

## Costruzioni in zona sismica: il nodo della prevenzione

Sarebbe una notizia da prima pagina. Un pool di enti, da tempo impegnati nella ricerca e nello sviluppo nel campo delle tecnologie per la prevenzione sismica nelle costruzioni, in seguito al drammatico terremoto che ha funestato il Molise, offre gratuitamente al Comune di S. Giuliano di Puglia il progetto per la ricostruzione della scuola tragicamente crollata, dotandola di particolari dispositivi capaci di assorbire ed attenuare le accelerazioni trasmesse dal sisma alla costruzione.

Gli enti coinvolti nell'iniziativa sono l'ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente), l'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio), il GLIS (Gruppo di Lavoro per l'Isolamento Sismico), l'ACEDIS (Sezione Costruttori Italiani Dispositivi di Vincolo Strutturali dell'ACAI), l'Università di Perugia e l'Università della Basilicata, lo Studio TeknoIn Ingegneri Associati di Roma, la società ENEL-HYDRO di Seriate.

Come scrive il presidente dell'ACEDIS, Donatella Chiarotto, nell'editoriale che apre questo stesso numero di Costruzioni Metalliche, questa iniziativa vuole essere un doveroso contributo offerto dai principali specialisti del settore delle costruzioni antisismiche, di fronte alla gravità della tragedia che ha colpito il Molise. Ma vuole anche costituire una concreta testimonianza della validità delle tecnologie antisismiche italiane e, soprattutto, dell'assoluta opportunità di applicarle a livello generalizzato. Un esempio e un'indicazione di quanto sarebbe possibile fare in tema di prevenzione dei sismi e delle loro più tragiche conseguenze.

Nell'ambito dell'iniziativa - precisa il prof. Alberto Parducci, ordinario di Tecnica delle Costruzioni e docente di Costruzioni in Zona Sismica all'Università di Perugia - la stessa Università eseguirà (in collaborazione con lo

Oggi l'Italia è all'avanguardia nello sviluppo di tecnologie antisismiche per le costruzioni, ma i dispositivi realizzati dalle aziende italiane trovano maggiori applicazioni in altri paesi.

E' un problema culturale e di carente diffusione delle informazioni.

L'iniziativa delle Associate ACAI raggruppate in ACEDIS a favore della ricostruzione nelle aree del Molise colpite dal sisma del 31 ottobre 2002.

### Construction in earthquake zones: the preventive node

Italy is currently in the avant-garde in the development of anti-earthquake technology for construction purposes, but the systems set up by the Italian companies find most of their applications in other countries. This is a problem of culture and poor distribution of information. The initiative on the part of the ACAI members belongs to ACEDIS with a view to the reconstruction of the areas of the Molise region struck by the earthquake of 31st October 2002.

Studio TeknoIn) il progetto architettonico delle strutture e del sistema di isolamento; l'ACEDIS fornirà gratuitamente i dispositivi di isolamento, l'APAT eseguirà (con ENEL-HYDRO) uno studio specifico della sismicità del luogo che il comune di S. Giuliano sceglierà per la ricostruzione della scuola. ENEA eseguirà a scopo dimostrativo i test di validazione mediante prove di rilascio dell'edificio ad opera ultimata nonché (insieme con ENEL-HYDRO) le prove di qualifica degli isolatori. Inoltre l'edificio sarà dotato - sempre a cura dell'ENEA - di un sistema di monitoraggio sismico permanente. L'ing. Alessandro Martelli, coordinatore del GLIS, raggiunto telefonicamente dalla nostra rivista, proprio mentre era impegnato in attività di protezione civile per conto dell'ENEA in Molise, non si stanca di sottolineare l'urgenza di una decisa svolta nella diffusione delle applicazioni delle moderne tecnologie antisismiche anche in Italia, al pari di quanto sta avvenendo in paesi come Giappone, USA e persino Cina (vedi box). Né si stanca di compiere ogni tentativo per sfatare il luogo comune di un'eccessiva incidenza economica dei dispositivi antisismici sul costo della costruzione. "E' vero - precisa - che fino ad alcuni anni fa le tecnologie antisismiche venivano prevalentemente applicate solo alle grandi strutture industriali, a ponti e a viadotti. Oggi non è più così. L'evoluzione tecnologica è stata tale che i dispositivi antisismici sono adatti anche per nor-

mali strutture e per edifici destinati ad uso abitativo. Ed i costi sono assolutamente contenuti; insignificanti, poi, se confrontati con il valore delle vite umane che l'impiego di quei dispositivi contribuirebbe a salvare.

