

Progetti europei sulle murature portanti

DI A. DI FUSCO
ANDIL ASSOLATERIZI, ROMA

Negli ultimi anni, ANDIL Assolaterizi, insieme ad alcune aziende associate produttrici di elementi da muro, ha partecipato alle attività di ricerca, sviluppo e promozione nell'ambito di due progetti europei incentrati sull'ottimizzazione dei criteri di dimensionamento strutturale e costruzione di edifici in muratura portante, armata e non. In attesa di divulgare i dettagliati ed approfonditi report, elaborati dai ricercatori partner, si vuole qui presentare una panoramica delle attività di R&S e commentare i primi risultati emersi dalle principali sperimentazioni ed analisi svolte.

Sul fronte della ricerca, l'azione dell'Andil è da sempre diretta a creare un dinamico e produttivo collegamento tra gli Enti di ricerca, le Università e le aziende associate al fine di individuare preziose sinergie e mettere in atto percorsi comuni di potenziamento e valorizzazione del settore del laterizio. Sono, infatti, diversi gli Atenei italiani e gli Enti di ricerca coinvolti ed impegnati, quotidianamente, in molteplici studi e sperimentazioni dei prodotti in laterizio e del loro migliore impiego in edilizia.

Accanto alle attività di ricerca nazionali, in questi ultimi anni, è comunque proseguita la partecipazione dell'Associazione, con la diffusione e lo sfruttamento dei risultati, a due progetti co-finanziati dalla Comunità Europea. E più precisamente:

- DISWall, "Developing Innovative Systems for reinforced masonry Walls", finalizzato allo sviluppo di sistemi innovativi per la muratura armata e al trasferimento dei risultati agli organismi normativi nazionali ed europei;
- ESECMaSE, "Enhanced Safety and Efficient Construction of Masonry Structures in Europe", il cui obiettivo principale è fornire ai progettisti ed ai costruttori una migliore conoscenza dei criteri di sicurezza nella progettazione e realizzazione degli edifici in muratura portante rispetto ad altre soluzioni costruttive (fig. 1).

Entrambi i progetti, coinvolgendo PMI dell'Area di Ricerca Europea, ERA, sono supportati e promossi dall'UE tramite il 6° Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, che ha rappresentato (2002-2006) il principale strumento per la creazione ed il lancio di iniziative volte a potenziare, nel medio-lungo periodo, le attività di ricerca e le capacità competitive delle "piccole e medie imprese" europee.

DISWall

DISWall (<http://diswall.dic.unipd.it>) è l'acronimo di una ricerca cooperativa da 1,340 milioni di euro, che riunisce partner rappresentanti le Università, le aziende produttrici e le Associazioni di categoria di quattro Paesi dell'UE (fig. 2). Capofila del progetto è l'Università di Padova, coinvolta con il Dipartimento di Costruzioni e Trasporti della Facoltà di Ingegneria di Padova, che riveste il ruolo primario di coordinamento generale. Tra gli altri partner interessati dal progetto ci sono le Università di Aachen e Monaco, in Germania, e l'Università di Minho in Portogallo. In rappresentanza delle PMI partecipano: due aziende produttrici di laterizi italiane (CIS Edil Srl e Laterizi Alan Metauro Srl) ed una tedesca (UNIPOR gmbh); la Costa & Almeida Lda portoghese, produttrice di blocchi di calcestruzzo; l'azienda italiana Tassullo SpA per le malte; la belga Bekaert NV come produttore di armature per muratura. Le Associazioni di categoria che aderiscono al progetto sono la Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e l'ANDIL Assolaterizi, per l'industria dei laterizi, rispettivamente, tedesca ed italiana.

Gli obiettivi scientifici e tecnologici prioritari del progetto, finalizzato allo sviluppo di sistemi innovativi per la muratura armata, sono:

- studi teorici delle proprietà e dei requisiti dei blocchi per muratura, dell'armatura di rinforzo e della malta;
- sviluppo di tecnologie innovative e di processi costruttivi per l'esecuzione di murature armate portanti e di tamponamento;
- progettazione, produzione e realizzazione di prototipi di prodotti innovativi;

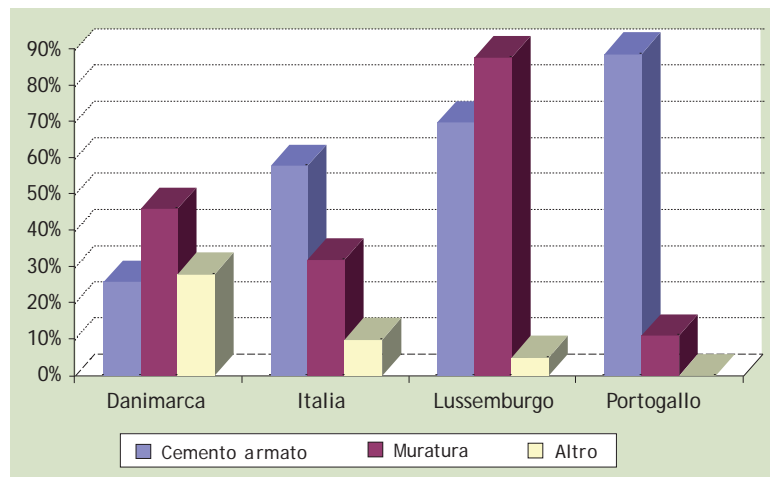


Fig. 1 - Confronto tra le principali tipologie strutturali utilizzate in alcuni Paesi europei.

