

Il recupero post-sisma delle palazzine Ater di Gignano (L'Aquila): un intervento integrato per il miglioramento delle prestazioni antisismiche e termiche

Antonio Mannella¹, Alberto Lemme², Antonio Martinelli¹, Massimiliano Andreassi³, Antonio Castellucci³

1) *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione. Via Giosuè Carducci 32, L'Aquila*

2) *Libero Professionista, Isernia*

3) *Proteo Associati, Via Tito Pellicciotti 7B, L'Aquila*

Keywords: Miglioramento sismico, prestazioni energetiche, tamponature a cassero, sisma Abruzzo 2009

ABSTRACT

Con la pubblicazione del decreto legislativo 192/2005 è stata recepita in Italia la direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, contenente, tra le altre cose, i criteri generali per la classificazione energetica e una revisione generale dei requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici. Negli anni successivi i criteri di classificazione energetica degli edifici sono diventati via via più stringenti, evidenziando come gli edifici esistenti in Italia, realizzati in larga parte prima degli anni '80 presentino elevate carenze sul fronte della prestazione energetica, oltre che un'elevata vulnerabilità sismica. La possibilità di intervenire contemporaneamente per ridurre entrambi i deficit, termico e sismico, può determinare notevoli riduzioni dei costi d'intervento e rendere sostenibili interventi di riqualificazione degli edifici esistenti rispetto alla sostituzione edilizia. In particolare interventi specifici sulle tamponature esterne dell'edificio possono conseguire entrambi i risultati.

Nella presente memoria è descritta l'esperienza del recupero post-sisma di alcune palazzine Ater situate nel quartiere di Gignano, a L'Aquila. Tali palazzine sono state oggetto di un intervento integrato di recupero degli elementi danneggiati dal sisma del 2009 e miglioramento delle prestazioni sismiche ed energetiche, tramite sostituzione di parte delle tamponature esistenti con nuove tamponature in blocchi cassero ad elevate prestazioni termiche e strutturali. Il progetto realizzato, data l'invasività limitata, i bassi costi d'esecuzione, e la velocità nell'esecuzione dei lavori, può costituire un utile riferimento per interventi integrati di incremento delle prestazioni sismiche ed energetiche di edifici esistenti, anche non danneggiati dal sisma, da eseguire in tempi rapidi e con costi contenuti.

1 PREMESSA

La normativa tecnica per le costruzioni ha subito in Italia un'evoluzione incessante nelle ultime decine di anni; con il progredire delle conoscenze sulle modalità di risposta alle azioni sismiche, di volta in volta, seppur con ritardi più o meno importanti, la normativa è stata aggiornata, fissando dei requisiti sempre più stringenti per la realizzazione delle strutture, fino all'emanazione del DM Infrastrutture 14-01-2008, tuttora in vigore. Allo stesso modo si è assistito ad una modifica della normativa relativa al risparmio energetico degli edifici, che ha acquisito importanza a partire dagli anni '90 del secolo scorso. Un notevole impulso al risparmio energetico si è avuto a partire dal 2005, con il decreto legislativo 192, che ha recepito la

direttiva europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia. L'evolversi delle normative per i settori sopra citati, ha reso evidente il gap di prestazioni tra edifici di nuova costruzione ed edifici esistenti, soprattutto quelli realizzati nel corso del boom edilizio degli anni '60 e '70 del secolo scorso.

Anche le normative relative agli impianti hanno subito negli ultimi decenni vistose evoluzioni, volte sia al miglioramento delle prestazioni energetiche, sia all'incremento della sicurezza. Il terremoto che ha colpito la città di L'Aquila nel 2009 ha evidenziato la necessità di intervenire massicciamente sugli impianti nel caso degli interventi di ripristino degli edifici maggiormente danneggiati, con la necessità di prevedere spesso il completo rifacimento degli stessi a seguito degli interventi sulle loro strutture di supporto, stante l'impossibilità di eseguire un

semplice ripristino delle parti danneggiate o interessate dagli interventi di miglioramento sismico, a causa delle stringenti condizioni imposte dalla normativa in termini di sicurezza di funzionamento.

