



**SPETT.LE
IMPRESA FRACCAROLI
LEONELLO & FIGLI SNC
C. A. GEOM. FRACCAROLI PAOLO
VIA COZZI, 65
37125 VERONA**

DATA: 14 FEBBRAIO 2007

SEZIONE CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

RELAZIONE TECNICA EDI 45/07

CAMPANILE DI S. FLORIANO

***LOCALITA' S. FLORIANO
S. PIETRO IN CARIANO
- VERONA -***

***Martinetti Piatti sui paramenti
Murati del Campanile della Pieve***

S. Floriano (Verona), 12 e 13 Febbraio 2007

DOC.	N° COMMESSA	DATA	RESP. CANTIERE
EDI	45/07	14.02.07	Geom. Colitto Christian

DATA	REDATTO	APPROVATO (direttore tecnico)	PROTOCOLLO	SOMMARIO
14.02.07	Colitto Christian	Maselli A.	45/07	ALLEGATO 1: <i>Relazione tecnica</i> ALLEGATO 2: <i>Schede Martinetti</i> ALLEGATO 3: <i>Documentazione fotografica</i> ALLEGATO 4: <i>Ubicazione indagini</i>

1. Premessa

Su incarico dell'Impresa Fraccaroli e sotto la Direzione Lavori dello Studio del Professor Modena, la scrivente Tecno Futur Service S.r.l. di Bomporto (Modena), ha effettuato, presso il Campanile della Pieve di San Floriano in località San Floriano (Vr), n° quattro indagini con Martinetti Piatti di cui tre per le verifiche degli stati tensionali (MS.1, MS.2 al piano terra del prospetto esterno e MS.3 al piano terra del prospetto interno) ed uno per la verifica delle caratteristiche meccanico – elastiche di una sezione muraria interna del piano terra (MD.3).

A tale scopo, sono stati utilizzati due differenti tipi di Martinetti Piatti:

- martinetti semicircolari 34 x 12 cm. per le prove MS.1 e MS.2 (*foto 1 allegata*);
- martinetti semiovali 35 x 26 cm. per le prove MS.3 e MD.3 (*foto 2 allegata*).

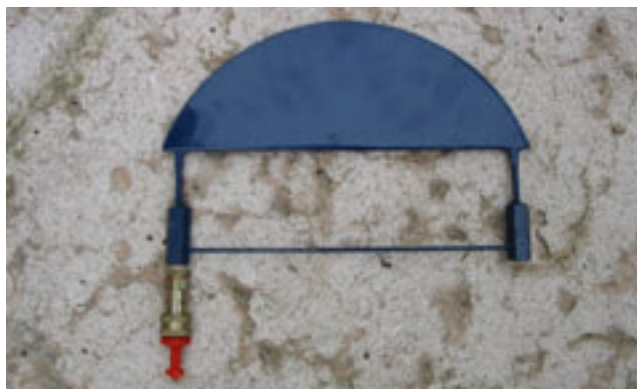


Foto 1. martinetto semicircolare (34 x 12 cm.)



Foto 2. martinetto semiovale (35 x 26 cm.)

2. Finalità e metodologia di prova

Trattasi di prove in situ che hanno come scopo la valutazione delle caratteristiche tensionali e meccaniche della muratura nel punto di applicazione degli strumenti; questi consistono essenzialmente in speciali martinetti piatti inseriti in tagli nella muratura con la funzione di fornire il carico alla struttura, mentre allo stesso tempo se ne misurano le deformazioni.

L'ubicazione dei punti di prova è stata programmata dalla D.L. Professor Modena ed è riportata planimetricamente nell'allegato 4.

3. Martinetti piatti semplici (Misura della tensione d'esercizio)

Il valore è ricavabile tramite una prova basata sulla deformazione generata nella superficie muraria per effetto di un taglio eseguito in direzione ortogonale alla superficie.

Il taglio determina una perturbazione dell'equilibrio nel punto con l'annullamento delle tensioni presenti che si manifesta generalmente con un movimento di chiusura del taglio.

Queste deformazioni sono registrate tramite un comparatore millesimale di tipo rimovibile che rileva le variazioni di distanza di tre basi di misura poste a cavallo del taglio. Le misure di convergenza sono eseguite con l'incollaggio sulla superficie della muratura di piastrine metalliche di diametro 5 mm. (*foto 3 allegata*). La tensione d'esercizio viene a questo punto ristabilita con l'inserimento di uno speciale martinetto piatto all'interno del taglio e la pressione, misurata da un manometro collegato (*foto 4 allegata*), viene gradualmente aumentata fino ad annullare la convergenza in precedenza misurata. In queste condizioni di ripristino la pressione all'interno del martinetto è pari alla sollecitazione preesistente nella muratura a meno di una costante che tiene conto del rapporto tra l'area del martinetto di carico e quella del taglio.

Il valore di tensione (σ) nel punto di prova è dato dalla relazione:

$$\sigma = k_m * k_a * P \quad k = k_m * k_a \quad \text{dove}$$

k_m è una costante che tiene conto della rigidezza globale del martinetto data, delle caratteristiche geometriche e costruttive del martinetto e della saldatura di bordo.

k_a è data dal rapporto fra area del martinetto e area del taglio ($K_a = A_m/A_t$)

P è la pressione che ripristina le condizioni originarie di equilibrio preesistente nella muratura.



