

Adeguamento Sismico di Edifici mediante Isolamento Sismico



Placido Lucà Trombetta, Maria Gabriella Castellano, Davide Cocchio
FIP Industriale SpA. Via Scapacchiò 41, 35030 Selvazzano Dentro (PD)

Keywords: isolamento sismico, adeguamento sismico, miglioramento sismico, edifici

ABSTRACT

Il numero di edifici italiani sismicamente isolati è in continua crescita dal 2003, e soprattutto dal 2009. Negli ultimi anni l'isolamento sismico è sempre più spesso utilizzato come tecnica di adeguamento/miglioramento sismico di edifici esistenti, soprattutto di edifici gravemente danneggiati dal sisma del 2009 all'Aquila. L'uso dell'isolamento sismico consente di diminuire notevolmente, rispetto a tecniche tradizionali, gli interventi di rinforzo sulla sovrastruttura, concentrando la maggior parte degli interventi al piano di isolamento e sulla sottostruttura.

Nei recenti interventi di adeguamento sismico di edifici esistenti sono stati usati sia isolatori a scorrimento a superficie curva sia isolatori elastomerici. Con i primi è più facile raggiungere un periodo di isolamento elevato (necessario per ridurre il più possibile le accelerazioni trasmesse alla sovrastruttura) anche in strutture relativamente leggere, come edifici a pochi piani, poiché il periodo fondamentale non dipende sostanzialmente dalla massa supportata ma dipende principalmente dal raggio di curvatura dei dispositivi stessi. Invece se il sistema di isolamento è basato su isolatori elastomerici, per raggiungere un periodo sufficientemente alto è quasi sempre necessario abbinare appoggi multidirezionali agli isolatori elastomerici.

L'articolo descrive le fasi tipiche dell'intervento di inserimento degli isolatori negli edifici esistenti, con particolare riferimento ad alcuni esempi.

1 INTRODUZIONE

L'uso dell'isolamento sismico in Italia è in continua crescita dal 2003, anno in cui le normative tecniche introdussero per la prima volta un capitolo specifico sull'isolamento sismico, eliminando così il precedente obbligo di revisione dei progetti di strutture sismicamente isolate da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Le applicazioni di isolamento sismico stanno aumentando ancor più velocemente a partire dal 2009, dopo il tragico evento sismico che il 6 Aprile 2009 interessò L'Aquila. Fino ad allora la maggior parte degli edifici sismicamente isolati erano edifici pubblici e spesso strategici, negli ultimi anni invece la tecnologia si è estesa anche agli edifici privati,

soprattutto nelle zone ad elevata sismicità, dove il costo dell'isolamento può essere parzialmente o totalmente compensato dal risparmio nella sovrastruttura. Inoltre, negli ultimi anni l'isolamento sismico è sempre più spesso utilizzato come tecnica di adeguamento o miglioramento sismico di edifici esistenti, soprattutto con struttura intelaiata in c.a..

E' ben noto che l'isolamento sismico è stato usato per l'adeguamento sismico di edifici esistenti fin dagli anni '80 del secolo scorso [Bayley e Allen, 1989]. In Giappone, dove in totale gli edifici sismicamente isolati sono più di 2600 [Takayama e Morita, 2012], quelli adeguati sismicamente con l'isolamento sismico sono circa un centinaio, dei quali circa un terzo adibiti ad uffici pubblici, ed il 18% adibiti ad uffici privati [Masuzawa e Hisada, 2012]. In Italia, i primi

edifici adeguati con isolamento sismico sono stati edifici pubblici. Invece la maggior parte degli interventi di adeguamento sismico con isolamento effettuati o progettati negli ultimi anni riguarda edifici privati residenziali, danneggiati e dichiarati inagibili a seguito del sisma dell'Aquila. In tabella 1 sono elencati gli interventi già terminati o in corso, in cui gli isolatori sono stati forniti, e nella maggior parte dei casi anche installati, dalla FIP Industriale. Nei capitoli successivi vengono descritti alcuni di questi interventi, con particolare attenzione alle modalità utilizzate per il trasferimento dei carichi verticali e l'inserimento degli isolatori. Si noti che recentemente sono iniziati anche in Italia gli interventi di isolamento sismico di edifici in muratura [Vetturini *et al.*, 2013; Mezzi *et al.*, 2012].