Appaiono quindi evidenti i vantaggi di intervenire in modo integrato su edifici esistenti al fine di abbattere i costi complessivi d'intervento e conseguire miglioramenti su più fronti, sia delle prestazioni sismiche, che energetiche, che impiantistiche.

2 LE PALAZZINE OGGETTO DI INTERVENTO ED IL SISMA DEL 2009

2.1 Le palazzine oggetto di intervento

I tre edifici oggetto di intervento sono situati nella periferia Est della città dell'Aquila, a poche decine di metri l'uno dall'altro. Fanno parte di un intervento unitario eseguito nei primi anni '90 del secolo scorso e sono tutti realizzati con struttura portante a telai spaziali in c.a. e tamponature a cassetta in mattoni forati con interposto isolante in lana di vetro da tre cm di spessore. Due dei tre edifici presentano cinque piani fuori terra oltre un sottotetto basso, il terzo edificio un piano abitativo in meno. La superficie coperta di ognuno dei tre edifici è di circa 270 mq e la forma in pianta è compatta e pressoché rettangolare (Figura 1 e Figura 2).

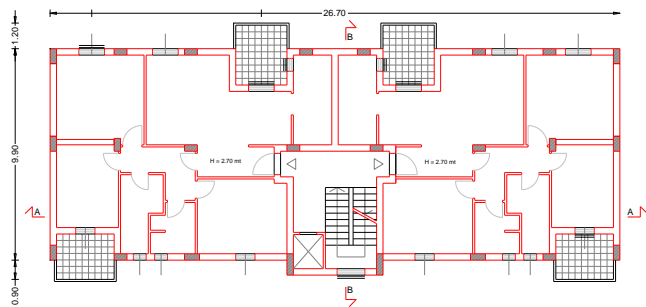


Figura 1: pianta piano tipo



Figura 2: prospetto sud dell'edificio con civico 19

2.2 I danni causati dal sisma del 2009

Nel corso del rilievo dell'agibilità e del danno eseguito nella fase di emergenza post-sisma, tutti e tre i fabbricati sono stati classificati con esito E, inagibili. I danni subiti dai tre edifici sono molto simili e riguardano soprattutto il danneggiamento degli elementi non strutturali, in particolare molte tamponature esterne e partizioni interne. L'entità del danno era maggiore agli appartamenti al piano primo e decresceva con l'aumentare del numero di piani. Alcuni elementi strutturali presentavano fessure capillari, soprattutto ai piani più bassi, dovute perlopiù al limitato spessore del copriferro in corrispondenza di alcune staffe. È stato riscontrato anche il danneggiamento dell'impianto termico, con molti elementi radianti distaccati dai supporti, delle canne fumarie delle caldaie degli appartamenti e all'impianto elettrico, in corrispondenza delle partizioni danneggiate. A completamento del quadro di danno si segnala la presenza di lesioni e distacchi in molti elementi di rivestimento dei bagni e delle cucine, soprattutto ai piani più bassi, oltre che degli elementi di rivestimento delle scale e di alcuni balconi.

3 IL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO ED ENERGETICO

3.1 Criteri d'intervento

Gli interventi previsti nel progetto di intervento sono classificabili in due grandi categorie: quelli relativi alla riparazione dei danni non strutturali, e dei pochi danni strutturali, e quelli volti al miglioramento sismico dei fabbricati. Sono state analizzate le esigenze imposte dalle condizioni oggettive dello stato di fatto riscontrate: quelle derivanti dalle possibili modalità operative per la realizzazione di interventi idonei e quelle associate all'entità dei costi; di conseguenza è stato previsto un intervento, di invasività molto limitata, che permettesse di raggiungere il più alto livello di miglioramento sismico, unitamente a migliorare le prestazioni energetiche dei fabbricati, allineando la trasmittanza delle pareti opache verticali a quella prevista dalla normativa vigente. A monte del progetto sono state eseguite varie prove sulle strutture che hanno permesso di raggiungere un livello di conoscenza LC3 secondo la normativa vigente e quindi è stato utilizzato un fattore di confidenza FC=1.

