UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Certificato di prova n° 24678 Brescia, 27/02/04

Domanda n° 18215 del 09/12/03

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Prove di carico su pannelli di solaio
(Eurosolaio Barbieri)

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- incarico;
- descrizione dei pannelli;
- banco di contrasto e strumentazione utilizzata;
- carichi di progetto e modalità di prova;
- prove di carico sui due pannelli da 50 cm;
- prove di carico sui due pannelli da 150 cm;
- figure, grafici e fotografie.

Il presente certificato di prova consta di n° 12 pagine.

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Ezio Giuriani

Il Direttore del Dipartimento
Prof. Roberto Busi

Il presente certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Incarico

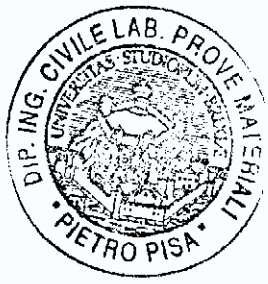
Su incarico della Fornace Torricella questo Laboratorio ha effettuato 4 prove di carico su pannelli di solaio denominato Eurosolaio Barbieri. Due prove hanno interessato pannelli di larghezza 50 cm mentre altre 2 prove pannelli di larghezza 150 cm.

Descrizione dei pannelli

I pannelli forniti dal Richiedente hanno una lunghezza di 600 cm e uno spessore di 24 cm.
L'elemento base che li compone (figura 1) ha una larghezza di 50 cm. La parte inferiore è composta da un fondello in laterizio e malta con spessore di 6 cm. Nel fondello sono inseriti due tralicci elettrosaldati e l'armatura principale del solaio composta da 2 barre FeB44k di diametro 14 mm. Ogni traliccio è formato da due correnti inferiori di diametro 6 mm e un corrente superiore di diametro 7 mm. I correnti, barre ad aderenza migliorata, sono saldati ogni 20 cm ad una staffatura continua in tondo liscio di diametro 5 mm. In ogni elemento di fondello (lungo 30 cm) è inserito trasversalmente, in una apposita scanalatura, un ferro d'armatura ϕ5 mm sul quale sono appoggiati i 2 tralicci.
Le caratteristiche meccaniche dei ferri longitudinali sono riportate nella seguente tabella:

Diametro nominale [mm]	Sezione effettiva [mm^2]	Tensione [MPa]		Allungamento %			Identif. marchio {1}
		Snerv.	Rottura	A_5	A_{10}	A_{gt}	
6	28.3	521	635	23	19	8.8	50
6	28.8	459	606	24	20	9.3	50
7	40.2	498	601	23	16	8.3	50
7	40.4	488	588	20	14	9.3	50
14	153.6	564	678	21	17	8.3	42
14	153.6	566	676	21	18	8.8	42

{1} Numero scheda C.A: del Catalogo Acciai ed. Aprile 2003 rev. 4 (Pres. Cons. Sup. LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale)
42 = Ferriera Valsabbia – Odolo (BS) - barre 50 = Ferriere Nord – Osoppo (UD) – Traliccio elettrosaldato



Al centro dell'elemento è inserito un blocco continuo in polistirolo con altezza di 14 cm e larghezza di 33 cm. Un getto di calcestruzzo completa l'elemento ottenendo superiormente una cappa con spessore di 4 cm e due nervature ciascuna con larghezza di 8,5 cm. Affiancando più elementi si ottiene una nervatura con larghezza doppia. Nello spessore della cappa è inserita una rete elettrosaldata di diametro 5 mm e maglia 20x20 cm.
Al momento delle prove il calcestruzzo aveva una resistenza a compressione pari a 36,2 MPa, valore medio valutato su 3 cubi di lato 15 cm.
Le prime due prove hanno interessato pannelli composti da un solo elemento di base.
Altre 2 prove hanno interessato pannelli composti da 3 elementi di base, con larghezza di 150 cm (figura 2). In uno di questi pannelli è stato ricavato in mezzeria, rimuovendo il polistirolo per una lunghezza di 25 cm, un travetto rompitratta armato con 4 ϕ10 e staffe ϕ8 ogni 20 cm.