L'uso dell'isolamento sismico in un edificio esistente consente di raggiungere i livelli di sicurezza richiesti dalla normativa sismica per un edificio di nuova costruzione, limitando fortemente, rispetto alle tradizionali tecniche di

adeguamento sismico, gli interventi di rinforzo sulla sovrastruttura.

Le tipologie di isolatori sismici più usate in Italia negli edifici esistenti, così come in quelli di nuova costruzione, sono gli isolatori elastomerici e gli isolatori a scorrimento a superficie curva o isolatori a pendolo [Infanti e Castellano, 2010]. Con questi ultimi è più facile raggiungere un periodo di isolamento elevato (necessario per ridurre il più possibile le accelerazioni trasmesse alla sovrastruttura) anche in strutture relativamente leggere, come edifici a pochi piani, poiché il periodo fondamentale non dipende sostanzialmente dalla massa supportata ma dipende principalmente dal raggio di curvatura dei dispositivi stessi. Invece se il sistema di isolamento è basato su isolatori elastomerici, per raggiungere un periodo sufficientemente alto è quasi sempre necessario abbinare appoggi multidirezionali agli isolatori elastomerici. Proprio per questo quasi tutti gli edifici isolati con isolatori elastomerici comprendono anche un certo numero di appoggi multidirezionali.

Tabella 1. Edifici adeguati sismicamente con isolamento sismico in Italia (fornitura ed eventuale installazione FIP Industriale).

| Edificio | Località | Struttura | Anno | Tipologia isolatori |
|--|-----------------|------------------|-------------|---|
| Condominio Acrie - Palazzina D1 | L'Aquila | c.a. | 2013 | Elastomerici |
| Condominio Montecalvo 1 | L'Aquila | c.a. | 2013 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Paolucci | L'Aquila | muratura+c.a. | 2013 | Elastomerici |
| Condominio Prato Verde B | L'Aquila | c.a. | 2013 | Elastomerici |
| Condominio La Quercia | L'Aquila | c.a. | 2013 | Elastomerici |
| Condominio Prato Verde A | L'Aquila | c.a. | 2013 | Elastomerici |
| Condominio via Camerini, 1 | L'Aquila | c.a. | 2013 | A scorrimento a singola superficie curva |
| Villa La Silvestrella | L'Aquila | muratura | 2013 | Elastomerici |
| Condominio Andromeda - via S. Giustino de Jacobis, 1 | L'Aquila | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Ex Pretura | Pescia (PT) | c.a. | 2012 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Del Beato | L'Aquila | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Condominio Leonardo | L'Aquila | c.a. | 2012 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Acrie - Palazzina C2 | L'Aquila | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Condominio Barattelli - via G. Vincenzo, 23 | L'Aquila | c.a. | 2012 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Amiterno - Via Sila Persichelli 1/B | L'Aquila | c.a. | 2012 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Borgo dei Tigli | L'Aquila | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Condominio Il Melograno | Potenza | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Condominio Aguglia | L'Aquila | c.a. | 2012 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Fortuna 2 - via Pasteur | L'Aquila | c.a. | 2012 | Elastomerici |
| Condominio Habitat | L'Aquila | c.a. | 2011 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Condominio Domus Prima | L'Aquila | c.a. | 2011 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Villa Giuly | Treviso | muratura | 2010 | A scorrimento a doppia superficie curva |
| Scuola Elementare O. Albanese | Tolve (PZ) | c.a. | 2010 | Elastomerici |
| Città Ospedaliera-palazzina Intramoena | Avellino | c.a. | 2009 | Elastomerici |
| Scuola Quasimodo | Riposto (CT) | c.a. | 2007 | Elastomerici |
| Santuario Madonna delle Lacrime | Siracusa | c.a. | 2005 | A scorr. a superficie piana con dissipatori isteretici in acciaio |
| Edifici IACP | Solarino (SR) | c.a. | 2003 | Elastomerici |

2 TECNOLOGIE DI INTERVENTO PER L'INSERIMENTO DI ISOLATORI IN EDIFICI IN C.A.

Nel progetto di adeguamento sismico di un edificio esistente con isolamento sismico, la tecnologia di intervento costituisce certamente parte fondamentale, condizionata e condizionante al progetto stesso. In generale ad ogni fabbricato concepito a base fissa, mancano ovviamente tutte le caratteristiche di dettaglio esecutivo peculiari di un edificio isolato, le stesse caratteristiche che divengono esigenza di progetto nel caso di un adeguamento sismico.