La tipologia di danno riscontrato, perlopiù localizzato agli elementi non strutturali, unitamente alla risposta dinamica degli edifici, che evidenziava una forte componente torsionale allo stato di fatto, in considerazione della necessità di contenere i costi di intervento, e al contempo garantire un miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici, oltre che della risposta sismica, ha fortemente condizionato la scelta dell'intervento. L'intervento è stato quindi teso a migliorare, come detto, il livello delle condizioni di sicurezza dell'edificio rispetto alle valutazioni delle condizioni di pericolosità e, nel contempo, consentire una limitata invasività. Per la finalità del progetto le tecniche di adeguamento antisismico che sono state ritenute più appropriate sono quelle che consentono di migliorare la risposta strutturale, intervenendo in maniera mirata e poco invasiva. Sono state pertanto individuate quelle finalizzate a:

- ridurre le irregolarità strutturali;
- rinforzare gli elementi strutturali senza ridurre la duttilità della struttura;
- migliorare la capacità sismica globale della struttura attraverso un sistema di protezione passiva mediante strutture di controvento dissipative;
- contribuire a migliorare la capacità sismica globale della struttura mediante la trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, con sostituzione di tamponature e tramezzature con elementi portanti di spessore e peso paragonabili.

Sulla base delle valutazioni precedenti, l'intervento che si è dimostrato più rispondente è stato quello orientato al rinforzo con l'inserimento di nuovi elementi strutturali. In particolare si è considerata la soluzione che prevede, in prevalenza, l'introduzione di strutture di controvento a graticcio in c.a. nel piano di alcuni telai, soluzione in grado di apportare un significativo incremento della capacità di risposta sismica, attraverso una adeguata redistribuzione delle rigidità e delle resistenze, e la loro capacità di dissipazione energetica affidata alla tipologia di soluzione adottata.

E' stato previsto anche, limitatamente, di rinforzare i nodi non confinati della struttura, ponendo in opera delle piastre in acciaio fissate agli elementi strutturali prossimi al nodo.

La scelta progettuale mira a limitare le sollecitazioni sulle strutture esistenti ed aumentare sensibilmente la duttilità. I vantaggi dell'utilizzazione delle pareti di controvento adottate risiedono, oltre che nella capacità di ridurre gli effetti delle azioni sismiche, grazie all'incremento di rigidità ed alla dissipazione di

energia, anche nella capacità di contenere le sollecitazioni trasmesse agli elementi adiacenti, grazie ad una rigidità tutto sommato limitata, se confrontata con la corrispondente rigidità di una parete piena in c.a.

Gli incrementi di sollecitazione negli elementi adiacenti sono risultati infatti modesti e sono stati previsti limitati interventi sugli stessi, solo in corrispondenza dei pilastri.

La scelta è quindi basata sul rafforzamento di alcuni elementi strutturali e sulla introduzione di nuovi elementi deputati a sostenere una parte dell'azione sismica, modificando, senza alterarlo in maniera sostanziale, lo schema strutturale e mirando a conferirgli una maggiore capacità dissipativa concentrata in dispositivi appositamente scelti e dimensionati.

L'intervento di rafforzamento non solo aumenta le resistenze degli elementi strutturali ma ne migliora anche la duttilità. Ciò è stato ottenuto con interventi che conferiscono un confinamento trasversale delle colonne, atti a garantire duttilità e capacità dissipativa. Tali tipologie di intervento sono state associate in particolare ai pilastri delle maglie di telaio nelle quali sono inserite le pareti di controvento, soggetti a sollecitazioni maggiori.

Ai vecchi elementi strutturali l'intervento progettato tende a lasciare principalmente la funzione portante e a non incrementare significativamente il livello di sollecitazione in relazione all'incremento dell'azione sismica sostenibile con il miglioramento conseguito.