In Italia abbiamo le più valide tecnologie oggi disponibili, tanto che trovano impiego in tutti i paesi del mondo più sensibili alle tematiche della prevenzione sismica. Purtroppo abbiamo anche tanti ostacoli burocratici. Per anni abbiamo sofferto di una carenza normativa che solo ora, dopo il terremoto dell'Umbria e delle Marche del 1997, è in via di superamento.

#### ACEDIS

Sezione Dispositivi di Vincolo Strutturali dell'ACAI

Viale Abruzzi 66, 20131 Milano  
Tel 02.29513413 - fax 02.29529824  
e-mail: segr.acai@virgilio.it

Gli associati

ALGA S.p.A., Milano  
e-mail: alga@alga.it - web: www.alga.it

FIP INDUSTRIALE S.p.A., Selvazzano Dentro (PD)  
e-mail: fip@fip-group.it - web: www.fip-group.it

FREYSSINET TERRA ARMATA S.r.l., Roma  
e-mail: freyssinet@fretai.com - web: www.fretai.com

METALMECCANICA FRACASSO S.p.A., Fiesso d'Artico (VE)  
e-mail: mbox@fracasso.it - web: www.fracasso.it

TESIT S.r.l., Padova  
e-mail: tesit@protec.it

TIS TECNICHE IDRAULICO STRADALI S.p.A., Roma  
e-mail: tis@tis.it - web: www.tis.it

Ma vi è veramente ancora molto da fare, tanto più che alla base di tutto vi è un problema di carenza culturale e di informazione”.

In proposito ricorda le molteplici iniziative del GLIS finalizzate ad una maggiore sensibilizzazione dell'opinione pubblica e delle amministrazioni locali sull'opportunità e la convenienza di adottare le moderne tecnologie di prevenzione sismica per le costruzioni su tutto il territorio nazionale.

Innanzitutto il progetto MUSICA (Multimediali per lo sviluppo di Sistemi Innovativi per Costruzioni Antisismiche), che riguarda la produzione di filmati, di documentari, di audiovisivi, calibrati su target di diverse fasce (progettisti, amministratori, costruttori, studenti, utenti finali, ecc) e mirati alla divulgazione di corrette informazioni circa le tecnologie antisismiche e alla presentazione delle più significative realizzazioni esistenti.

Poi un fitto calendario di convegni e seminari, organizzati ovunque nel mondo, in collaborazione con le Università (in particolare

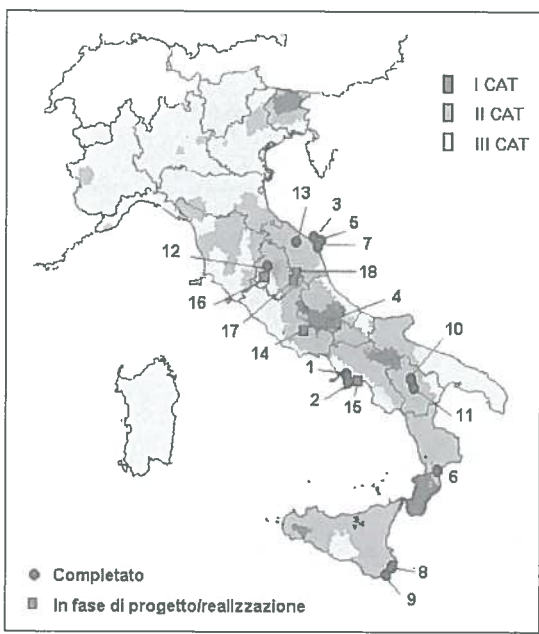
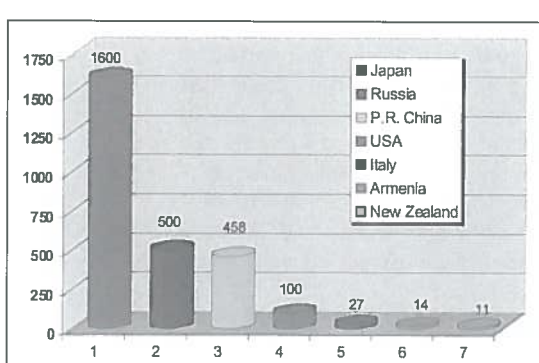
quelle di Perugia, della Basilicata, di Ancona), con i costruttori di appoggi strutturali rappresentati da ACEDIS, con progettisti e architetti impegnati nella ricostruzione di zone terremotate, con enti e università stranieri. Uno dei più recenti incontri, si è svolto a Fabriano (AN) a pochi giorni di distanza dal terremoto del Molise e si è quindi posto come importante momento di riflessione e di confronto di idee sugli interventi più urgenti e necessari per l'area colpita dal sisma.