La diversità del patrimonio edilizio esistente, pur limitandosi alle strutture in c.a., fa sì che ogni caso specifico debba essere analizzato con attenzione; molteplici sono gli elementi condizionanti, specifici di ogni edificio, che suggeriscono al progettista quale sia di volta in volta la soluzione migliore in relazione a:

- Posizione del piano di isolamento;
- Metodo di trasferimento temporaneo del carico verticale.

Ogni scelta effettuata in tal senso è influenzata principalmente dai seguenti aspetti:

- Destinazione d'uso del piano in cui si inseriscono gli isolatori (tipicamente piano terra o piano interrato);
- Vincoli in adiacenza al fabbricato;
- Tipologia di fondazioni esistenti;
- Dettaglio vano scale e ascensore.

La posizione del piano di isolamento in testa ai pilastri è spesso percorribile su piani destinati a parcheggio o altri locali tecnici, in cui la presenza del giunto orizzontale e degli eventuali allargamenti dei pilastri esistenti non comprometta la funzionalità dello stesso piano. Tale scelta solitamente garantisce la rigidità richiesta al di sopra del piano di isolamento, che risulta offerta dal solaio esistente sovrastante, senza dover ricorrere a ulteriori interventi. La stessa richiesta di sufficiente rigidità per la sottostruttura viene soddisfatta, ove necessario, con un ringrosso dei pilastri, utile tra l'altro per esigenze geometriche di ingombro in pianta degli isolatori, che diversamente richiederebbero la realizzazione di un capitello.

Nel caso invece di posizionamento degli isolatori al piede dei pilastri, la stessa richiesta di avere due piani sufficientemente rigidi al di sopra e al

di sotto del piano di isolamento, spesso rende necessario realizzare un nuovo solaio immediatamente sopra gli isolatori. In questo caso inferiormente non sono solitamente necessari ulteriori irrigidimenti poiché ci si trova in genere in corrispondenza delle travi di fondazione.

La posizione degli isolatori in testa ai pilastri trova anche il vantaggio di rendere più semplici le operazioni di ispezione e manutenzione, che come noto sono imposte dalla normativa vigente, grazie al maggiore spazio disponibile. Invece nel caso in cui gli isolatori siano posti al piede dei pilastri, nella maggior parte dei casi è necessario realizzare numerose botole per garantire l'accesso a tutti gli isolatori (Fig. 7).

Viceversa la posizione degli isolatori in testa ai pilastri, in particolare se si tratta dei pilastri del piano terra anziché dell'interrato, spesso richiede una maggiore attenzione nello studio dei giunti orizzontali, soprattutto in corrispondenza del vano scale e ascensore.

Altro aspetto fondamentale è il metodo di trasferimento temporaneo dei carichi verticali tra diverse porzioni di ciascun pilastro, o tra pilastro e fondazione, usato durante le operazioni di taglio del pilastro e successivo inserimento dell'isolatore, e per le eventuali successive operazioni di sostituzione.

La ripresa del carico verticale di ogni singolo pilastro avviene per mezzo di 2 o più martinetti idraulici messi a contrasto superiormente sulla sovrastruttura, eventualmente opportunamente rinforzata, e inferiormente sulla fondazione (scarico diretto) o sul pilastro che a sua volta riporterà il carico in fondazione (scarico indiretto).