3.2 L'intervento di realizzazione delle pareti di controvento

Le pareti di controvento poste in opera sono state realizzate predisponendo opportuni blocchi che consentono la realizzazione di strutture a pareti portanti in conglomerato cementizio (opportunamente armato) mediante l'utilizzo di specifici blocchi cassero a perdere in legno-cemento. Tale metodo costruttivo, oltre a fornire buone soluzioni strutturali, è in grado di fornire prestazioni particolarmente elevate in relazione alle problematiche termiche ed acustiche. Per la particolarità della tecnica costruttiva, le pareti portanti che vengono a realizzarsi, anche se molto simili, differiscono dai più tradizionali e comuni setti portanti in conglomerato cementizio armato gettati in opera. Le "prestazioni" di strutture realizzate mediante questa tecnica nei confronti delle azioni orizzontali cicliche indotte dalla azione del sisma sono state sperimentate in numerosi laboratori nazionali ed internazionali, fornendo sempre risultati molto positivi.

Il procedimento costruttivo consente la realizzazione di pareti portanti in conglomerato cementizio opportunamente armato, mediante il getto di conglomerato cementizio ordinario all'interno di blocchi cassero in legno-cemento. Prima e durante i getti è previsto il posizionamento all'interno dei blocchi cassero di opportune armature sia orizzontali che verticali.

I blocchi prefabbricati vengono realizzati in genere utilizzando legno di recupero mineralizzato e reso coerente tramite cemento Portland puro al 99%. All'interno di questi trova posto anche uno strato di polistirolo in modo da migliorarne le caratteristiche di isolamento termico ed acustico.

Il blocco è sagomato in modo da poter formare una parete di blocchi nel minor tempo e con la maggior efficacia possibile. Per fare questo sono previste delle scanalature sul lato trasversale che permettono di incastrare i casseri adiacenti in fase di posa per realizzare un allineamento pressoché perfetto ed immediato. La coerenza fra casseri adiacenti viene garantita sia verticalmente che orizzontalmente.

Per quanto riguarda la coerenza orizzontale è realizzata una scanalatura nella parte superiore dei blocchi cassero. Questa scanalatura, oltre a permettere la realizzazione di una continuità materiale orizzontale del calcestruzzo gettato in opera, consente la posa di una apposita armatura orizzontale.

Per quanto riguarda la coerenza verticale, i fori ad asse verticale presenti nei blocchi cassero, assieme alla disposizione disassata verticalmente dei blocchi stessi, consente la realizzazione di elementi in calcestruzzo a sviluppo verticale opportunamente armati (i fori consentono il posizionamento di una armatura verticale passante).

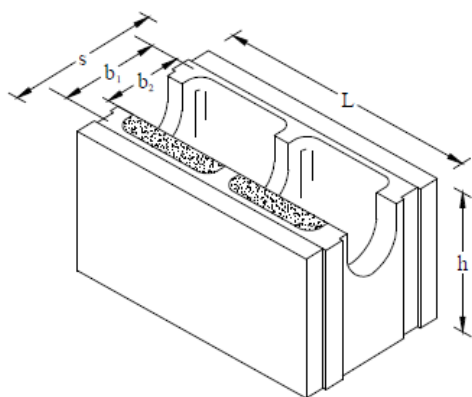


Figura 3: Geometria del blocco cassero (la forma rappresentata in figura è indicativa)

Gettando il calcestruzzo all'interno dei blocchi si realizza una parete che può essere, a tutti gli effetti, assimilata ad un setto pieno in

calcestruzzo di spessore "b" con elementi di alleggerimento costituiti dalle pareti interne del blocco cassero, con percentuale di foratura pari al massimo al 30% del totale. Lo schema di calcolo prevede la modellazione di una paretina piena in c.a. di spessore equivalente a quella effettivamente posta in opera; in particolare ad uno spessore effettivo del calcestruzzo pari a 16 cm, corrisponde una paretina piena equivalente di spessore pari a 12 cm.