Istituto/Società	Nazione	Tipo
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA http://www.dic.unipd.it	Italia	Università
LATERIZI ALAN METAURO s.r.l. http://www.alanmetauro.com	Italia	Azienda produttrice PMI
CIS EDIL s.r.l. http://www.cisedil.it	Italia	Azienda produttrice PMI
COSTA & ALMEIDA LDA http://www.costaalmeida.pt	Portogallo	Azienda produttrice PMI
TASSULLO S.p.A. http://www.tassullo.it	Italia	Azienda produttrice PMI
UNIPOR GmbH http://www.unipor.de	Germania	Università
ANDIL ASSOLATERIZI http://www.laterizio.it	Italia	Associazione
BEKAERT N.V. http://www.bekaert.com	Belgio	Azienda produttrice
ARBEITSGEMEINSCHAFT MAUERZIEGEL http://www.ziegel.de	Germania	Associazione
RWTH AACHEN INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG http://www.ibac.rwth-aachen.de	Germania	Università
TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN http://www.mb.bv.tum.de	Germania	Università
UNIVERSIDADE DO MINHO http://www.civil.uminho.pt	Portogallo	Università

Fig. 2 - Partner del progetto DISWall "Developing Innovative Systems for reinforced masonry Walls".

- validazione sperimentale delle soluzioni tecnologiche mediante prove di laboratorio e valutazioni numeriche per l'analisi del comportamento meccanico;
- studi teorici ed applicazione dei metodi di prova non distruttivi per le strutture in muratura armata finalizzati allo sviluppo di metodologie per il controllo di qualità in sito;
- sviluppo e pianificazione degli standard per i nuovi sistemi costruttivi proposti e implementazione di questi mediante software e linee guida;
- trasferimento dei risultati della ricerca agli organi tecnici nazionali ed europei, allo scopo di includere negli appositi codici le informazioni necessarie, e di sicuro interesse, sulle prestazioni della muratura armata specialmente per costruzioni in zona sismica.

Dopo due anni di lavoro, il progetto DISWall, avviato nel gennaio 2006, ha raggiunto la maggior parte degli obiettivi prefissati, grazie all'apprezzabile ed efficace impegno di tutti i partner. Le attività svolte hanno interessato la progettazione, la produzione e la realizzazione di quattro prototipi di blocco, per le altrettante tipologie costruttive di muratura armata oggetto della ricerca (fig. 3).

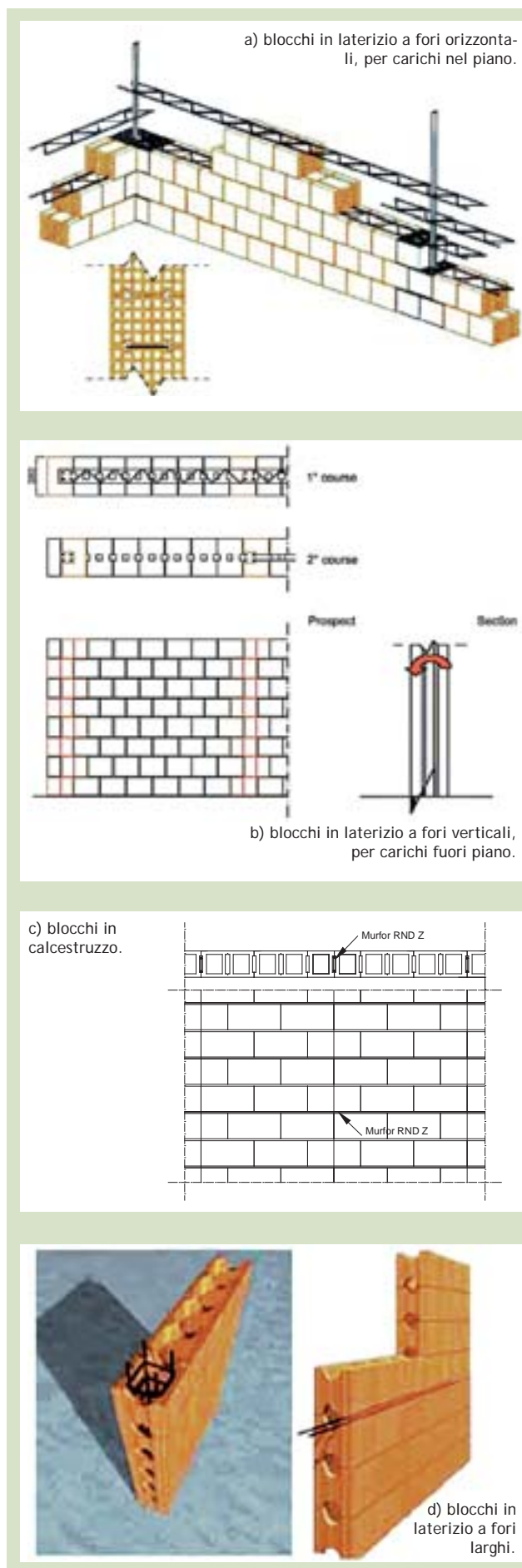


Fig. 3 - Sistemi innovativi per muratura armata sviluppati nell'ambito del progetto DISWall.

