

Gernot Minke Hernando Baraya
Alfonso Ramirez Ponce Luis Muncunill

107

Strutture voltate

COSTRUIRE IN LATERIZIO

COSTRUIRE IN LATERIZIO • Strutture voltate • Gernot Minke • Hernando Baraya • Alfonso Ramirez Ponce

Settembre/Ottobre 2005



In caso di mancato recapito inviare al
CMT/CPD di Forlì per la restituzione
al mittente previo pagamento resi

Gruppo Editoriale
Faenza Editrice S.p.A.
via Pier De' Crescenzi 44
48018 Faenza (Ra)
www.faenza.com

Organo ufficiale
dell'Andil Assolaterizi
via Alessandro Torlonia 15
00161 Roma
www.laterizio.it

Poste Italiane S.p.A.
Spedizione in abbonamento
postale DL 353/2003
(conv. in legge il 27.02.2004
n. 46) Art. 1, comma 1, DCB Forlì

Settembre/Ottobre 2005
Anno XVIII
Rivista bimestrale
Contiene I.P.
€ 6,20

Analisi, prove e tecnologia costruttiva delle volte industrializzate in muratura armata

Paulo B. Lourenço, Joaquim O. Barros, Juliana T. Oliveira, Universidade do Minho, Guimarães

Le prove sperimentali svolte presso l'Universidade do Minho hanno riguardato i seguenti aspetti: (a) resistenza a compressione e a trazione dei laterizi; (b) resistenza a taglio dei giunti di muratura; (c) comportamento fuori piano di pannelli di muratura; (d) prove di trazione su lamiera stirata e su pannelli di malta armata con lamiera stirata. Si sono anche fatti alcuni tentativi per sviluppare una prefabbricazione integrale delle volte in stabilimento⁽³⁾.

Prove di compressione e di trazione monoassiale
A causa dell'impossibilità di assicurare una completa omogeneità nel materiale e nella geometria per i campioni di laterizio utilizzati, si è ottenuta una grande variabilità nei risultati delle prove di resistenza a trazione e nella determinazione dell'energia di frattura. I valori medi ottenuti sono

pari, rispettivamente, a 3 N/mm^2 e $0,08 \text{ N/mm}$. Si è ottenuta una resistenza a trazione leggermente superiore nel caso delle prove eseguite nella direzione di estrusione.

Prove a taglio La muratura prevede, normalmente, lo sfalsamento dei giunti verticali. Per verificare sperimentalmente il comportamento a taglio di assemblaggi di muratura a giunti allineati e gettati con malta, si sono eseguite prove di scorrimento lungo i giunti (prove su triplette). È stato così possibile osservare i modi tipici di rottura e rilevare la resistenza a taglio, che è in accordo con la legge d'attrito di Coulomb. Sono risultati quindi accettabili sia l'uso di un assemblaggio a giunti allineati, sia l'uso di malta per i giunti. I parametri meccanici (coesione e coefficiente d'attrito) che caratterizzano le interfacce del giunto malta-laterizio sono stati, rispettivamente, uguali a $1,39 \text{ N/mm}^2$ e $1,03$.

Prove di resistenza a flessione Per verificare sperimentalmente il comportamento a flessione di volte in muratura armata sottoposte a momenti flettenti positivi e negativi sono state condotte prove di flessione su quattro punti su pannelli rappresentativi dell'intera volta.

Nei pannelli con la soletta di calcestruzzo all'estradosso (momenti positivi), rigidità e carichi ultimi più elevati sono stati registrati nei campioni dotati di un più alto numero di giunti longitudinali con armature dotate di tensione ultima e di snervamento più elevate. In questi pannelli, con i fori dei laterizi disposti nella direzione longitudinale del pannello, l'effetto d'ingranamento dovuto alla penetrazione del calcestruzzo all'interno dei fori stessi ha generato un meccanismo resistente nei confronti della propagazione di fessure all'interfaccia tra giunto e laterizio, producendo di conseguenza la rottura del laterizio stesso. Negli altri campioni, la fessurazione si è propagata a partire dalle interfacce tra laterizio e giunti di malta trasversali. Entrambe le serie, per questo tipo di campioni, sono giunte a collasso per flessione in modo duttile. Poiché il getto di malta non è stato vibrato, esso presentava una bassa compattezza, che ha dato luogo ad una perdita d'aderenza tra le armature e la malta, ad indicare che, con giunti di 25 mm di spessore, è difficile assicurare



Compressione monoassiale su un campione intero di laterizio, con facce rettificata.