L'armatura viene disposta in una sola fila centrale, ad interasse sia orizzontale che verticale pari a 25 cm. Il riempimento delle pareti è avvenuto con calcestruzzo Rck 30 N/mm², lavorabilità SCC (autocompattante) e granulometria degli inerti piccola (minore di 15 mm) effettuato con la pompa, prestando attenzione a non esercitare un'eccessiva pressione che per non spostare l'allineamento dei blocchi.

Sulle restanti pareti dei fabbricati non interessate dall'intervento di posa in opera delle pareti di controvento è stato infine posto in opera un rivestimento a cappotto, che ha anche permesso di coprire i rinforzi strutturali posizionati in corrispondenza dei nodi non confinati senza adottare particolari soluzioni per l'occultamento e la protezione delle piastre di rinforzo.

Nei fabbricati oggetto di intervento le paretine di controvento sono state disposte nelle pareti indicate in figura 4.

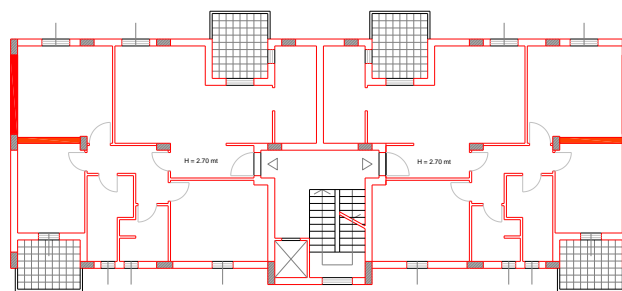


Figura 4: Posizione delle pareti di controvento (in rosso)

3.3 Il comportamento dinamico del fabbricato ante e post-intervento

Dall'analisi modale svolta allo stato di fatto è possibile evidenziare un primo modo traslazionale in direzione Y (riferimento del modello) mentre le due forme modali successive sono essenzialmente rotazionali (Figura 5); tale comportamento è probabilmente dovuto alla posizione decentrata del corpo scale rispetto al centro delle masse.

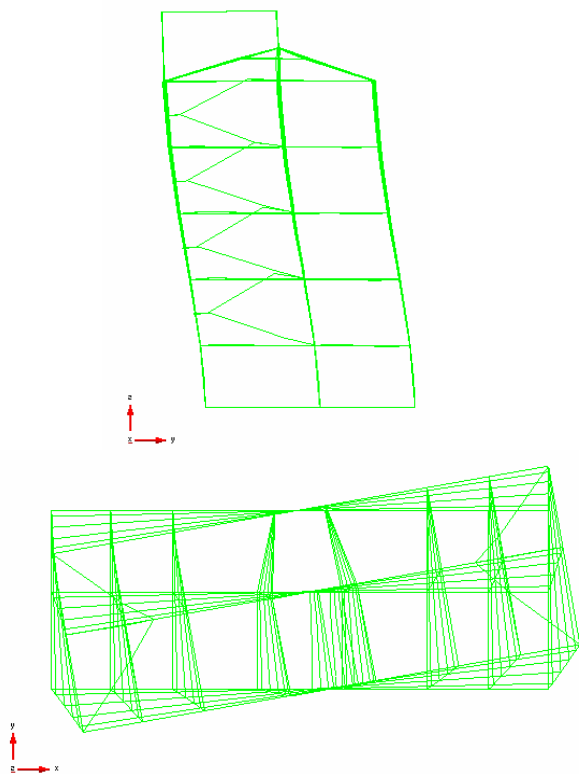


Figura 5: Primo (sopra) e secondo (sotto) modo di vibrare del fabbricato al civico 19, allo stato di fatto