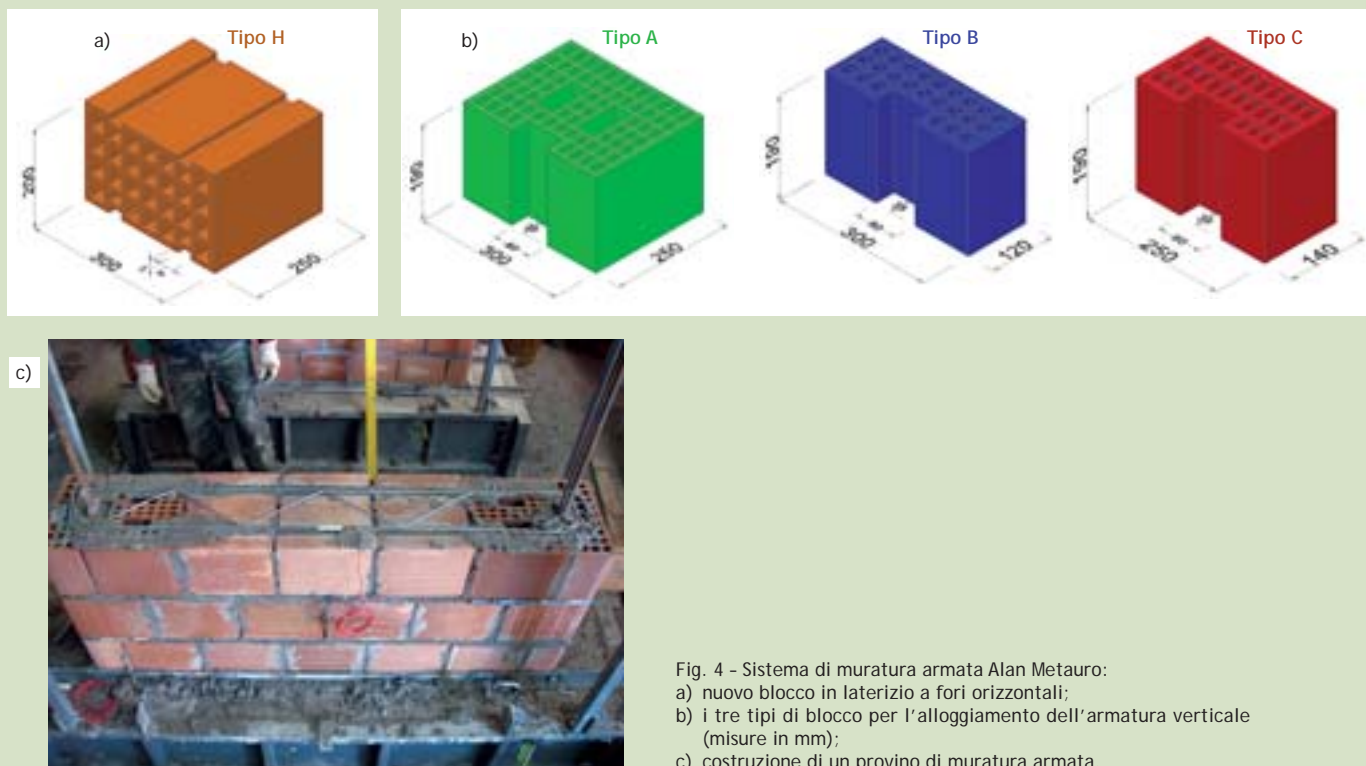


Fig. 4 - Sistema di muratura armata Alan Metauro:
 a) nuovo blocco in laterizio a fori orizzontali;
 b) i tre tipi di blocco per l'alloggiamento dell'armatura verticale (misure in mm);
 c) costruzione di un provino di muratura armata.

In Italia sono stati sviluppati, in particolare, due sistemi innovativi per la muratura armata con blocchi in laterizio prodotti dalle aziende Alan Metauro e CIS Edil, malta della Tassullo ed armatura di rinforzo, sia tradizionale che non (traliccio Murfor), della Bekaert. Il primo sistema, realizzato con blocchi Alan Metauro (di spessore pari a 30 cm; fig. 4) è stato progettato con lo scopo principale di produrre nuovi elementi in laterizio a fori orizzontali con adeguate proprietà meccaniche per l'impiego nelle strutture portanti. Attualmente, sul mercato sono già presenti blocchi a fori orizzontali che, per la specifica configurazione geometrica, conseguono ottime prestazioni termiche; essi possono, però, essere impiegati solo per tamponamenti. Un secondo obiettivo, anch'esso legato al miglioramento termico dell'involucro edilizio, è quello di utilizzare un'unica tipologia di malta da usare per i giunti orizzontali, per quelli verticali e per il ricoprimento delle barre d'armatura.

Il rinforzo scelto per questa tipologia muraria è costituito da una coppia di barre $\varnothing 16$ per l'armatura verticale e due differenti soluzioni per l'armatura orizzontale: una coppia di barre $\varnothing 6$ o in alternativa un traliccio di acciaio zincato $\varnothing 5$ (fig. 5).

La caratterizzazione del sistema di muratura armata Alan Metauro, effettuata dai ricercatori dell'Università di Padova, si è basata su:

- n.16 *prove di compressione uniassiale*, di cui 8 su pilastri da 1070 x 380 x 300 mm e 640 x 380 x 300 mm, 6 su muretti da 1030 x 1085 x 300 mm senza colonne di confinamento e le ultime 2 su muretti da 1550 x 1710 x 300 mm con colonne di confinamento;

- n.14 *prove cicliche di compressione e di taglio* (fig. 6), di cui 6 su muretti da 1550 x 1710 x 300 mm senza colonne di confinamento, 4 su muretti da 1550 x 1710 x 300 mm con colonne di confinamento e le ultime 4 su muretti da 1030 x 1085 x 300 mm con colonne di confinamento.

Le indagini sperimentali (fig. 6) hanno attestato una sufficiente robustezza dei blocchi a fori orizzontali che permette di evitare la prematura rottura a compressione e di trasferire, quindi, le azioni orizzontali agli elementi resistenti verticali di confinamento. I tralicci Murfor non influenzano, particolarmente, le caratteristiche meccaniche della muratura ma migliorano la distribuzione delle tensioni e la stabilità nella fase di fessurazione. La muratura armata, nel suo complesso, presenta un buon comportamento a flessione, discreta duttilità e capacità deformativa. La resistenza a taglio risulta soddisfacente, anche rispetto a standard e formulazioni teoriche.