Nel caso di isolatori posti al piede dei pilastri del piano terra si avrà uno scarico diretto delle forze, posando i martinetti inferiormente a contrasto sulla fondazione e superiormente su delle opportune carpenterie metalliche fissate al pilastro; tali strutture metalliche possono avere la duplice funzione di trasferire temporaneamente il carico verticale e di supporto al nuovo solaio che verrà realizzato sopra il piano di isolamento (Figg. 3, 4, 6). Nel caso invece di isolatori in testa ai pilastri, i martinetti possono trovare contrasto superiormente su idonee mensole metalliche, su opportuni dadi in calcestruzzo o direttamente sulla sovrastruttura, opportunamente rinforzata ove necessario; inferiormente il contrasto è

possibile o sulla fondazione mediante opportuni castelletti metallici (Figg.19, 20) o direttamente sul pilastro (eventualmente allargato mediante un capitello in c.a.) o ancora una volta con delle carpenterie metalliche a mensola, rimovibili e utilizzabili per le future operazioni di manutenzione (Figg. 8-17), che trasferiscono il carico al pilastro.

In alcuni casi, indipendentemente dalla posizione del piano di isolamento, l'installazione degli isolatori viene realizzata con l'ausilio di martinetti piatti a perdere. Il martinetto piatto viene installato in serie con l'isolatore stesso, ed utilizzato per mettere in carico l'isolatore evitando così eccessivi cedimenti verticali durante la fase di messa in carico, e soprattutto cedimenti differenziali tra diversi isolatori che potrebbero creare problemi alle sovrastrutture. L'utilizzo dei martinetti piatti è dunque fortemente consigliato soprattutto nel caso di sovrastrutture in muratura, ma può essere utile anche per altre tipologie di struttura.

3 ESEMPI APPLICATIVI

3.1 Condominio *DOMUS PRIMA* e Condominio *BARATELLI*

Il condominio Domus Prima ed il condominio Barattelli, siti all'Aquila in via G. di Vincenzo, presentano pressoché identiche caratteristiche costruttive e architettoniche. Entrambi dichiarati inagibili a seguito del sisma del 6.04.09, sono stati adeguati sismicamente mediante isolamento sismico con isolatori posti al piede dei pilastri del piano seminterrato.

Entrambi i condomini sono costituiti da due distinti corpi di fabbrica, separati da giunto tecnico di 30 cm, ciascuno con 5 piani fuori terra ad uso abitativo, locale tecnico sottotetto e piano seminterrato con destinazione autorimessa. La struttura portante è costituita da telai in c.a. in entrambe le direzioni principali e fondazioni costituite da plinti su pali, collegati da cordoli in c.a. di dimensioni 40x100 cm.

La scelta dell'isolamento sismico come metodo di intervento di adeguamento è stata favorita anche per la sua limitata invasività, specie ai piani alti che risultavano solo lievemente danneggiati. La nuova configurazione strutturale post-intervento di entrambi i condomini, è costituita da un unico fabbricato derivante dall'unione dei due corpi di fabbrica in corrispondenza del giunto. Quest'ultimo infatti,

benché sufficiente per gli edifici nello stato di fatto (a base fissa) non sarebbe stato sufficiente a garantire gli spostamenti delle due strutture isolate separatamente (in via cautelativa considerate in opposizione di fase).

La necessità di mantenere inalterata la continuità strutturale già dal piano seminterrato (utile a non pregiudicare la funzionalità dei box auto), la presenza di un cavedio sulla quasi totalità del perimetro del fabbricato e la dimensione dei cordoli di fondazione già favorevole ad accogliere un vano tecnico, ha portato il progettista a prevedere il piano di isolamento al piede dei pilastri del livello seminterrato con rifacimento del piano di calpestio al di sopra degli isolatori, mediante nuovo solaio rigido in acciaio-calcestruzzo. Le operazioni di ispezione e manutenzione degli isolatori sono garantite attraverso l'accesso ai locali tecnici sottostanti il nuovo solaio della autorimessa, grazie ad opportune botole di accesso lasciate appositamente e attraverso un cavedio laterale corrente per tutto il perimetro del fabbricato. L'intervento finito, grazie anche all'aver impiegato isolatori del tipo a scorrimento a doppia superficie curva (FIP-D) caratterizzati da ridotte dimensioni in altezza, ha portato ad un innalzamento del piano di calpestio dell'autorimessa di soli 16 cm circa.

Il periodo di vibrazione della struttura a base fissa era di circa 0,85 s (per i singoli corpi di fabbrica considerati separatamente); l'inserimento di isolatori sismici ha consentito di ottenere un periodo del primo modo pari a circa 3,4 s, ossia 4 volte quello della struttura a base fissa.