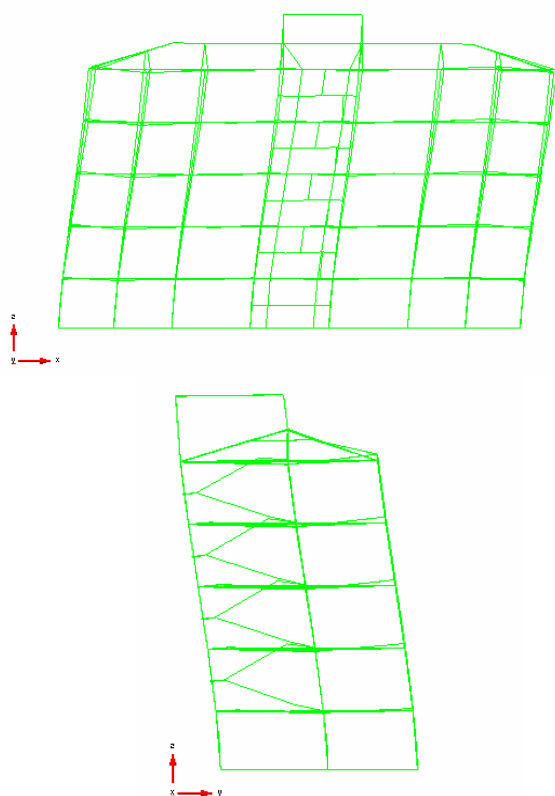


Figura 6: Primo (sopra) e secondo (sotto) modo di vibrare del fabbricato al civico 19, allo stato di progetto

Dopo l'intervento, con l'inserimento dei setti in calcestruzzo armato, c'è stato un prevedibile abbassamento dei periodi della struttura a causa dell'aumento della rigidità globale del corpo di fabbrica ed un miglioramento del comportamento

dinamico complessivo: per i fabbricati con 5 elevazioni le prime due forme modali sono essenzialmente traslazionali (con periodi 0.439 sec e 0.400 sec) mentre la terza, che registra una massa eccitata molto bassa e un valore del periodo significativamente differente (0.291 sec), è di tipo rotazionale. Con le dovute differenze il comportamento descritto è valido anche per il fabbricato con 4 elevazioni.

L'intervento ha permesso di incrementare il livello di protezione sismica dei tre fabbricati rispettivamente del 30% e del 50% circa, raggiungendo allo stato di progetto un indice di protezione sismica compreso tra il 60.1% e il 69% dell'adeguamento, rispettando quanto richiesto dalla normativa emergenziale per il recupero dei fabbricati danneggiati dal sisma.

3.4 L'esecuzione dell'intervento

La parte d'intervento relativa alla realizzazione delle paretine in c.a. è confinata a due stanze e ad una sola parete esterna degli appartamenti degli edifici. Ciò ha permesso di procedere con particolare celerità nell'esecuzione dei lavori; per la restante parte degli interventi di miglioramento sismico ed efficientamento energetico il cantiere è stato installato per la maggior parte del tempo all'esterno degli edifici.

Nel render di Figura 7 e nella foto di Figura 8, scattata durante le lavorazioni, è possibile vedere una delle fasi realizzative delle pareti in blocchi-cassero; si notano le armature verticali, il materiale isolante nella parte esterna dei casseri, i perfori predisposti negli elementi strutturali per l'ancoraggio delle barre orizzontali e i calastrelli di rinforzo in acciaio in corso di montaggio.



Figura 7: Particolare costruttivo della posa in opera delle pareti in blocchi-cassero



Figura 8: Posa in opera delle pareti in blocchi-cassero

4 CONSIDERAZIONI SUI COSTI D'INTERVENTO

Le lavorazioni descritte nell'intervento di miglioramento sismico adottato hanno permesso di intervenire in modo molto limitato sul fabbricato esistente, permettendo di contenere i costi di ripristino rispetto ad altre soluzioni, peraltro molto utilizzate nella ricostruzione post-sismica aquilana, quali interventi diffusi con fibre di carbonio o con calastrelli in acciaio. È stato inoltre modificato il comportamento dei fabbricati, rendendoli più rigidi e quindi meno soggetti alla rottura delle partizioni non strutturali rispetto allo stato di fatto. Un ulteriore vantaggio è nel contemporaneo incremento delle caratteristiche energetiche, ottenuto con una riduzione significativa della trasmittanza delle strutture opache verticali.