Trazione monoassiale su un elemento di laterizio con intagli precostituiti.

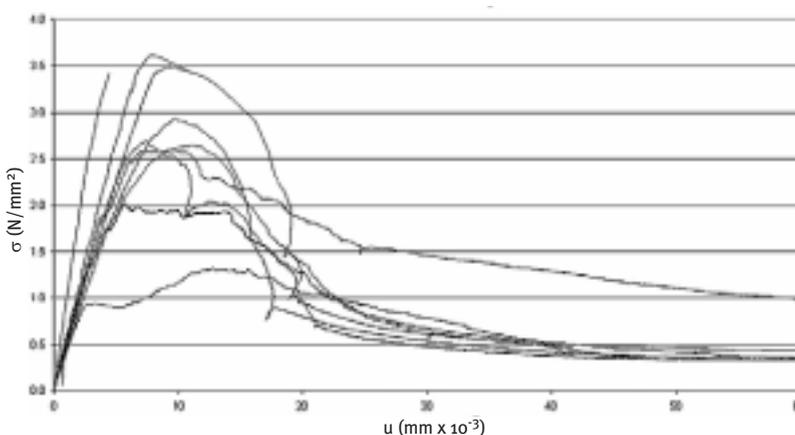
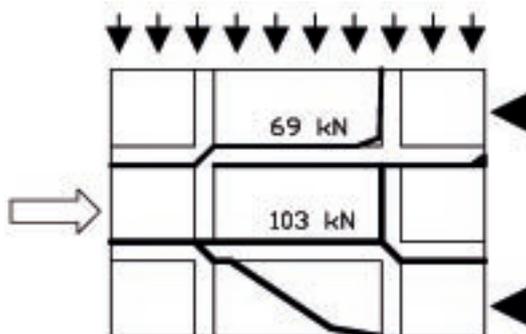


Diagramma tensione-deformazione per le prove di trazione monoassiale sui laterizi.



Lo schema di carico dei pannelli per la prova a taglio.

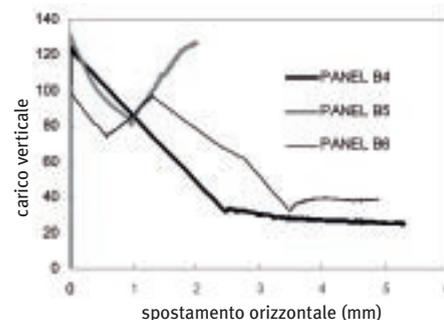
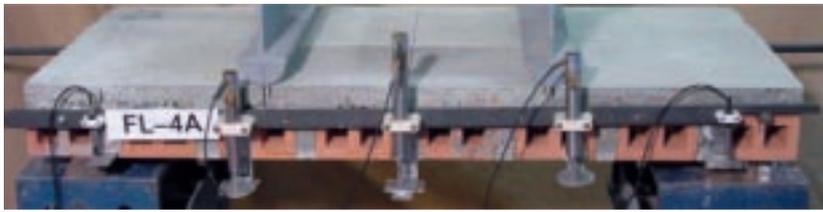


Diagramma tensione-deformazione per le prove a taglio.



Preparazione della prova a flessione di un pannello.

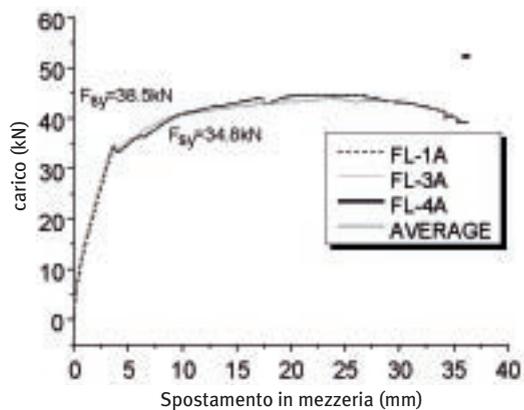
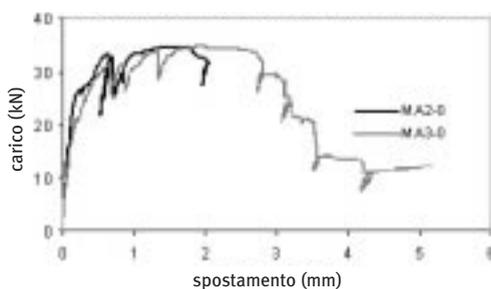
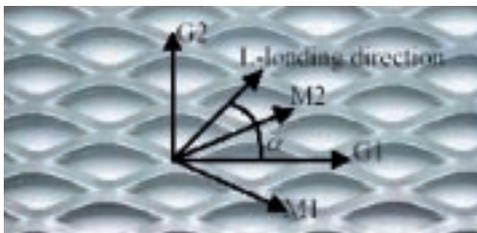


Diagramma tensione-deformazione per la prova a flessione di un pannello.