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

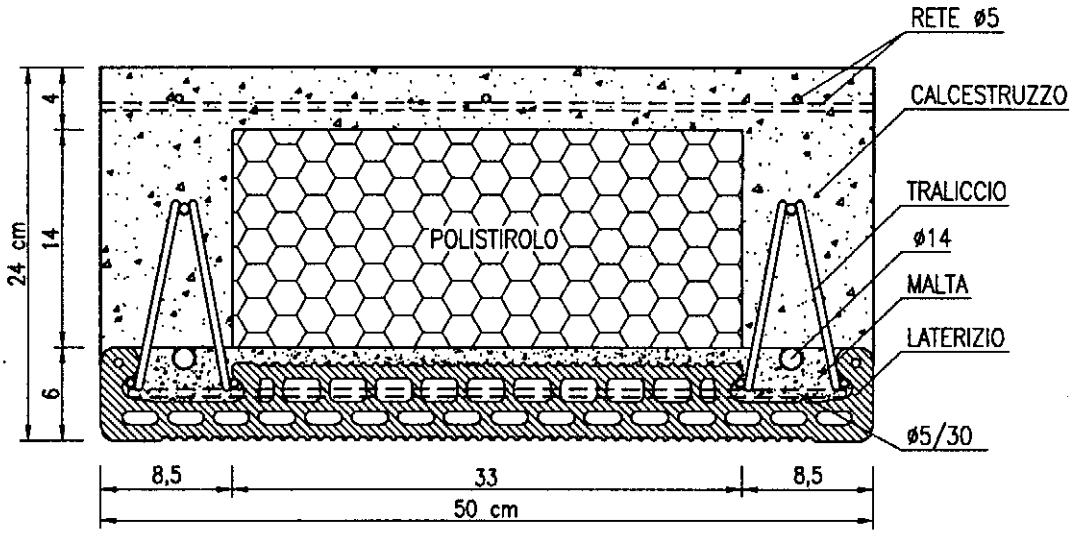


Figura 1: Elemento base da 50 cm

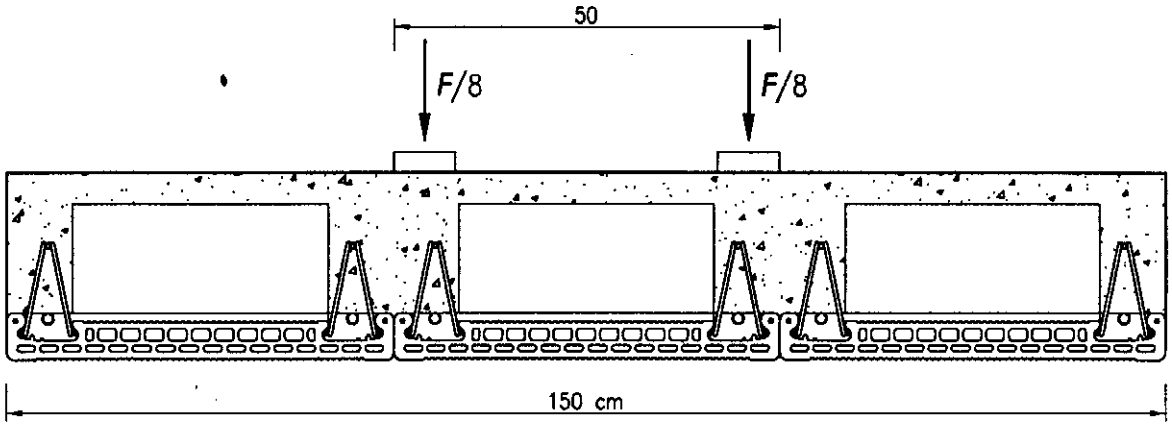


Figura 2: Pannello da 150 cm

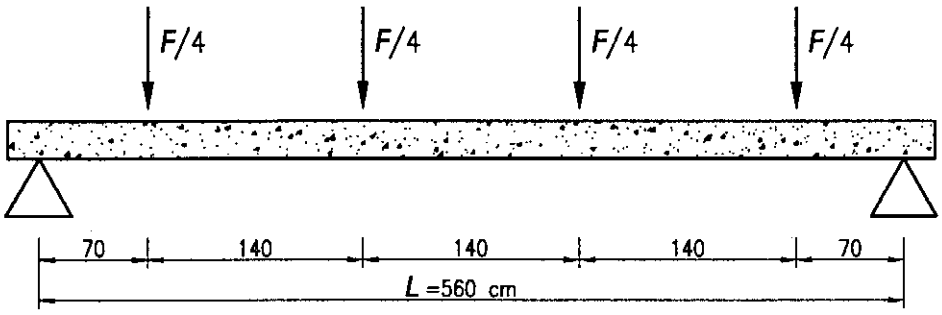


Figura 3: Schema di carico adottato

DIP. ING. CIVILE LAB. PROVE MATERIALI UNIVERSITAS STUDIORUM BRIXIAE PIETRO PISA

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Banco di contrasto e strumentazione utilizzata

Il carico distribuito è stato approssimato con 4 carichi concentrati come mostrato nello schema di figura 3. Tali carichi inducono in mezzeria lo stesso momento massimo e sugli appoggi lo stesso taglio massimo di un carico distribuito $q=F/L$.

