

Pre-cast concrete walls: techniques and technologies for performance optimization

Albina Sciotti^{a*}

^a *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh), Politecnico di Bari, Via Orabona 4, 70125, Bari, Italia*

Highlights

Potentialities of envelope pre-cast structures.
Possibility to improve sustainability characteristics of reinforced concrete structures.
Technical and technological performances of pre-cast systems.

Abstract

The paper is going to describe the studies toward construction and control of an innovative semi pre-cast composite wall, as efficient system for energy saving, performance improvement and static optimization. In detail, the present paper focuses on technical and technological issues for design and construction of semi pre-cast panels, in order to achieve both high quality of the final product, in terms of tightness of connections and ease of assembly, and reduction of energy dispersions and thermal bridges.

Keywords

Precast concrete walls, Construction methods and techniques, Design

1. INTRODUZIONE

A livello nazionale il settore delle costruzioni è in una situazione di crisi drammatica, che si prevede debba proseguire anche nel 2015. I principali indicatori settoriali riferiti all'anno 2014 evidenziano un inasprimento della crisi nel corso dell'anno. Nel primi tre trimestri del 2014 il calo in termini di investimenti in costruzioni è stato del 3,1% nel confronto con lo stesso periodo dell'anno precedente. L'indagine condotta dall'Ance nel mese di ottobre scorso presso le imprese associate ha confermato il peggioramento della situazione di forte difficoltà in cui operano le imprese e la preoccupazione per le prospettive future. Sulla base di tali indicazioni e tenendo conto degli indicatori relativi alle costruzioni, la stima dell'Ance per il 2014 segna una flessione del 3,5% in termini reali degli investimenti in costruzioni, in peggioramento rispetto allo scenario formulato a giugno scorso (-2,5%). Il 2014 rappresenta il settimo anno consecutivo di crisi e dal 2008 il settore delle costruzioni ha perso il 32% degli investimenti pari a circa 64 miliardi di euro. [1]

Tuttavia, proprio il fatto che il descritto trend negativo del settore delle costruzioni negli ultimi anni sia coinciso con il periodo peggiore della crisi economica internazionale, porta a delle fondate previsioni di forte ripresa del settore stesso, a condizione però che esso si orienti e caratterizzi verso soluzioni più sostenibili, considerato il fortissimo impatto che il settore ha sul consumo di risorse non rinnovabili, energia inclusa, e sull'emissione dei gas serra.

* Corresponding author. Tel.: +39-080-5963420; fax: +39-080-5963420; e-mail: albina.sciotti@poliba.it

L'attuale scenario delle disposizioni legislative nazionali ed internazionali in materia di sostenibilità ambientale ed energetica nell'ambito edile, ha fatto sì che si generasse un mercato di sistemi edilizi e materiali da costruzione, rispondenti ai requisiti prescritti da tali normative, che però risultano difficilmente adottabili per questioni relative al loro costo. La crescente necessità delle aziende appartenenti al comparto edile di far fronte alla crisi attuale impone lo sviluppo di soluzioni innovative "low cost, high performance".

I sistemi di costruzione prefabbricati o parzialmente prefabbricati, traggono spunto da una tradizione costruttiva in via di consolidamento nel settore delle costruzioni, in virtù della sua facilità ed economicità nel processo di produzione, trasporto e messa in opera.

Tuttavia a tali criteri di premialità non corrisponde spesso un prodotto finito di eccellenza in termini qualitativi. In tale contesto nasce il progetto di ricerca dal titolo "Sistema Prefabbricato ad Elevate Prestazioni meccaniche, termo igrometriche ed acustiche per tamponamenti e murature portanti" HPWalls (High Performance Wall System), finanziato dalla Regione Puglia (P.O. PUGLIA FESR 2007-2013 Linea 1.2 - Azione 1.2.4 - Bando "Aiuti a Sostegno dei Partenariati Regionali per l'Innovazione") nell'ambito del quale i partners (Ferramati srl, Politecnico di Bari, e Centro Laser S.c.a.r.l.) si propongono di studiare, sperimentare e validare un innovativo sistema di chiusura verticale opaca, strutturale e non, costituita da elementi compositi [2], [3] ad elevate prestazioni, collegati tra loro tramite connessioni trasversali, a formare un intercapedine atta ad ospitare un getto di calcestruzzo (o equivalente) in opera, isolata esternamente da pannelli coibenti in materiale ecocompatibile o da riciclo.