I lavori di inserimento dei dispositivi, affidati a FIP Industriale, hanno richiesto le seguenti operazioni:

- Demolizione di tutti gli elementi non strutturali al piano dell'autorimessa, con sbancamento del riempimento tra le travi di fondazione sino al raggiungimento dell'estradosso delle fondazioni stesse (Fig. 1);
- Carotaggio dei pilastri; inghisaggio di barre filettate e successivo fissaggio delle carpenterie metalliche al piede dei pilastri (Fig. 2);
- Messa in carico dei martinetti idraulici, a contrasto tra le suddette carpenterie metalliche e la fondazione, per lo scarico della porzione di pilastro da rimuovere;
- Taglio con filo diamantato e rimozione della porzione di pilastro tagliata (Figg. 3 e 4);

- Inserimento dell'isolatore, fissaggio alla carpenteria metallica superiore mediante viti, esecuzione del getto di completamento per l'inghisaggio dell'ancoraggio inferiore, rimozione dei martinetti con conseguente messa in carico dell'isolatore (Fig. 5);
- Montaggio delle travi in acciaio e lamiera grecate del solaio sopra le carpenterie metalliche già fissate ai pilastri e getto della soletta in conglomerato cementizio (Figg. 6 e 7).



Fig. 4



Fig. 1



Fig. 5



Fig. 2



Fig. 6



Fig. 3



Fig. 7

3.2 Condominio LEONARDO

Il condominio Leonardo, sito all'Aquila, è un complesso edilizio costituito da tre corpi di fabbrica con quattro livelli fuori terra ed un piano interrato. I due corpi di fabbrica principali laterali sono collegati ad un fabbricato centrale ospitante il corpo ascensore. I tre corpi sono strutturalmente indipendenti tra loro e disposti in pianta approssimativamente ad "L".

La struttura portante è costituita da telai in c.a. e solai in latero-cemento con fondazioni su travi di sezione 70x70cm, che collegano nelle due direzioni i pilastri della sovrastruttura.

Dichiarato inagibile (Classe "E") a seguito del sisma del 6.04.09, il fabbricato presentava diffusi danneggiamenti ai componenti non strutturali, specialmente al piano terra, lesioni da martellamento in corrispondenza dei giunti tecnici e limitate lesioni capillari sui nodi del telaio in c.a..

Dall'analisi dello stato di fatto e dai risultati dell'analisi di vulnerabilità dell'edificio, si è deciso di perseguire il miglioramento sismico isolando sismicamente l'intero complesso, inserendo isolatori a scorrimento a doppia superficie curva in testa ai pilastri del piano interrato. Tale scelta è stata ritenuta dai progettisti la più idonea poiché ha consentito di limitare la zona di intervento strutturale ai livelli più bassi dell'edificio, dove interventi pesanti sulle tamponature risultavano comunque imprescindibili. Diversamente, il rafforzamento e l'irrigidimento dei telai in c.a. con metodi tradizionali avrebbe richiesto diffusi interventi a tutti i piani, e di conseguenza lo smantellamento delle tamponature anche ai piani più alti dove non si rilevavano particolari danneggiamenti. La tecnica dell'isolamento sismico ha consentito inoltre di mettere in sicurezza le tamponature pesanti dal rischio di espulsione e ribaltamento, limitando notevolmente le forze inerziali ad esse associate in caso di sisma. Il periodo proprio della struttura è stato infatti portato a 2,75 s, a partire da un valore di 0,75 s delle stesse strutture a base fissa.

Al fine di garantire adeguata rigidità della sottostruttura sono stati ringrossati tutti i pilastri del piano interrato, sulla testa dei quali hanno trovato alloggiamento gli isolatori.

