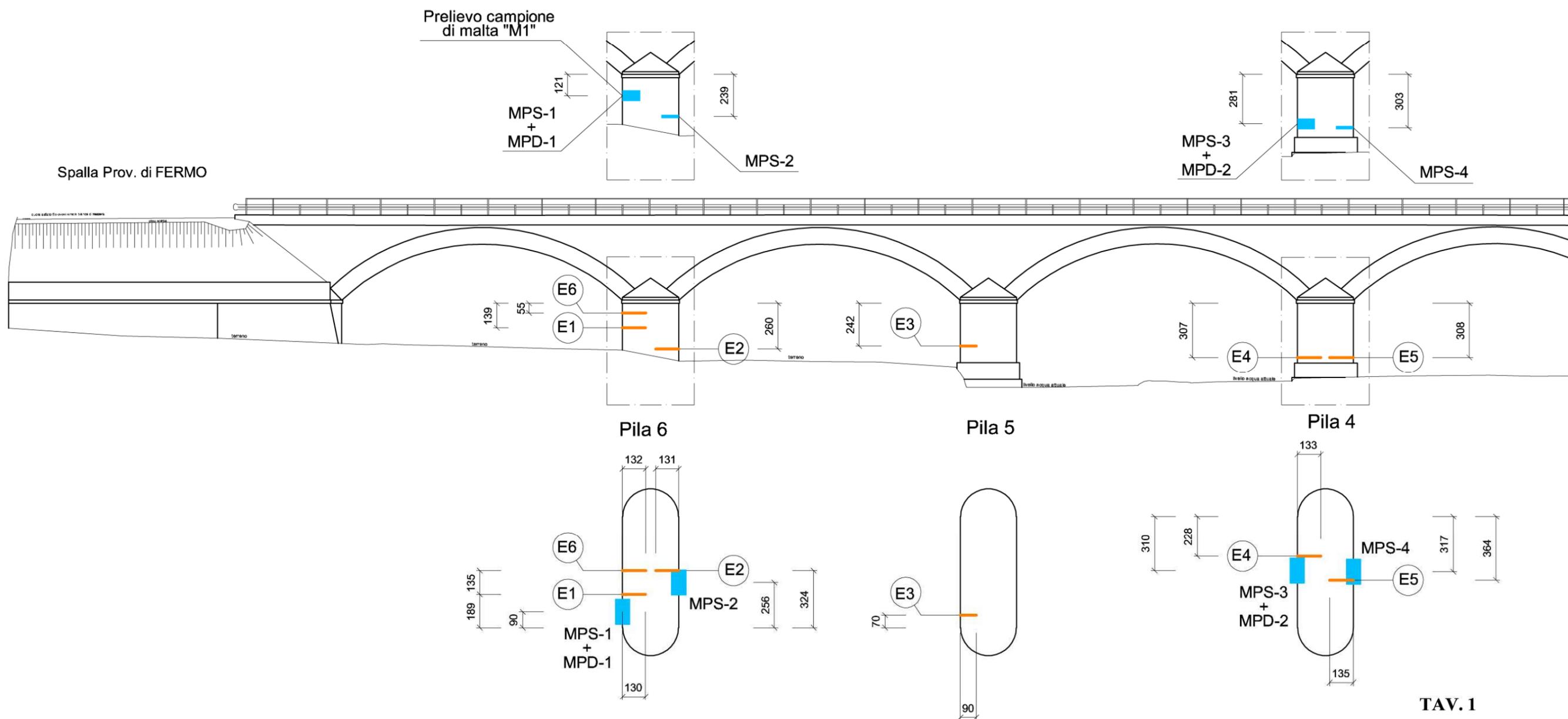
Tabella 6.1 - Categorie di malte a composizione prescritta

Il D.M. 14/01/2008 individua la categoria di una malta a composizione prescritta, con una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza media a compressione f_m , espressa in N/mm², (cfr. tab. 6.1). Supponendo di utilizzare i risultati sopra riportati, inserendoli nella tabella 6.1, la malta del campione "M1" può essere assimilata alla categoria M 2,5.

Lavoro: Ponte in muratura sul Fiume Aso sito in località Rubbianello MONTERUBBIANO (FM)	Committente: Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, Servizio Viabilità – Progettazione Stradale via della Repubblica, 34 – Ascoli Piceno (AP)
Rapporto di Prova n. MS-24/15 del 12 giugno 2015	Pag. 38 di 39

ALLEGATO A (Piante)

- E — Endoscopia corpo murario
- MPS Martinetto Piatto Singolo
- MPD Martinetto Piatto Doppio
- Profondità di esecuzione del foro



TAV. 1

Ponte in muratura sul Fiume Aso
sito in località Rubbianello
MONTERUBBIANO (FM)

Ubicazione delle indagini e
prove sulle pile del ponte.