Il secondo sistema analizzato, che utilizza blocchi CIS Edil (fig. 7), è stato progettato al fine di ottimizzare

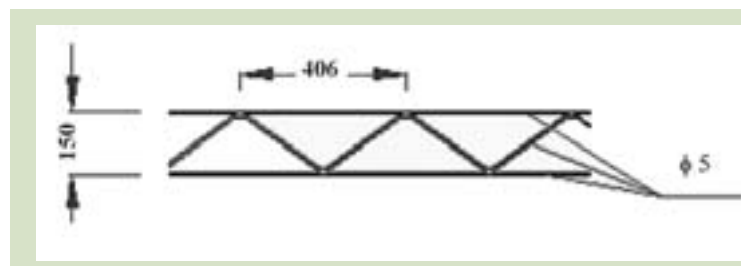


Fig. 5 - Traliccio Murfor RND/Z- 5-150 prodotto dalla Bekaert (misure in mm).

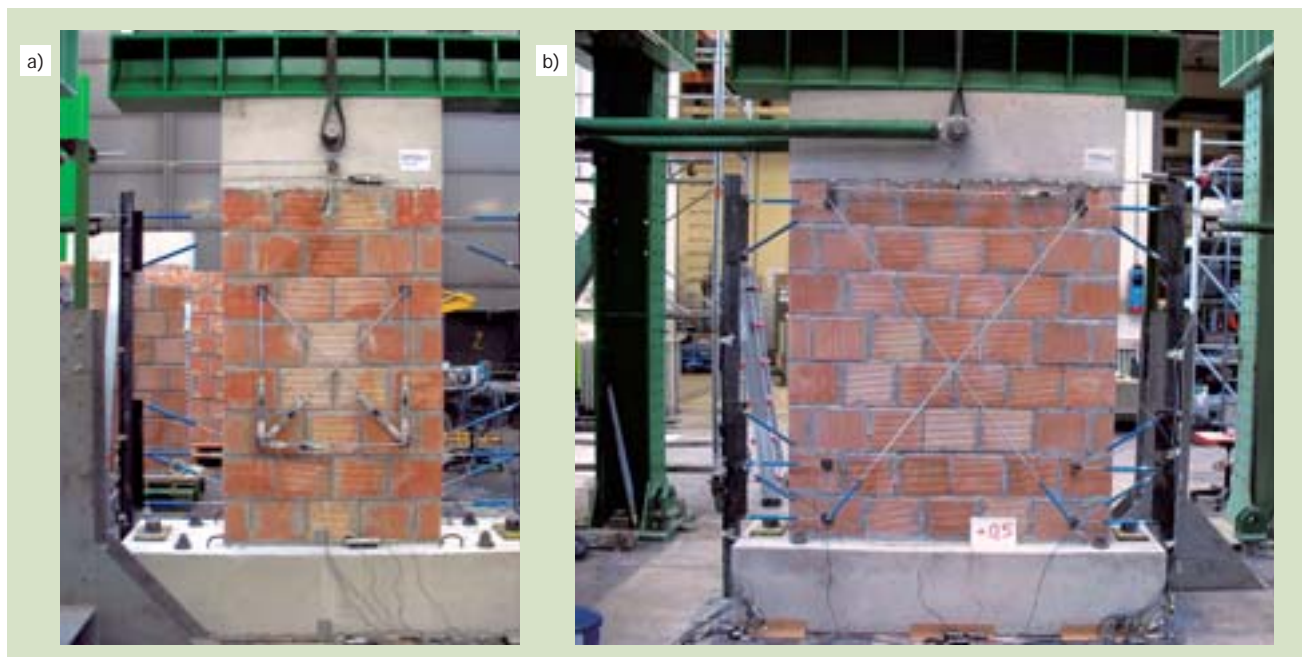


Fig. 6 - Sistema di muratura armata Alan Metauro: a) prova di compressione uniassiale su muretto da 1030 x 1085 x 300 mm senza colonne di confinamento; b) prova ciclica di compressione e taglio su muretto da 1550 x 1710 x 300 mm con colonne di confinamento.

il comportamento fuori piano delle murature portanti di grande altezza.

Considerando che la resistenza sismica è garantita dalle pareti parallele alla direzione del terremoto, l'Università di Padova ha studiato una struttura portante in muratura armata adatta a costruzioni con pareti molto alte (6 ÷ 8 m), tipiche degli edifici industriali, palazzetti dello sport, centri commerciali, ecc. È stato, in particolare, indagato il comportamento di tali pareti soggette a carichi orizzontali fuori piano come per eventi sismici o azioni del vento (fig. 8).

Per la caratterizzazione meccanica del sistema di muratura armata CIS Edil è stata eseguita, su provini di diverse dimensioni e tipologia costruttiva (fig. 9), la seguente campagna sperimentale:

- n. 6 prove di compressione uniassiale, di cui 3 su muretti da 1030 x 990 x 380 mm con soli blocchi ad

H e altre 3 su muretti da 1165 x 990 x 380 mm con blocchi ad H e a C negli estremi;

- n. 6 prove a flessione, di cui 3 su muretti da 1030 x 990 x 380 mm con soli blocchi ad H e altre 3 su muretti da 1165 x 990 x 380 mm con blocchi ad H e a C negli estremi;
- n. 2 prove cicliche fuori piano su altrettante pareti in scala reale (di altezza $h = 6,0$ m, larghezza circa 2,0 m e spessore 0,38 m; fig. 10), di cui una con soli blocchi ad H e l'altra con blocchi ad H e a C negli estremi.