Le operazioni di installazione degli isolatori, affidate a FIP Industriale, hanno richiesto le seguenti fasi:

- Realizzazione dei ringrossi dei pilastri del piano interrato e contestuale predisposizione di boccole per l'ancoraggio delle mensole inferiori di sollevamento e recessi per l'ancoraggio inferiore dell'isolatore mediante zanche (Fig. 8);
- Carotaggio della porzione superiore del pilastro e predisposizione delle boccole per l'ancoraggio delle mensole superiori di sollevamento (Fig. 9);
- Installazione mensole metalliche e messa in carico dei martinetti idraulici per lo scarico della porzione di pilastro da rimuovere (Figg. 10 e 11);
- Taglio con filo diamantato, rimozione della porzione di pilastro e rasatura della superficie inferiore (Fig. 12 e 13);
- Inserimento del collare metallico per l'ancoraggio superiore dell'isolatore (Fig. 14);
- Inserimento e serraggio dell'isolatore e successivo inghisaggio degli ancoraggi e del collare mediante malta cementizia antiritiro (Fig. 15);
- Rimozione dei martinetti con conseguente messa in carico dell'isolatore (Fig. 16).



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10



Fig.14

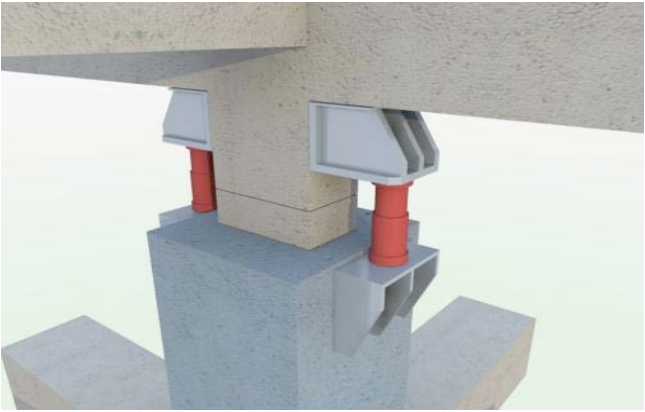


Fig. 11



Fig.15

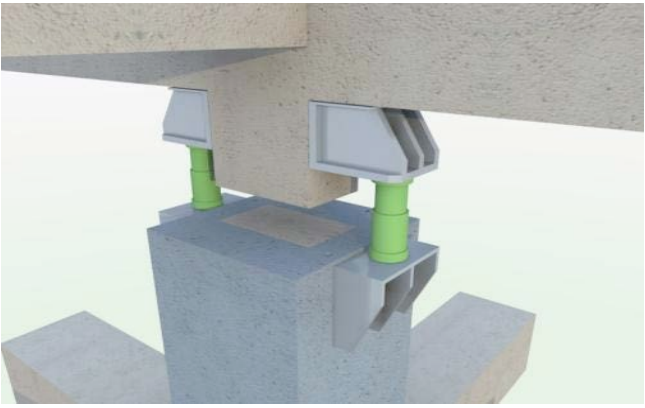


Fig. 12



Fig.16



Fig.13



Fig.17

3.3 Condominio BORGIO DEI TIGLI

L'edificio denominato "Borgio dei Tigli", sito a L'Aquila in località Pianola, ha subito gravemente gli eventi sismici del 6-04-09; probabilmente anche il tipo di suolo su cui sorge, classificato di tipo "D" (Rif. DM 14-01-2008), ha giocato un ruolo predominante.

L'impianto originale è composto da tre corpi di fabbrica, separati da giunto sismico e pertanto tali da poter essere considerati come tre edifici a se stanti, aventi ciascuno un piano seminterrato, tre piani fuori terra ed un sottotetto. In pianta la geometria che risulta dalla composizione dei tre corpi è particolarmente irregolare, a forma di "S"; tale particolarità è stata oggetto di approfondimenti sia a livello strutturale che a livello di dettaglio architettonico durante la progettazione dell'intervento di miglioramento sismico. La struttura portante in elevazione è costituita da telai in c.a. orditi nei due versi ortogonali; gli orizzontamenti, compreso quello di copertura, sono realizzati in latero-cemento, su fondazione superficiale a travi rovesce e disposte su diversi livelli.

Il progetto di miglioramento sismico, mediante isolamento alla base, ha comportato, come visto anche negli esempi precedenti, l'eliminazione dei giunti tra i tre corpi di fabbrica e la realizzazione di un giunto sismico attorno all'edificio, ed in particolare dal lato controterra, tale da consentire gli spostamenti di tutto il sistema isolato. Complessivamente sono stati impiegati 41 isolatori elastomerici e 40 appoggi scorrevoli multidirezionali, con i quali si riesce a raggiungere un periodo $T_{is}=2,30$ s, contro un periodo delle strutture a base fissa (considerate separatamente) di circa 0,5 s. La riduzione dell'accelerazione trasmessa alla sovrastruttura conseguente a tale aumento del periodo proprio ha consentito di limitare sensibilmente gli interventi sulla sovrastruttura, che sono stati concentrati sostanzialmente solo al livello immediatamente sopra a quello isolato.