2. STATO DELL'ARTE

Le pareti perimetrali verticali rivestono oggi più che mai un ruolo fondamentale all'interno dell'involucro edilizio sia in termini energetici che di sicurezza statica.

Nello specifico i recenti orientamenti normativi, sia Nazionali che Europei, mirano ad un drastico abbattimento dei consumi energetici degli immobili a destinazione residenziale più che industriale o terziario. In quest'ottica le chiusure verticali assumono grande importanza non solo in quanto mediano gli scambi termici ed acustici tra gli ambienti esterni e gli ambienti interni, ma anche perché rappresentano una parte consistente del volume di materiali impiegato per la costruzione dell'edificio, racchiudendo in sé tutto l'organismo edilizio.

Con riferimento alle tecnologie costruttive prefabbricate di involucro si distinguono due diverse macro categorie che differiscono tra loro per l'impiego di materiali caratterizzati da densità molto diverse quali le tecnologie massive e le tecnologie leggere. Le prime si caratterizzano per l'utilizzo di materiali pesanti e massivi che possono conferire all'involucro benefici per ciò che concerne l'inerzia termica e l'isolamento acustico degli ambienti interni, le seconde invece utilizzano sottostrutture di vari materiali, che sostengono i tamponamenti opachi composti principalmente da materiali isolanti, a cui internamente ed esternamente, vengono applicate i rivestimenti. La facilità di posa in opera e di trasporto, legati al loro peso esiguo se paragonato alle tecniche costruttive massive, hanno favorito lo sviluppo di queste tecnologie soprattutto nei paesi del Nord Europa e negli Stati Uniti.

Gli elementi prefabbricati massivi ed in particolare quelli in cemento armato, che possono comporre sia le strutture portanti che gli involucri esterni, trovarono larga diffusione nel secondo dopoguerra nell'edilizia industriale e nell'edilizia popolare soprattutto nei paesi dell'est Europa, ma la scarsa attenzione rivolta agli aspetti estetici di queste tecnologie in cemento armato prefabbricato unitamente alle nuove esigenze di isolamento termico, non facilitarono lo sviluppo di queste tecnologie, anzi, molto frequentemente i concetti di standardizzazione e prefabbricazione furono, e sono ancor oggi, associati a modesti risultati in termini sia estetici che di performance, nonché ad una scarsa ricercatezza compositiva e formale.

Attualmente l'industria edilizia, orientata sempre più verso la sostenibilità prima economica e poi anche ambientale, si sta riaffacciando alle soluzioni prefabbricate, conoscendone ovviamente i vantaggi; sebbene i materiali più pesanti e massicci, come i materiali lapidei e i prodotti cementizi, comportino alcune criticità nelle fasi di posa in opera degli elementi per via dei maggiori pesi in gioco se paragonati alle tecnologie leggere, una sapiente e corretta prefabbricazione di elementi in cemento armato per la composizione dell'involucro esterno può portare alla realizzazione di elementi edilizi di dimensioni precise e che possono essere connessi tra loro e ancorati alla struttura portante o addirittura fungere loro stessi da struttura portante gestendo i carichi statici dell'edificio. Questi elementi oltre a poter conferire alla facciata dell'edificio ogni sorta di declinazione stilistica e formale, non limitando quindi l'espressività del progettista ma favorendone oltremodo la creatività, allo stesso tempo garantiscono velocità di realizzazione, stabilità, prestazioni adeguate in termini di inerzia e di isolamento termico.

Nel panorama della produzione di elementi prefabbricati in cemento armato, troviamo varie tipologie di elementi per la composizione dell'involucro verticale esterno tra le quali particolarmente interessanti ai fini della ricerca sono risultati:

- Sistema a doppia lastra in cls armato costituito da due pareti di calcestruzzo armato, tra loro parallele, realizzate in stabilimento, di uno spessore generalmente pari a 5cm e poste ad una distanza reciproca variabile tra i 20 e i 40cm, collegate da tralicci in acciaio. In esse è già incorporata tutta l'armatura necessaria a garantire la stabilità del muro. In cantiere la doppia lastra viene posata e stabilizzata, quindi l'intercapedine libera fra le due lastre viene riempita con un getto di calcestruzzo di completamento il quale realizza, a getto indurito, una parete in calcestruzzo armato monolitica.
- Pannelli sandwich con isolamento che prevede due elementi prefabbricati in cemento al cui interno, in una intercapedine appositamente creata, vengono collocati uno o più strati di isolamento prodotti con sistema a spruzzo, posati in stampi di legno o di vetroresina, con una struttura interna di profilati metallici di acciaio zincato caldo e coibentazione in lana di roccia o in isolanti di origine sintetica. I profili, annegati in ogni pannello, garantiscono il fissaggio ad apposite staffe predisposte in precedenza nei solai o nei pilastri, e permettono al sistema di ancorarsi saldamente alla struttura portante dell'edificio.
- Blocchi cassero in materiale coibente leggero costituiti da due lastre generalmente in EPS, aventi la duplice funzione di cassero al momento del getto, effettuato in opera, e di doppio cappotto isolante, connesse tra loro da due reti di acciaio strutturale poste all'interno tra le lastre. In cantiere il sistema deve essere

completato mediante il posizionamento di armatura aggiuntiva da progetto e il getto di conglomerato cementizio di tipo ordinario. La fase di getto di calcestruzzo in cantiere consente, attraverso una unica operazione, la realizzazione delle strutture portanti, dei tamponamenti e della coibentazione termica dell'edificio.

Il progetto di ricerca mira a realizzare e verificare un nuovo sistema costruttivo che, partendo dalla tradizione costruttiva delle doppie lastre, le reinterpreta fondendola con le tecnologie dei pannelli sandwich [4] e dei casseri a perdere in materiale leggero quale l'EPS [5], [6], al fine di proporsi come risposta efficace alla riduzione dei consumi energetici, al miglioramento delle prestazioni e all'ottimizzazione del comportamento statico, adoperando materiali e processi di produzione sostenibili.

3. METODOLOGIA

Obiettivi generali della ricerca sono lo studio della geometria/forma dei pannelli e dei sistemi di connessione, lo studio delle prestazioni meccaniche, nonché della rispondenza ai requisiti sismici della chiusura verticale e l'ottimizzazione delle prestazioni termoigrometriche ed acustiche.

In particolare il presente contributo focalizza la sua attenzione sulle questioni tecniche e tecnologiche connesse alla progettazione ed alla realizzazione di pannelli semi prefabbricati nell'ottica di una elevata qualità del prodotto finale in termini di miglioramento delle caratteristiche termiche e di leggerezza del sistema in una prospettiva di miglioramento della sostenibilità ambientale dello stesso.

Come si è accennato lo studio parte dalla volontà di evolvere un sistema costruttivo consolidato, quale la doppia lastra, prodotto in Italia in modo industriale ormai dagli inizi degli anni 80 [7]. In questa ottica, sono state analizzate le caratteristiche tecnologiche e costruttive di tale sistema e individuate le relative aree di miglioramento in relazione agli obiettivi posti nel progetto. Queste, relativamente ai soli ambiti di interesse del presente contributo, sono risultate essere:

- a) Presenza di elementi coibenti già ineriti nel sistema
- b) Coibenza del conglomerato
- c) Peso del sistema a piè d'opera
- d) Sostenibilità ambientale del sistema

Quindi, individuate le azioni da intraprendere volte alla ottimizzazione del prodotto, si è proceduto alla progettazione delle singole soluzioni, nonché alla verifica della compatibilità di tali soluzioni costruttive con i processi produttivi esistenti operando, laddove necessario, progettazioni mirate all'adeguamento di tali processi di produzione.

Al fine di garantire la presenza di elementi coibenti al sistema si è studiata la possibilità di solidarizzare, già in fase di prefabbricazione in stabilimento, al supporto in calcestruzzo armato un isolate termico mediante sistemi che non prevedessero l'inserimento di materiali altri, quali collanti o adesivi, finalizzati a garantire la adesione e la tenuta del coibente.

Con lo scopo di aumentare la coibenza termica del conglomerato e ridurre contemporaneamente il peso si sono studiate delle miscele apposite che inglobassero tra gli inerti elementi di alleggerimento con particolari caratteristiche termiche quali l'EPS.

Nell'ottica di migliorare la sostenibilità ambientale del sistema si è testata la possibilità che tale componente di alleggerimento fosse da riciclo.

Sono state quindi progettate 11 tipologie di miscele, di cui una di riferimento priva di EPS, realizzate sostituendo sia l'intero fuso granulometrico della sabbia con EPS riciclato in volume in diverse percentuali, sia attraverso la sostituzione parziale di determinate frazioni del fuso granulometrico della sabbia con l'EPS riciclato corrispondente in granulometria.