I risultati della sperimentazione hanno ampiamente dimostrato le eccellenti proprietà meccaniche dei sistemi strutturali esaminati: la resistenza risulta quasi tre volte più alta delle classiche murature armate tradizionali e la capacità deformativa è di due volte superiore a queste ultime. Inoltre, tali sistemi assicurano una maggiore stabilità dopo la fase di picco

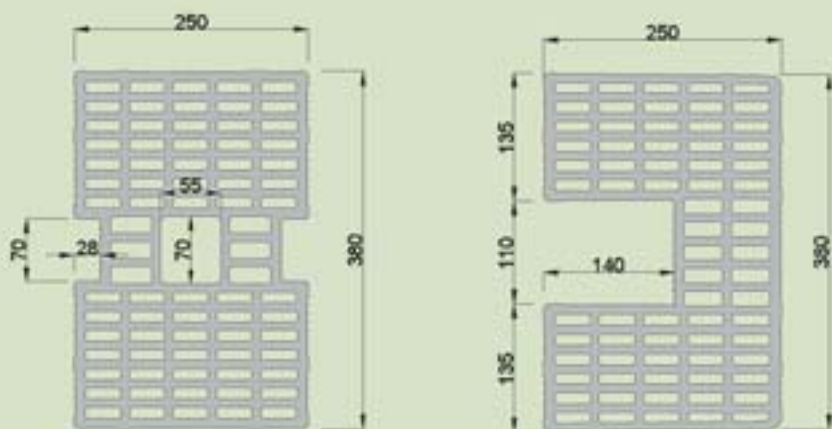


Fig. 7 - Nuovi blocchi in laterizio a fori verticali sviluppati dalla azienda italiana CIS Edil (misure in mm).

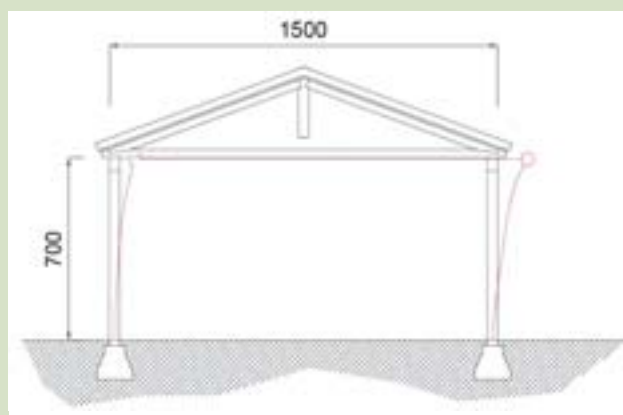
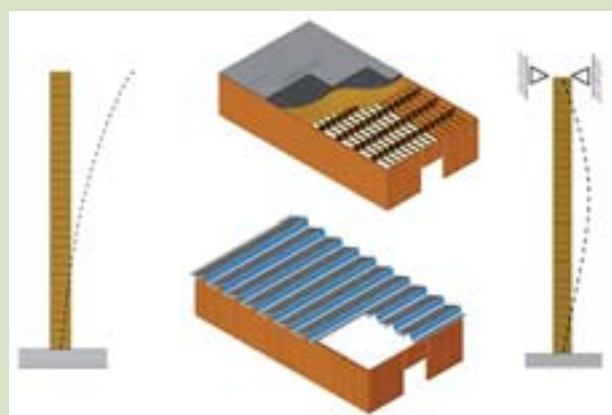


Fig. 8 - Sistema di muratura armata CIS Edil: comportamento fuori piano di pareti alte, tipiche di costruzioni industriali, sotto l'azione dei carichi orizzontali (misure in cm).

massimo del carico, con forze orizzontali che diminuiscono gradatamente.

Nell'ultima fase del progetto DISWall è prevista, infine, la realizzazione di un edificio per il quale venga adottata una delle nuove tecnologie costruttive sviluppate nell'ambito della ricerca. Per il caso studio è stato utilizzato il sistema di muratura portante armata realizzata con gli innovativi blocchi in laterizio prodotti dalla CIS Edil. A tal fine, il cantiere dimostratore selezionato è una costruzione per civile abitazione, la casa di Padenghe del Garda (figg. 11 a, b, c e 12), la cui scelta è legata a più di una motivazione:

- la casa uni-bifamiliare rappresenta una tipologia largamente richiesta e generalmente meno industrializzata rispetto ad un edificio ad uso produttivo-commerciale. I risultati derivati dallo studio determineranno un'importante valore aggiunto in una realtà edilizia fortemente orientata verso costruzioni di tipo residenziale;
- la struttura in muratura portante presenta lo stesso



sistema costruttivo testato, nel corso della ricerca, in modo che possa essere eseguita un'utile comparazione tra le indagini di laboratorio e l'esperienza in sito;

- il sistema costruttivo in muratura armata da sperimentare è principalmente rivolto alla realizzazione di pareti alte; la casa in questione è caratterizzata da alcune camere a doppia altezza, dove i pannelli murari raggiungono una quota interpiano di 5,7 m. La casa di Padenghe del Garda (BS), attualmente ancora in costruzione, è stata già oggetto di indagini diagnostiche non distruttive con il Georadar o GPR (*Ground Penetrating Radar*) che, attraverso l'individuazione della posizione e delle dimensioni dell'armatura, ha permesso la verifica in sito della corretta esecuzione in cantiere degli elementi strutturali rispetto alle specifiche progettuali.