Foto 3. particolare delle piastrine metalliche incollate alla muratura



Foto 4. manometro digitale collegato alla pompa idraulica

4. Martinetti piatti doppi (Determinazione delle caratteristiche di deformabilità e resistenza)

Per la determinazione delle caratteristiche elastiche si procede con l'esecuzione di due tagli paralleli nella muratura con la delimitazione di un concio murario tra di essi. Su questo campione di muratura si esegue una prova di compressione monoassiale in direzione normale al piano dei tagli con l'inserimento dei martinetti piatti che forniscono la pressione di carico. Le misure di deformazione sono rese possibili tramite l'applicazione di basi di misura verticali e orizzontali per estensimetro rimovibile, installate sulla faccia libera del campione, che permettono di ottenere un quadro completo deformativo del campione murario.

Il valore del modulo di deformabilità può essere calcolato per ciascun intervallo di sollecitazione usando la formula (legge di Hooke):

$$E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon_u \quad \text{dove}$$

$\Delta\varepsilon_u$ è la deformazione unitaria corrispondente a $\Delta\sigma$ misurata generalmente in corrispondenza della base centrale di misura.

I martinetti piatti utilizzati per la prova sono dispositivi di carico dotati di elevata deformabilità e sono quindi particolarmente idonei ad applicare uno schema di carico uniformemente distribuito.

La prova può fornire anche una stima della resistenza a compressione della muratura. E' possibile infatti avvicinarsi al limite di rottura della muratura aumentando progressivamente il carico applicato dai martinetti piatti. Il vistoso aumento delle deformazioni e l'apparire di fessurazioni da schiacciamento nella malta e negli elementi compositivi indica l'inizio della fase di rottura del campione.

La tecnica di prova del martinetto piatto può certamente definirsi non distruttiva in quanto, al termine della prova, i martinetti piatti inseriti entro le murature possono essere rimossi con facilità e gli strati di malta possono essere facilmente reintegrati.

5. Restituzione dei dati di prova

I dati relativi alle prove con martinetti piatti sono riportati integralmente nelle schede del presente capitolo, suddivise in prove di carico per la determinazione delle caratteristiche elastiche e di resistenza del campione di muratura.

Le tabelle sono seguite dai diagrammi carico – deformazione relativi alle misure riscontrate nella base centrale verticale (B) e orizzontale (D).

6. Metodologia operativa

Sono state programmate tre posizioni di prova e due differenti tipologie di martinetti in funzione al tipo di muratura analizzato (MS.1 e MS.2 sul prospetto esterno ed MS.3 e MD.3 sul prospetto interno); la differente tipologia di Martinetti utilizzati ha richiesto l'esecuzione dei tagli con due modelli di troncatrici:

- sega circolare con motore a scoppio per i martinetti piatti rettangolari (*foto 5 allegata*);
- sega eccentrica con motore a scoppio per i martinetti semiovali (*foto 6 allegata*).



Foto 5. sega con disco circolare con motore a scoppio



Foto 6. sega con disco eccentrico con motore a scoppio

7. Risultati

I valori estrapolati dalle prove eseguite sono riportati nella seguente tabella in cui sono indicati tensione di rottura, modulo elastico e vari intervalli di carico; il modulo elastico medio è calcolato con la media aritmetica dei suddetti valori.

Tabella riepilogativa dei risultati

PROVA	STATO TENSIONALE (MPa)	TENSIONE DI ROTTURA σ_r (MPa)	MODULO ELASTICO E (MPa)	COEFF. SICUREZZA
MS.1	1,78	-	-	-
MS.2	2,04	-	-	-
MS.3 MD.3	1,10	> 4,72	7170($\Delta p=0,0-0,4$ MPa) 10596($\Delta p=0,4-0,8$ MPa) 13624($\Delta p=0,8-1,2$ MPa) 10254($\Delta p=1,2-1,6$ MPa) 10411 Medio	> 4,27



Foto 7. Micrometro digitale millesimale a base 200

8. Discussione dei risultati

MISURA TENSIONE D'ESERCIZIO

La prova MS.1, eseguita sul prospetto Ovest esterno ha misurato un carico pari a 1,78 MPa;

La prova MS.2, eseguita sul prospetto Nord esterno ha registrato uno stato tensionale di 2,04 MPa;

La prova MS.3 eseguita internamente sul prospetto Ovest ha restituito una tensione di 1,10 MPa.

MODULO ELASTICO E TENSIONE DI ROTTURA

La prova MD.3 eseguita internamente sul prospetto Ovest ha permesso di misurare un ottimo modulo elastico pari a 10411 MPa; per quanto riguarda la tensione di rottura, la muratura ha misurato una Sigma superiore a 4,72 MPa, in quanto, a tale pressione (equivalente a 60 Bar di pressione misurata dal manometro), non si sono verificati né microfessurazioni dei conci lapidei né espulsione di malta in prossimità dei giunti.

*Rimanendo a disposizione per ulteriori delucidazioni,
inviamo con la presente distinti saluti*

IL PRESIDENTE.

TECNO FUTUR SERVICE S.r.l.
Via per Modena n. 20
☎ (059) 90.90.38
41030 BOMPORTO (Modena)
Partita I.V.A. 01824270366