L'insieme dei vantaggi prodotti, e il relativamente contenuto costo d'intervento permettono di eseguire interventi combinati come quello descritto anche in fabbricati non danneggiati dal sisma, permettendo di ammortizzare i costi d'esecuzione anche solo considerando il ridotto fabbisogno energetico del fabbricato.

L'importo complessivo dei lavori è pari a 2.288.791 euro per una superficie complessiva di 2707 mq con una incidenza di circa 846 euro/mq_{sc}. La superficie complessiva, definita come la somma della superficie netta residenziale e del 60% delle superfici non residenziali è stata utilizzata nella ricostruzione post-sisma abruzzese inizialmente per definire il limite massimo del contributo unitario e, a partire dalla seconda metà del 2012, per definire i costi parametrici d'intervento (Tabella 1).

La Tabella 2 rappresenta l'importo lavori frazionato nelle principali categorie di intervento; si evidenzia che l'importo maggiore, pari a 1.240.675 euro (459 euro/mq pari a circa il 54% dell'importo lavori) è stato impegnato per la riparazione del danno e il ripristino delle finiture. Il costo del miglioramento sismico è stato complessivamente di 586.931 euro, di cui circa 149 euro/mq (pari a circa il 18%) per il miglioramento sismico e la restante parte, pari a circa l'8% dell'importo lavori, per il ripristino delle finiture interessate dall'intervento. Il costo dell'efficientamento energetico è stato del 12% dell'importo lavori, pari a circa 100 euro/mq.

Il confronto con gli importi unitari massimi finanziabili previsti dalla OPCM 3790/2009 e dal DPCM 4/2/2013 evidenzia un costo di intervento inferiore sia per quanto riguarda il costo unitario complessivo che per le tipologie principali in particolare per il miglioramento sismico e l'efficientamento energetico.

Tabella 1: superficie lorda e superficie complessiva degli edifici oggetto d'intervento

Superficie	Sviluppo (mq)
Complessiva	2707
Lorda	3582

Tabella 2: analisi dei costi d'intervento

Categoria	Importo	% sul totale	Costo unitario €/mq
Riparazione del danno	1.240.675	54%	458.83
Miglioramento sismico	403.856	18%	149.36
Ripristino int. migl. sis.	183.075	8%	67.71
Adeguamento impianti	96.863	4%	35.82
Efficient. energetico	268.559	12%	99.32
Oneri sicurezza	96.863	4%	35.78
Importo totale Lavori	2.288.791	100%	846.65

Il limite di costo unitario d'intervento previsto dalla OPCM 3881/2010 per gli edifici con esito E (inagibili) è pari a circa 1257 euro/mq con massimali di 400/600 euro/mq_{sup. lorda} per il miglioramento sismico e di 130 euro/mq_{sup. compl.} per l'efficientamento energetico.

Gli edifici oggetto di intervento presentano un livello di danno compreso tra D2 (danno moderato) e D3 (danno medio) e una vulnerabilità media V2, determinati in base al DPCM 4/2/2013 che definisce i limiti di finanziamento parametrici in funzione del danno e della vulnerabilità per la città dell'Aquila. Ai parametri sopra descritti corrisponde un livello di finanziamento unitario rispettivamente pari rispettivamente a 1000 euro/mq per il livello di danno D2 e a 1100 euro/mq per il livello di danno D3, in quanto gli edifici ricadrebbero nei livelli di costo L1 ed L2 riportati nelle Tabelle 3 e 4.

Tabella 3: Correlazione tra livello di finanziamento, danno e vulnerabilità adottata nella città dell'Aquila per gli edifici in c.a.

Livello di danno	Livello di vulnerabilità		
	V1 Bassa	V2 media	V3 elevata
D0 - nullo	L0	L0	L1
D1 - lieve	L0	L1	L1
D2 - moderato	L1	L1	L2
D3 - medio	L1	L2	L3
D4 - grave	L2	L3	L3
D5 - gravissimo	L3	L3	L3

Tabella 4: Valori dei livelli di costo del modello parametrico adottato nella città dell'Aquila.