Prove di trazione sulla lamiera stirata.



Procedimenti alternativi per mantenere in posizione i laterizi durante la confezione dei pannelli.

delle buone proprietà d'aderenza per l'armatura, soprattutto in presenza di barre di diametro di 8 mm. I pannelli con la soletta di calcestruzzo all'intradosso (momenti negativi) hanno fatto rilevare basse capacità portanti e un meccanismo di collasso più fragile, a dimostrazione che le configurazioni di carico che inducono momenti negativi sono le più sfavorevoli per il sistema strutturale voltato proposto. I risultati indicano anche che un meccanismo fragile di collasso a taglio ha poche probabilità di verificarsi.

Prove di resistenza a trazione su campioni di lamiera stirata La sperimentazione ha mostrato che il comportamento dei campioni di lamiera stirata è fortemente dipendente dalle modalità di applicazione del carico. Il valore massimo di sollecitazione e la deformazione minima si hanno quando la direzione di carico forma un angolo di 30° con l'asse geometrico della lamiera; per angoli di 60° e di 90° la capacità portante è troppo bassa e la deformabilità troppo alta. Con un angolo di 0° la capacità resistente è di poco inferiore a quella con l'angolo di 30°, ma la deformabilità è molto maggiore. Utilizzando i valori di tensione ai limiti della proporzionalità e con il valore massimo di carico, per determinare una sezione equivalente di armatura convenzionale fittizia si è verificato che per valori di tensione corrispondenti a deformazioni accettabili il rinforzo fornito dalla lamiera stirata è troppo basso.

Prove di resistenza a trazione su campioni di malta armata con lamiera stirata La massima resistenza dei campioni, escluso l'angolo di 30°, è la somma delle resistenze dei due materiali. L'armatura, quindi, non fornisce alla malta una sufficiente resistenza residua post-cedimento. L'impiego di lamiera stirata è risultato quindi non consigliabile per scopi strutturali.

Prefabbricazione integrale delle volte Presso l'Universidade do Minho si è anche cercato, sulla scorta di analoghe esperienze effettuate su volte a tutto sesto dalla J. Monteiro & Filhos, di mettere a punto un procedimento di prefabbricazione integrale delle volte in laterizio armato. In questo caso, nello stabilimento non si sarebbero prodotte delle strisce piane, da posare sul cassero in cantiere, ma delle vere e proprie volte, da trasportare, già in forma, sul cantiere. L'esperimento, pur promettente, avrebbe tuttavia comportato di orientare l'intera ricerca in una direzione molto diversa da quella intrapresa, per cui è stato, dopo le prime prove, accantonato, con l'intenzione di approfondirlo in una futura ulteriore ricerca. Sono stati realizzati due modelli a sezione catenaria, con una luce di 4 m e una freccia di 1 m. Si sono prese in considerazione due strategie, finalizzate a mantenere in posizione i laterizi, assicurando al contempo la presenza di giunti di dimensione regolare e con finitura adeguata: (a) listelli in legno fissati alla cassaforma; (b) un profilo estruso in resina polimerica appositamente progettato. In entrambi i casi, i risultati ottenuti si sono dimostrati soddisfacenti: non sono infatti apparse macchie sulla faccia a vista dei laterizi ed i giunti sono stati adeguatamente riempiti. E' da rilevare che in ogni caso, si deve provvedere a progettare e realizzare una malta caratterizzata da slump o consistenza adeguati. Si è osservato inoltre che una cassaforma con listelli in legno può essere riutilizzata per un numero limitato di applicazioni, mentre il cassero con inserti in resina polimerica è stata progettata per: (a) consentire diverse finiture dei giunti; (b) essere compatibile con la larga tolleranza dimensionale tipica dei laterizi (sino a 63 mm). Questi requisiti determinano la rigidità ed il tipo di materiale impiegato per l'inserto.