Il carico è stato applicato utilizzando 2 martinetti idraulici forati (fotografie 1 e 2) collegati a terra attraverso barre diwydag. Per permettere il loro passaggio, nel solaio sono stati praticati 2 fori ϕ40 mm in corrispondenza dei quarti della luce. In serie ai tiranti sono state disposte 2 celle di carico per valutare le forze effettivamente applicate. I martinetti sono collegati allo stesso circuito idraulico e forniscono lo stesso carico.

Per ripartire il carico dei martinetti sui 4 punti sono stati utilizzati due bilancieri (fotografia 3).

Nelle prove sui pannelli da 50 cm il carico è stato applicato su tutta la larghezza attraverso un tondo ϕ50 mm. Per compensare le irregolarità della superficie del getto è stato interposto un listello di legno con spessore di 26 mm.

Nelle prove sui pannelli da 150 cm il carico è stato applicato su una striscia centrale di 50 cm (figura 2), utilizzando bilancieri trasversali e spessori in legno (fotografia 4).

Nella fotografia 5 è mostrato il vincolo di appoggio a carrello. Uno strato di gomma di 10 mm compensa le irregolarità della superficie del fondello.

La freccia in mezzeria è stata rilevata da un trasduttore di spostamento disposto al centro della sezione. Per i pannelli da 150 cm sono stati aggiunti altri 2 trasduttori in corrispondenza dei travetti non caricati, per valutare anche la deformazione trasversale (fotografia 6).

Gli appoggi sono stati strumentati allo scopo di depurare dalla freccia totale il loro abbassamento (fotografia 7).

Carichi di progetto e modalità di prova

Il solaio è stato progettato, come indicato dal Richiedente, per i seguenti carichi:

- peso proprio del solaio 3,3 kN/m^2
- sovraccarico permanente 3,3 kN/m^2
- sovraccarico accidentale 2,0 kN/m^2

Si sono eseguiti 3 cicli completi di carico e scarico fino al valore di esercizio q_{es}=8,6 kN/m^2 e altri 3 cicli fino al valore di 12,2 kN/m^2, calcolato applicando un coefficiente di 1,4 per i carichi permanenti e di 1,5 per i carichi variabili (carico ultimo di progetto).

Da ultimo si è aumentato il carico fino a raggiungere un comportamento praticamente plastico, con una freccia molto elevata pari ad oltre 1/40 della luce.

Le prove su pannelli da 50 cm sono state effettuate in data 15-16/01/04 (prova A) e 22/01/04 (prova B).

Le prove su pannelli da 150 cm sono state effettuate in data 27-28/01/04 (prova C – pannello con rompitratta) e 02-03/02/04 (prova D – pannello senza rompitratta).

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Prove di carico sui due pannelli da 50 cm

Oltre alle forze applicate dai martinetti il pannello è soggetto al peso proprio (3,3 kN/m^2) e al peso dell'apparato di carico pari a 2,8 kN.
Per raggiungere la condizione di esercizio è necessario quindi applicare coi martinetti 4 forze (figura 3) di valore complessivo F=12,0 kN. Per raggiungere la condizione di carico ultimo di progetto si deve invece applicare un carico F=22,1 kN.
Nei grafici 1 e 2 è riportato l'andamento del carico F applicato dai martinetti in funzione della freccia, depurata dagli abbassamenti degli appoggi.
Si sono eseguiti i cicli di carico e scarico illustrati nel paragrafo precedente. Si può notare che nel primo ciclo con carico di esercizio e nel primo ciclo con carico ultimo di progetto si ha una freccia residua allo scarico non trascurabile dovuta alla fessurazione, comportamento normale per un elemento in calcestruzzo armato. Nei cicli successivi la freccia residua è invece trascurabile, evidenziando un buon comportamento elastico.
Per valori del carico F di circa 47 kN le curve mostrano un cambiamento di pendenza che segnala lo snervamento delle barre di armatura.
Successivamente la freccia aumenta rapidamente a carico quasi costante, evidenziando un comportamento duttile dell'elemento.
Nelle due prove si raggiunge una freccia molto elevata (fotografia 8). Assumendo come riferimento i valori del carico corrispondenti alla freccia di 1/40 della luce (140 mm), per le due prove si sono avuti i valori F_A=54,6 kN e F_B=52,5 kN. Il valore medio F_m=53,6 kN, tenendo conto anche del peso proprio del pannello e dell'apparato di carico, corrisponde ad un carico distribuito q=23,4 kN/m^2.
Nonostante le elevate deformazioni indotte nel pannello, non si sono verificati fenomeni di distacco di parti del fondello in laterizio.