4. RISULTATI

La parete a doppia lastra si pone come un elemento costruttivo che porta con sé i vantaggi delle costruzioni prefabbricate, quali velocità di montaggio, praticità e semplicità, congiuntamente alla flessibilità data da un muro in calcestruzzo gettato in opera e dalla possibilità di realizzazione "su misura".

Il presente contributo evidenzia gli studi relativi alla ottimizzazione delle performance della parete in termini termici e tecnologici che hanno portato, nell'ambito del progetto di ricerca, alla realizzazione di una soluzione tecnologica ad oggi in via di brevettazione.

Nello specifico, al fine di evolvere tale tipologia di chiusura in un sistema che abbia in sé anche soluzioni di coibentazione e di eliminazione dei ponti termici, sono stati effettuati studi relativi alla geometria e alla forma dei pannelli e dei sistemi di connessione orizzontali e verticali tra i pannelli stessi, individuate soluzioni tecniche atte a garantire la tenuta termica dei punti singolari e la eliminazione dei ponti termici in tali aree, unitamente ai sistemi di solidarizzazione dei vari strati che compongono il sistema nella sua interezza nell'ottica di integrare nella produzione in fabbrica lo strato coibente.

Al fine di individuare le miscele più idonee all'impiego per usi strutturali nella parete descritta, gli impasti studiati sono stati sottoposti ad opportune analisi meccaniche che vanno dallo slump test effettuato immediatamente dopo la preparazione delle miscele, sull'impasto ancora fresco prima che fossero confezionati i provini, alle prove per la determinazione della resistenza a compressione eseguite in accordo con la UNI EN 12390-3:2009. La lavorabilità dei conglomerati è stata determinata, ai sensi delle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004, attraverso l'impiego del cono di Abrams secondo la UNI 12350-2:2009.

Le miscele sono state sottoposte inoltre a prove acustiche per la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico, in conformità con la UNI EN ISO 10534-2:2001, nonché a prove fisico termiche quali determinazione della massa volumica in accordo con la UNI 7548-2:1992, determinazione della conduttività termica in accordo con la UNI 10351:1994, della diffusività termica e della capacità termica volumetrica.

A questo si aggiungono valutazioni di Life Cycle Assessment atte a valutare il livello di sostenibilità della fase produttiva, manutentiva e di smaltimento delle pareti, per usi residenziali.

5. CONCLUSIONI

La ricerca, pur condotta secondo un approccio scientifico di ampio respiro, ha seguito parallelamente i desiderata e le esigenze dell'azienda produttrice cui il progetto è profondamente legato, giungendo alla realizzazione di un prototipo a scala reale nel quale è stato curato anche l'aspetto tecnologico legato alla attrezzabilità del sistema e alla possibilità di ospitare impianti da parte dello stesso senza che sia intaccata in alcun modo la sua integrità materica in ogni suo strato.

Ad oggi si stanno concludendo le analisi in opera delle prestazioni del sistema, e si sono individuati ambiti di sviluppo futuro dello stesso attraverso la possibilità di ottimizzare il livello di sostenibilità mediante la sostituzione delle fodere in polistirene vergine con altre in EPS riciclato.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] ANCE, OSSERVATORIO CONGIUNTURALE SULL'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI a cura della Direzione Affari Economici e Centro Studi, Dicembre 2014.
- [2] UNI EN 14992/2012.
- [3] UNI EN 13369/2013.
- [4] PCI Committee on Pre-cast Concrete Sandwich Wall Panels, State of the art of Precast/Prestresses Sandwich Wall Panels. PCI J. 1997; 42(2):92-133.
- [5] C. Ceccoli, C. Mazzotti, M. Savoia, G. Dallavalle, G. Perazzini, C. Tommasoni, Indagini sperimentali su una tipologia di pannelli in c.a. alleggeriti gettati in opera. Atti XIV Convegno CTE, Mantova, (2002), 5557-67.
- [6] F. Gara, L. Ragni, D. Roia, L. Dezi, Experimental tests and numerical modelling of wall sandwich panels. Engineering Structures, (2012), vol 37, 193-204.
- [7] M. Lavizzari et al., L'evoluzione del settore (strutture, tubi, blocchi, calcestruzzo cellulare, fibrocemento, traverse, pali, cabine, inserti), in Beton n. 5, 1998.