Come stabilito nei termini del progetto, nel mese di gennaio 2008 si sono chiuse le attività di ricerca DISWall. Tuttavia, l'ANDIL, insieme all'Università di Padova e alle due aziende Alan e CISEDIL, proseguì-

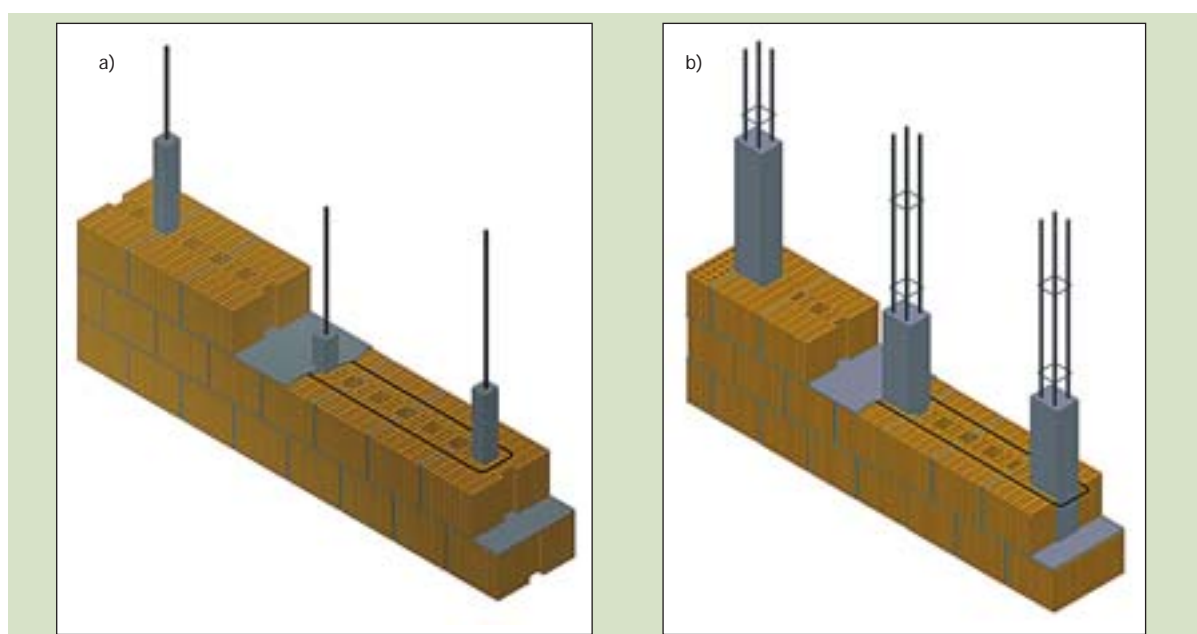


Fig. 9 - Sistema di muratura armata CIS Edil: a) blocchi in laterizio con geometria ad H, 1 ø 16 per l'armatura verticale e 2 ø 6 per l'armatura orizzontale; b) blocchi in laterizio con geometria ad H e a C, 4 ø 16 per l'armatura verticale e 2 ø 6 per l'armatura orizzontale.



Fig. 10 - Sistema di muratura armata CIS Edil: realizzazione delle pareti in scala reale a Luzzara (BS) e strumentazioni di prova.

ranno la disseminazione dei risultati e definiranno le strategie per lo sfruttamento commerciale dei nuovi prodotti sviluppati in Italia, collaborando per tutto il 2008 sull'avvio di numerose, ulteriori azioni, come:

- la *comunicazione*, con pubblicazioni di articoli ad hoc e presentazioni di report scientifici;
- la *formazione*, attraverso corsi specialistici per tecnici del settore e seminari universitari.

ESECMaSE

Il progetto di ricerca ESECMaSE (www.esecmase.org) è condiviso in totale da 26 partner europei, di cui 8 PMI, 7 Associazioni industriali e 11 Università ed Enti di ricerca (fig. 13), con un finanziamento di circa 3,00 milioni di euro, di cui 2,174 milioni sostenuti dalla Commissione europea.

Scopo del progetto ESECMaSE è contribuire ad ampliare e diffondere la conoscenza della resistenza delle murature soggette a carichi orizzontali e sviluppare un approccio armonizzato nei confronti degli standard progettuali. Tale esigenza nasce dalla seguente considerazione: molti edifici in tutta Europa sono costruiti in muratura, principalmente con struttura portante realizzata in blocchi e malta; sebbene questa centenaria tecnologia costruttiva si sia consolidata nel tempo, è stata più volte messa in discussione dal mondo della ricerca a causa delle sue criticità rispetto alle azioni sismiche e del vento. Infatti, non è raro che, per effetto di sismi o venti violenti, si manifestino azioni orizzontali sulle strutture che risultano di gran lunga superiori a quelle previste in fase progettuale. Queste problematiche sono trattate in maniera estesa dai nuovi codici delle costruzioni - gli Eurocodici - che stabiliscono per le strutture in muratura specifiche prescrizioni sulle tolleranze dei carichi orizzontali. Pertanto, il progetto di ricerca intende fornire indicazioni puntuali ed aggiornate sui metodi

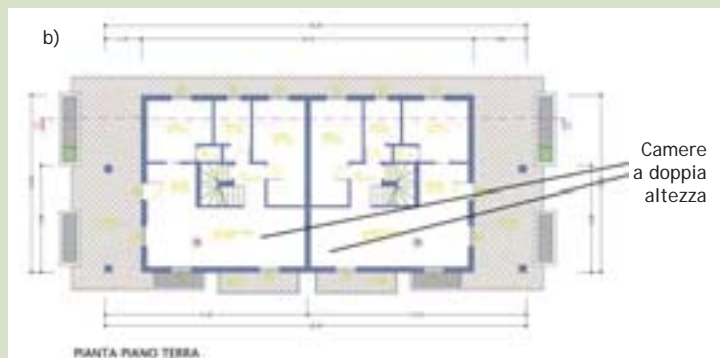


Fig. 11 - Casa bifamiliare di Padenghe del Garda (BS): a) prospetto sud; b) pianta piano terra; c) sezione.