Prove di carico sui due pannelli da 150 cm

Il carico relativo alla larghezza di 150 cm è stato applicato concentrandolo, come già indicato, su una striscia centrale di 50 cm (figura 2).
Oltre alle forze applicate dai martinetti il pannello è soggetto al peso proprio (3,3 kN/m^2) e al peso dell'apparato di carico pari a 3,6 kN.
Per raggiungere la condizione di esercizio è necessario quindi applicare coi martinetti 4 forze (figura 3) di valore complessivo F=40,9 kN. Per raggiungere la condizione di carico ultimo di progetto si deve invece applicare un carico F=71,2 kN.
Nei grafici 3 e 4 è riportato l'andamento del carico F applicato dai martinetti in funzione della freccia, depurata dagli abbassamenti degli appoggi.
L'andamento è analogo a quello delle prove sul pannello da 50 cm e valgono le medesime considerazioni.
Per una freccia di 140 mm si ha un valore del carico F_C=174,2 kN e F_D=171,2 kN. Il valore medio F_m=172,7 kN, tenendo conto anche del peso proprio del pannello e dell'apparato di carico, corrisponde ad un carico distribuito q=24,3 kN/m^2.
Nei grafici 5 e 6, oltre alla freccia misurata al centro al pannello, è riportato anche il valore medio delle frecce misurate in corrispondenza dei travetti di estremità. I grafici mostrano, per entrambi i pannelli, la buona collaborazione delle nervature non direttamente caricate.
Nonostante le elevate deformazioni indotte nel pannello non si sono verificati fenomeni di distacco di parti del fondello in laterizio.

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA
Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173
P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