Così come descritto nell'esempio del paragrafo precedente, anche in questo caso gli isolatori sono disposti in testa ai pilastri del piano seminterrato, opportunamente ringrossati. A differenza del "Condominio Leonardo", invece, il trasferimento temporaneo dei carichi per l'inserimento degli isolatori è realizzato esternamente al pilastro, mediante martinetti idraulici e castelletti metallici messi a contrasto tra un dado in c.a., costruito all'incrocio delle

travi emergenti, e un altro dado di contrasto, sempre in c.a., realizzato al piede del pilastro in rinforzo del plinto di fondazione. In questo caso l'ancoraggio superiore dell'isolatore è ricavato su una contropiastra metallica predisposta all'intradosso del dado di ringrosso delle travi.

Le fasi di inserimento degli isolatori possono dunque così essere sintetizzate:

- Realizzazione dei dadi di rinforzo all'incrocio delle travi emergenti con la contropiastra metallica per l'ancoraggio superiore degli isolatori usata come fondo cassero (Fig. 18);
- Rinforzo dei pilastri e realizzazione dei dadi di fondazione;
- Trasferimento del carico verticale in fondazione mediante martinetti idraulici e castelletti metallici esterni al pilastro;
- Taglio con filo diamantato, rimozione della porzione di pilastro e rasatura della superficie inferiore (Figg. 19 e 20);
- Inserimento dell'isolatore e del martinetto piatto sottostante, serraggio superiore dell'isolatore;
- Messa in carico dell'isolatore mediante il martinetto piatto a perdere, successivo inghisaggio del martinetto stesso e degli ancoraggi inferiori dell'isolatore mediante malta cementizia, e successiva rimozione dei martinetti idraulici (Fig. 21).



Fig.18



Fig.19



Fig.20



Fig.21



Fig.22

4 CONCLUSIONI

Le sempre crescenti applicazioni degli ultimi anni dimostrano che la tecnologia dell'isolamento sismico è ormai matura non solo per nuove costruzioni ma anche per l'inserimento in edifici esistenti.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano i progettisti ed i Direttori Lavori degli edifici sopra citati per le informazioni fornite e per la proficua collaborazione.

BIBLIOGRAFIA

- Bayley, J., Allen, E., 1989. Seismic isolation retrofitting of the Salt Lake City and County building. *Post-SMIRT 8 Seminar*, paper 14.
- Infanti, S., Castellano, M.G., 2010. Prove dinamiche multidirezionali sugli isolatori a scorrimento a doppia superficie curva utilizzati nel Progetto C.A.S.E. *Atti del Convegno Strategie di sviluppo sostenibile per le costruzioni in Cina, in Europa ed in Italia per la ricostruzione dopo il terremoto dell'Aquila*, 19-20 Aprile, Roma.
- Masuzawa, Y., Hisada, Y., 2012. Current State of Retrofitting Buildings by Seismic Isolation in Japan. *15th World Conference on Earthquake Engineering*. September 24-28, Lisbon, PT.
- Mezzi, M., Cecchini, W., Vetturini, R., 2012. Base Isolation for the Seismic Protection of Historical Buildings. *15th World Conference on Earthquake Engineering*. September 24-28, Lisbon, PT.
- Takayama, M., Morita, K., 2012. Seismic Response Analysis of Seismic Isolated Buildings using Observed Records due to 2011 Tohoku Earthquake. *15th World Conference on Earthquake Engineering*. September 24-28, Lisbon, PT.
- Vetturini, R., Cecchini, W., Mariani, Rolando, Mariani, Romeo, Ciotti, T., Agostini, E.M., 2013. Intervento di isolamento sismico alla base di un edificio in muratura di pregio storico-artistico in L'Aquila. *Progettazione Sismica*, Vol. 4, N.1.