Fig. 12 - Cantiere di Padenghe del Garda (BS): a sinistra, situazione nel mese di ottobre 2007; a destra, avanzamento dei lavori nel mese di gennaio 2008.

Istituto/Società	Nazione	Tipo
Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau	Germania	Associazione
Bundesverband Kalksandsteinindustrie	Germania	Associazione
Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie	Germania	Associazione
Verband Österreichischer Beton und Fertigteilwerke	Austria	Associazione
Verband Österreichischer Ziegelwerke	Austria	Associazione
ANDIL Assolaterizi	Italia	Associazione
Peter GmbH Kalksandsteinwerk KG	Germania	Azienda produttrice - PMI
Zapfwerke GmbH & Co. KG	Germania	Azienda produttrice - PMI
Cirkel GmbH & Co. KG	Germania	Azienda produttrice - PMI
Ziegelwerk Bellenberg Wiest GmbH & Co. KG	Germania	Azienda produttrice - PMI
Herbert Pexider GmbH	Austria	Azienda produttrice - PMI
RIL Rondi Industria Laterizi S.p.A.	Italia	Azienda produttrice - PMI
LIAS Vinitrov, Lehky Stavebni Material K.S.	Svizzera	Azienda produttrice - PMI
SEPA SARL	Francia	Azienda produttrice - PMI
University of Kassel	Germania	Università
Dipartimento di Meccanica Strutturale Università degli Studi di Pavia	Italia	Università
National Technical University of Athens Laboratory for Earthquake Engineering	Grecia	Università
Netherlands Organisation for Applied Scientific Research	Olanda	Ente di ricerca
Technische Universität Darmstadt - Institut für Massivbau	Germania	Università
Dresden University of Technology	Germania	Università
Technische Universität München - Lehrstuhl für Massivbau	Germania	Università
Ingenieurkonsulent für Bauwesen Dipl. Ing. Dr. Anton Pech	Austria	Ente di ricerca
Joint Research Centre	Italia	Ente di ricerca
Forschungsvereinigung Kalk-Sand	Germania	Ente di ricerca
Institut für Ziegelforschung	Germania	Ente di ricerca
European Autoclaved Aerated Concrete Association	Germania	Associazione

Fig. 13 - Partner del progetto ESECMaSE "Enhanced Safety and Efficient Construction of Masonry Structures in Europe".

a)



b)



Fig. 14 - Sperimentazione eseguita nei laboratori del JRC: a) modello in scala dell'edificio a due piani in muratura di blocchi in silicato di calcio, con i due bracci meccanici che applicano l'azione orizzontale di piano; b) particolare della fessurazione diagonale, tipico danneggiamento per rottura a taglio di una delle pareti parallele alla direzione di carico.

di prova e sui criteri di analisi necessari ad architetti e ingegneri per la progettazione e la verifica degli edifici in base ai requisiti fissati dai nuovi codici.

Il termine delle attività del progetto, partito nel giugno 2004, era inizialmente previsto per giugno 2007, ma una serie di ritardi nelle campagne sperimentali ha reso necessario prorogare la fine dei lavori di altri otto mesi.

In occasione dell'ultimo *meeting*, che si è tenuto lo scorso dicembre 2007 presso l'importante Ente di ricerca europeo, il *Joint Research Center*, di Ispra (VA), sono stati illustrati lo stato di avanzamento delle attività degli ultimi mesi di lavoro ed i risultati dei test ultimati dai partner ricercatori. Nella circostanza, i partecipanti hanno potuto assistere ad una serie di tre interessantissime prove pseudodi-

namiche, appositamente organizzate nei laboratori del JRC.

Le suddette prove hanno simulato un sisma equivalente ad accelerazioni di picco pari a 0,10 g, 0,12 g e fino a 0,14 g (corrispondenti al *range* delle accelerazioni orizzontali di picco utilizzate nella progettazione di edifici rientranti nella zona sismica 3 del territorio italiano, OPCM 3274/03 e smi) su un modello in scala reale di una casetta in muratura portante, a due livelli, realizzata con blocchi di silicato di calcio (fig. 14).

La sperimentazione dei ricercatori del JRC sarà portata avanti sino a collasso della struttura, al fine di conoscere la capacità strutturale ultima della stessa. Prove dello stesso tipo saranno poi eseguite su un modello simile costruito anche con blocchi in laterizio. Le Università di Kassel e di Pavia sono, invece, coinvolte nelle prove cicliche di tipo statico. Questa attività sperimentale riguarda tutte le tipologie di elementi da muro oggetto della ricerca ESECMaSE; quelle di produzione italiana sono riportate nella figura 15 (blocco in laterizio Alveolater tradizionale, ad incastro e rettificato con incastro); quelle tedesche sono invece riprodotte nella figura 16.

I risultati delle prove sono stati raccolti ed elaborati per la definizione della duttilità strutturale di ciascuna tipologia costruttiva e saranno presentati, a breve, con articoli specialistici da pubblicare su riviste tecniche, con seminari professionali e convegni scientifici (come alla 14° Conferenza Internazionale sulle Murature che si è tenuta a Sidney dal 17 al 20 febbraio 2008).