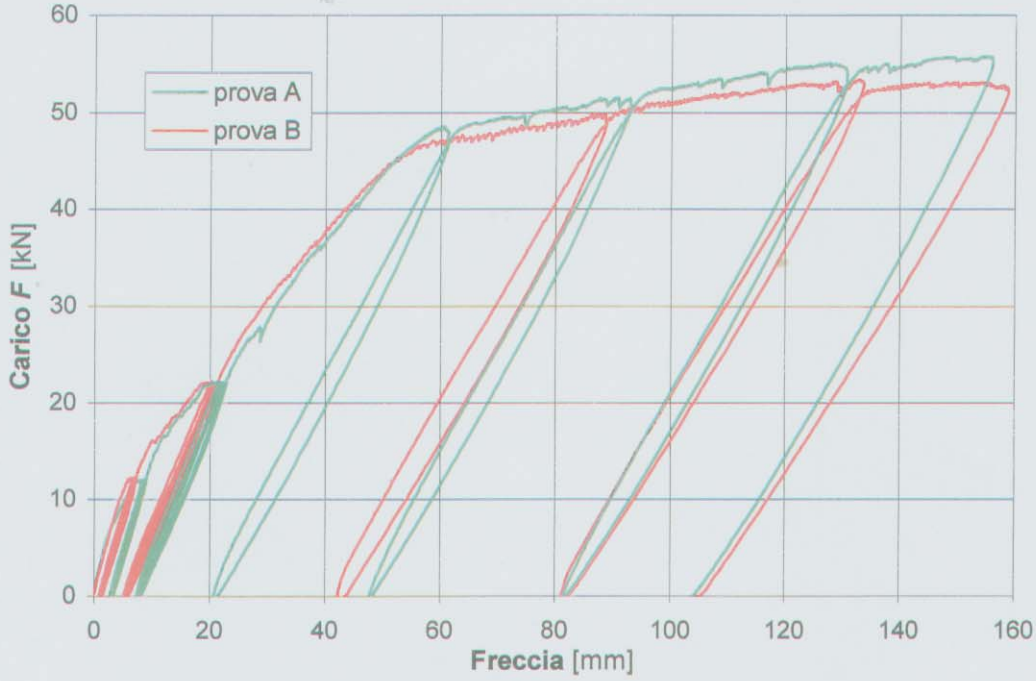


Grafico 1: Prove sui pannelli da 50 cm

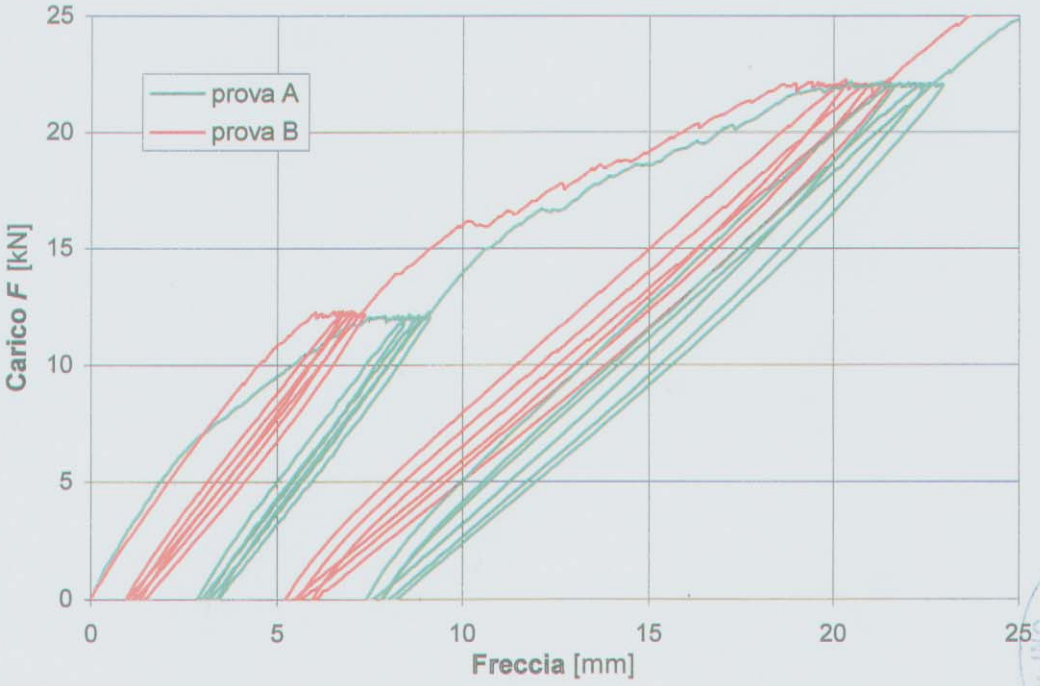


Grafico 2: Prove sui pannelli da 50 cm (particolare prima parte)