Livello di costo	Costo unitario - Euro/mq
L0	700
L1	1000
L2	1100
L3	1270

Un confronto del costo di realizzazione dell'intervento descritto in questo lavoro, ed i limiti di costo previsti dall'OPCM 3881/2010 e dal modello parametrico dell'a città dell'Aquila è riportato nella tabella 5.

Tabella 5: costo d'intervento e limiti di spesa

Normativa di riferimento	Edifici con esito E €/mq	Costo progetto €/mq	%
OPCM 3881/2010 Limite di costo complessivo	1257	846.45	67%
DPCM 4/2/2013 - L1 Limite di costo complessivo	1000		84%
DPCM 4/2/2013 - L2 Limite di costo complessivo	1100	149.36	77%
OPCM 3790/2009 Miglioramento sismico	400		37%
OPCM 3790/2009 Efficientamento energetico	130	99.72	76%

Sia il costo complessivo d'intervento che i costi riferiti al miglioramento sismico e all'efficientamento energetico sono notevolmente inferiori ai limiti di finanziamento previsti dalla normativa per la ricostruzione.

5 CONCLUSIONI

La soluzione di introdurre pareti a bassa rigidità, realizzate con blocchi cassero ad alto isolamento termico, unitamente al rinforzo diffuso con calastrelli in acciaio sugli elementi strutturali più vulnerabili può essere considerato un intervento applicabile ad una vasta tipologia di edifici con caratteristiche simili, per danno e vulnerabilità. In considerazione dei costi contenuti, dei rapidi tempi di esecuzione e della bassa invasività, la tipologia d'intervento descritta può essere utilizzata anche per il

miglioramento delle caratteristiche sismiche ed energetiche di edifici non danneggiati.

Il presente lavoro evidenzia la possibilità di individuare interventi di miglioramento tipo in funzione delle tipologie costruttive nella prospettiva di definire una casistica interventi minimi applicabili in tempi rapidi a partire dalla fase dell'emergenza per una ricostruzione rapida e con costi contenuti.

BIBLIOGRAFIA

- Rossi, M., Bianchi, A., 1996. Prediction of Horizontal Response Spectra in Europe, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 20(4), 371-400.
- Bianchi, A., Rossi, M., 2001. A response surface approach for seismic fragility assessment of r.c. structures. *10th International Conference on Civil Engineering*. July 31-August 3, Tokyo, JP.
- Rossi, M., 1990. *Earthquake Hazard Analysis*, Columbia University Press.
- Bianchi, A., Rossi, M., 2001. Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86(2), 337-52.

ABSTRACT

With the publication of Legislative Decree 192/2005 has been implemented in Italy the Directive 2002/91 / EC about the energy performance of buildings, containing the general criteria for the classification of energy and a general review of the minimum in the field of energy performance of buildings. In subsequent years, the classification criteria efficiency of buildings have become increasingly stringent, noting that existing buildings in Italy before 1980 exhibit high deficiencies in terms of energy performance, as well as a high seismic vulnerability . The possibility to intervene at the same time to reduce both deficits, thermal and seismic, can lead to significant reductions in intervention costs and make sustainable redevelopment of existing buildings than the replacement building. In particular, specific actions on the external cladding of the building can achieve both results.

The present paper describes the experience of the post-quake recovery of some buildings located in the district of Ater Gignano, in L'Aquila. These buildings have been subject to an integrated recovery of damaged elements by the earthquake of 2009 and improvement of seismic performance and energy, by replacing part of the existing cladding with new infill in blocks with high thermal performance and structural. The project realized, given the limited invasiveness, low cost of implementation, and the speed in the work, can be a useful reference for integrated actions to increase the seismic performance of existing buildings and energy, also not damaged by the earthquake , to be performed in a short time and with low costs.