I ricercatori delle altre due Università tedesche

Blocco in laterizio
Alveolater
tradizionale

l x t x h = 30 x 25 x 19 cm

Blocco in laterizio
Alveolater
ad incastro

l x t x h = 30 x 25 x 19 cm

Blocco in laterizio
Alveolater rettificato
ad incastro

l x t x h = 30 x 25 x 23 cm



Fig. 15 - Tipologie di blocchi testati dall'Università di Pavia, prodotti dalla azienda italiana RIL.



Fig. 16 - Tipologie di blocchi di produzione tedesca.

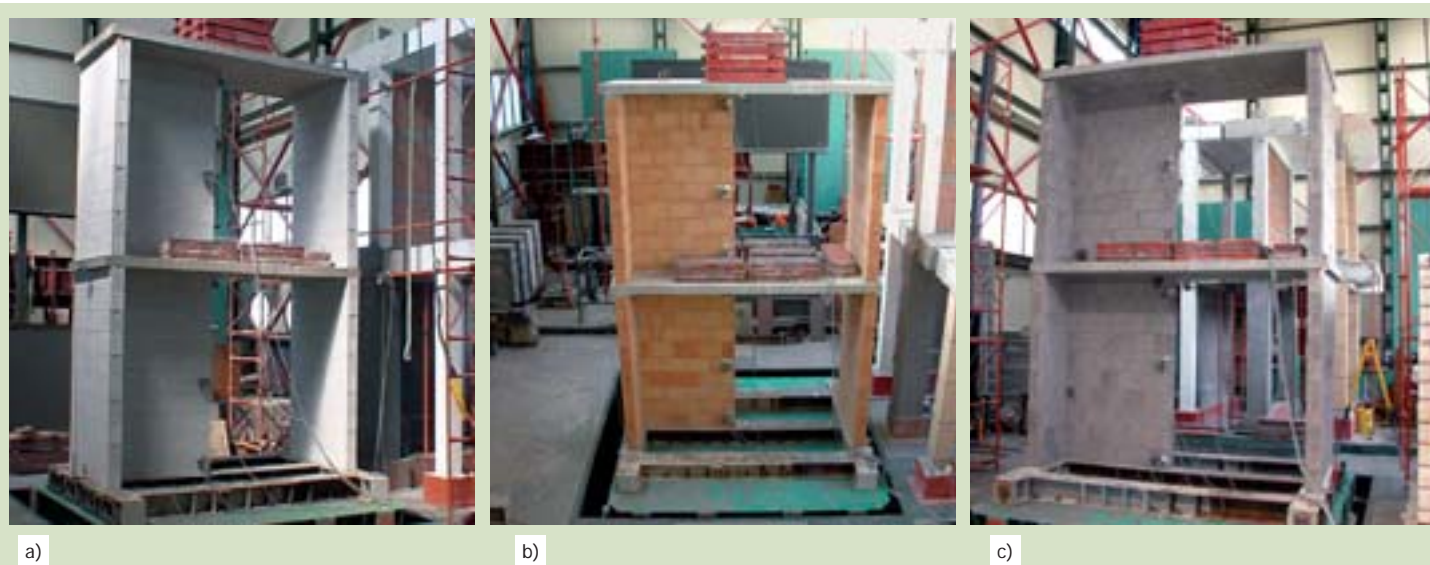


Fig. 17 - Sperimentazione su tavola vibrante presso l'Università di Atene: a) modello con blocchi di silicato; b) modello con blocchi di laterizio; c) modello con blocchi di cls leggero.

(Desdra e Monaco) hanno lavorato ad analisi numeriche, con raffinati modelli di calcolo, di tipiche costruzioni in muratura soggette a carichi sismici e all'implementazione di un documento ad hoc contenente gli standard della prova di taglio su murature per la redazione di una prossima normativa europea.

All'Università di Atene sono state effettuate prove dinamiche su tavola vibrante di sette provini in scala reale (con una superficie in pianta pari a 2,9 x 3,75 m e un'altezza di circa 2,5 m ad ogni piano), costruiti sia con muratura ordinaria che rinforzata, utilizzando per i primi tre prototipi blocchi di silicato di calcio, per i secondi tre blocchi in laterizio, e solo muratura armata per l'ultimo provino con blocchi di calcestruzzo alleggerito (fig. 17). L'analisi dei risultati sperimentali ha permesso una valutazione complessiva del comportamento dinamico dei diversi sistemi indagati: la risposta di tutti i provini è risultata, sostanzialmente, di tipo "fragile".

Ancora in fase di discussione ed elaborazione è, invece, uno dei più importanti risultati che ci si aspetta dalla ricerca: la valutazione del *fattore di struttura q* per ciascuno dei sistemi di muratura portante

esaminati. Grazie al fattore di struttura q (trattato sia nell'EC8 che nel nuovo testo delle Norme Tecniche per le Costruzioni "italiane"; fig. 18), infatti, è possibile progettare e verificare strutture soggette ad azioni sismiche attraverso l'approccio più semplice dell'analisi statica lineare.

Alla conclusione del progetto ESECMaSE, che terminerà ufficialmente nel primo semestre 2008, saranno diffusi gli esiti della ricerca.

Tipologia strutturale	q_0
Costruzioni in muratura ordinaria	$2,0 \alpha_0/\alpha_1$
Costruzioni in muratura armata	$2,5 \alpha_0/\alpha_1$
Costruzioni in muratura armata progettati secondo la "gerarchia delle resistenze" (GR)	$3,0 \alpha_0/\alpha_1$

Fig. 18 - Valori massimi del fattore di struttura q_0 per le diverse tipologie strutturali in muratura (nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 14/01/08, che sostituiscono quelle di cui al D.M. 14/09/05).