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

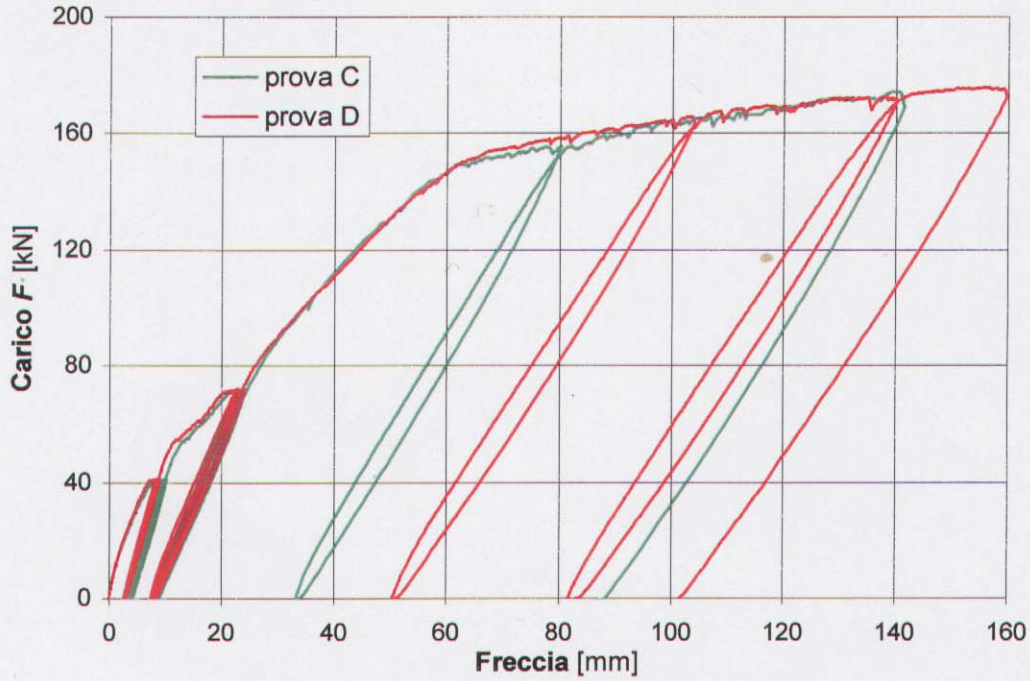


Grafico 3: Prove sui pannelli da 150 cm

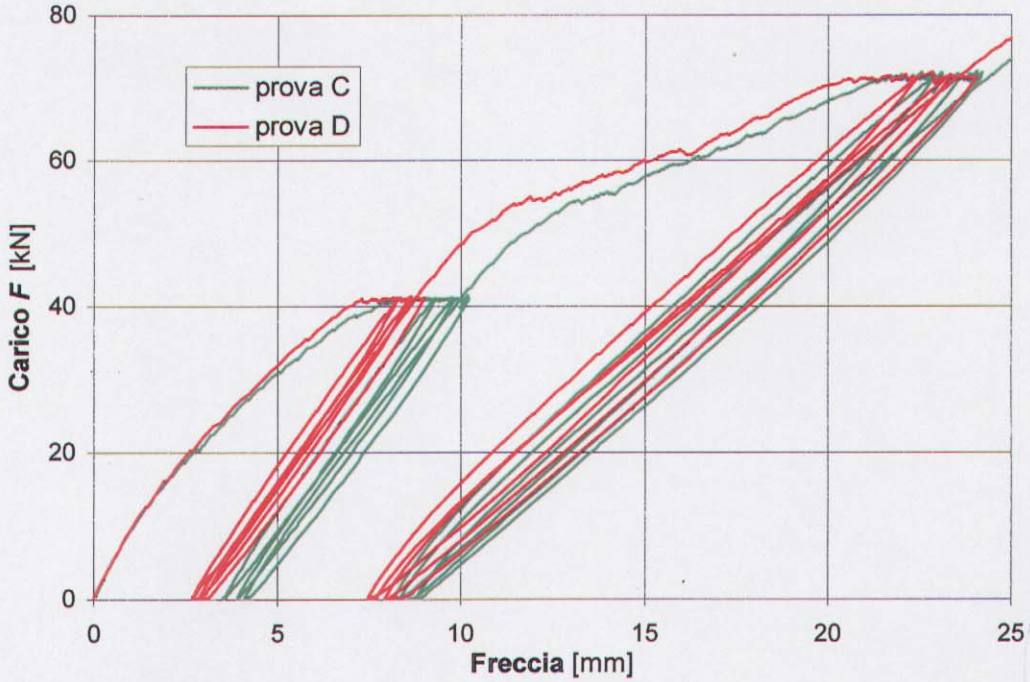


Grafico 4: Prove sui pannelli da 150 cm (particolare prima parte)

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

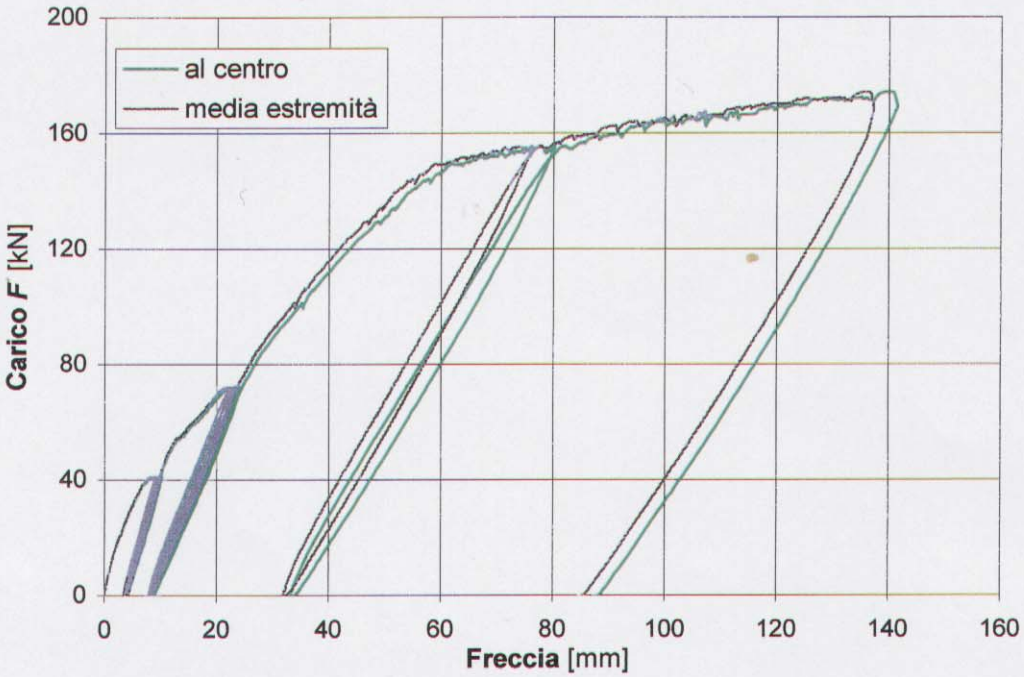


Grafico 5: Prova C su elemento da 150 cm con rompitratta

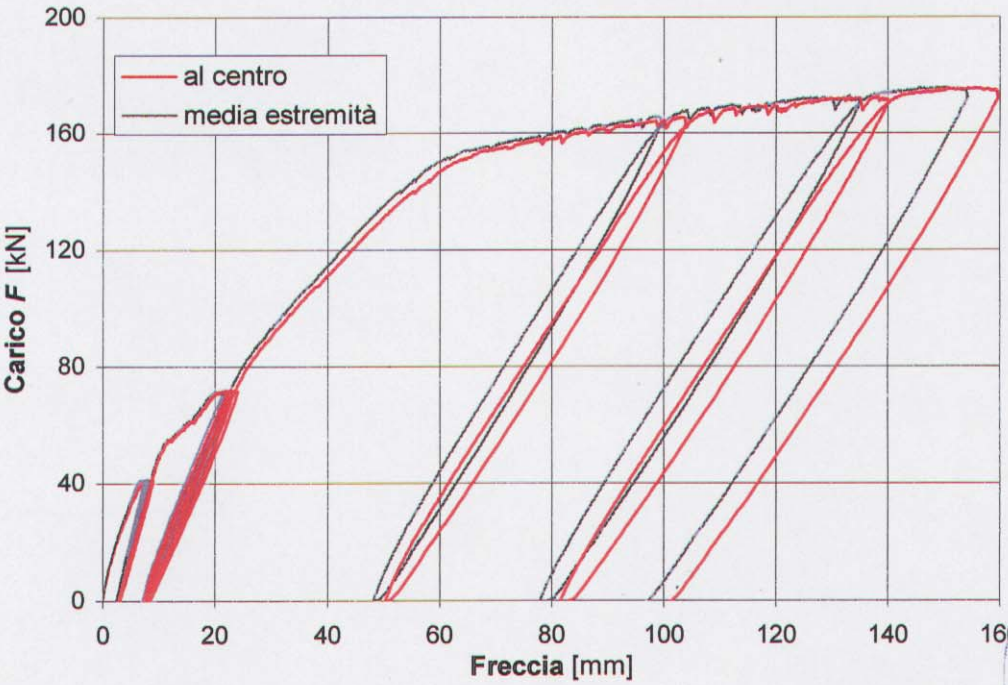


Grafico 6: Prova D su elemento da 150 cm senza rompitratta

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA
Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173
P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Fotografia 1: Prova di carico su pannello da 50 cm

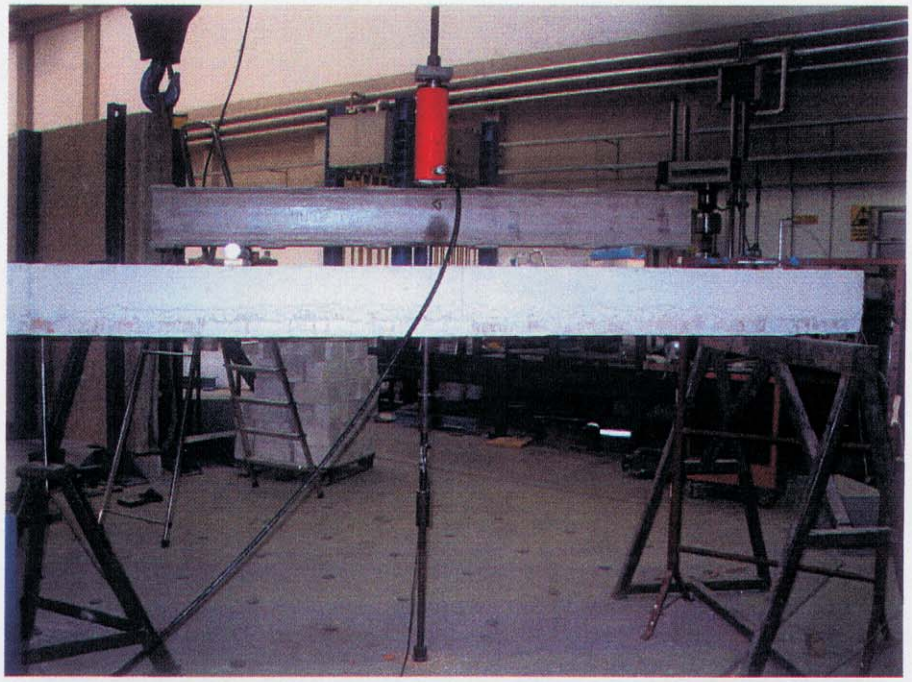
Fotografia 2: Prova di carico su pannello da 150 cm

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

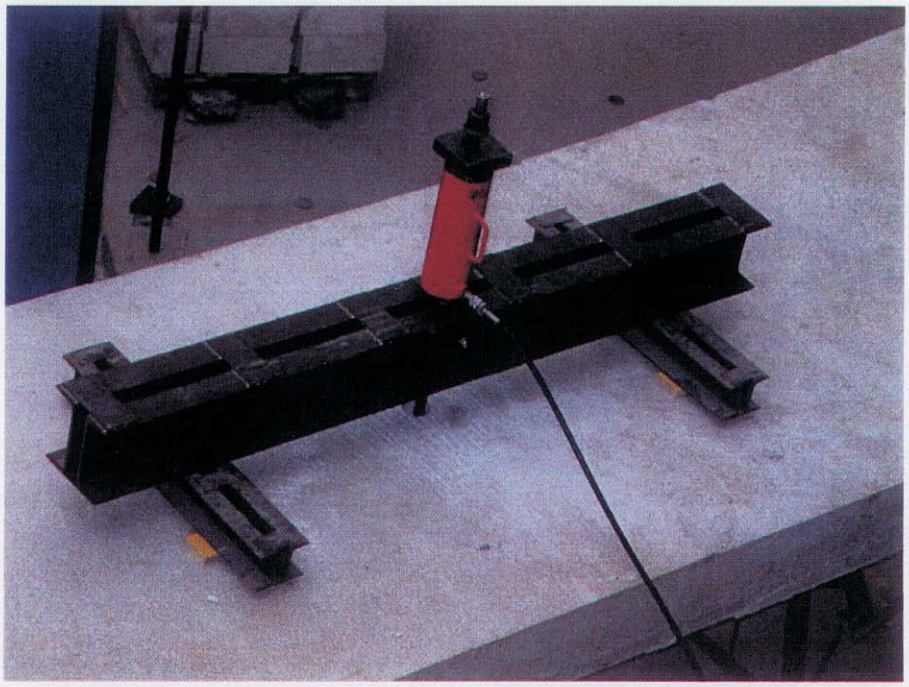
Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)



Fotografia 3: Martinetto, bilanciere e cella di carico in serie al tirante



Fotografia 4: Ripartizione del carico per il pannello da 150 cm

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Fotografia 5: Particolare dell'appoggio

Fotografia 6: Rilievo della freccia in mezzeria

Fotografia 7: Rilievo dell'abbassamento dell'appoggio

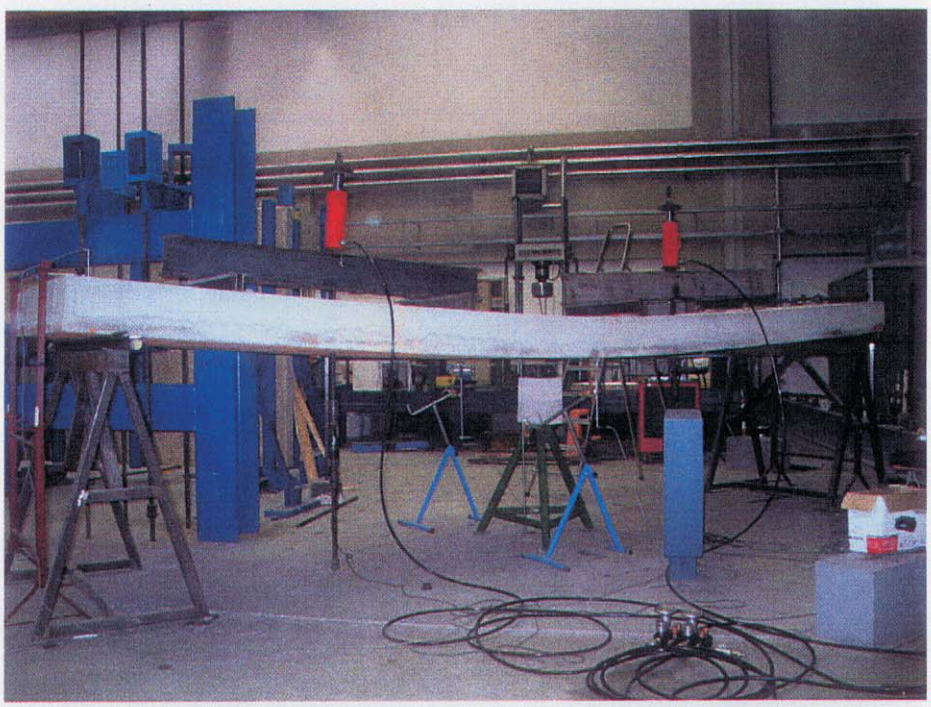
Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA - DIP. DI INGEGNERIA CIVILE
LABORATORIO PROVE MATERIALI «PIETRO PISA»
VIA BRANZE, 38 - 25123 BRESCIA Tel. 030 3715617-594 - Fax 030 3715595
COD. FISCALE 98007650173 P. IVA IT 01773710171

Richiedente: Fornace Torricella s.r.l. – via Fornace Pezzotti 18 - Ostiano (CR)

Fotografia 8: Pannello da 50 cm sotto carico massimo



Fotografia 9: Pannello da 150 cm sotto carico massimo

Lo Sperimentatore
Ing. Egidio Marchina

Il Responsabile Tecnico
Ing. Egidio Marchina