E' stato anche un'occasione preziosa per un'analisi tra esperti dei più riusciti esempi di applicazione delle tecnologie antisismiche agli edifici e in particolare a quelli ad uso scolastico e abitativo. Allo stesso tempo ha consentito la presentazione di tutta una serie di interventi effettuati dopo il terremoto del 1997 di Umbria e Marche (sia su edifici di nuova costruzione sia su strutture esistenti) rivolta ai rappresentanti delle pubbliche amministrazioni delle zone colpite e agli operatori del settore delle costruzioni.

## APPLICAZIONI ALLE NUOVE COSTRUZIONI

“L'isolamento sismico – ha spiegato in quell'occasione il prof. Parducci – consiste nel modificare l'input sismico riducendo le accelerazioni trasmesse alle costruzioni, allo scopo di innalzarne la resistenza allo stato limite di danno e di aumentarne la sicurezza ultima. Negli anni '80 e '90 le tecniche d'isolamento sono state applicate in Italia per la protezione sismica di oltre 100 viadotti autostradali. Gli impalcati sono stati "separati" dalle pile e dalle spalle mediante appoggi elasto-palstici, dal comportamento prevalentemente dissipativo. Si è operato così per adeguare strutture esistenti e per proteggerne di nuove. L'industria italiana ha prodotto dispositivi di elevata qualità, che poi sono stati utilizzati per alcuni viadotti degli Stati Uniti e per importanti opere in Turchia, a Taiwan, ecc.

Nel settore dell'edilizia civile si usano dispositivi gomma-acciaio prevalentemente elastici, più sem-



## APPLICAZIONI DELLE TECNOLOGIE ANTISISMICHE IN ITALIA E NEL MONDO

Sul numero 1-2002 di GLIS News (disponibile su Internet all'indirizzo [www.192.107.65.2/glis](http://www.192.107.65.2/glis)) l'ing. Massimo Forni dell'ENEA ha pubblicato un breve studio sulla diffusione in Italia e nel mondo delle più moderne tecnologie antisismiche. “Nel mondo gli edifici isolati alla base sono ormai oltre 2700 e la tendenza all'aumento è quasi esponenziale. Giappone e Cina contribuiscono in modo determinante a questo incremento, che è iniziato immediatamente dopo il disastroso terremoto di Kobe e che continua ancora con un progresso costante di centinaia di nuove applicazioni all'anno. L'Italia, dopo essere stata all'avanguardia nei primi anni novanta ed aver subito una successiva battuta d'arresto a causa della carenza di normativa, si sta ora riprendendo grazie alle realizzazioni del dopo terremoto in Umbria e Marche”. La tabella e la cartina riportati qui di seguito mostrano la situazione

italiana, come emerge dai più recenti lavori e studi in materia. Il grafico, invece, mostra la diffusione nel mondo delle moderne tecnologie di isolamento sismico.

Sono in corso di programmazione seminari GLIS da tenersi in Molise nei primi mesi del 2003.

Ulteriori informazioni possono essere chieste a:

- ing. Massimo Forni, Segretario Tecnico GLIS, tel. 051.6098554 [forni@bologna.enea.it](mailto:forni@bologna.enea.it)

- dott. Giordano Bruno Arato, Responsabile Relazioni Esterne GLIS, tel. 051.6098710, [arato@bologna.enea.it](mailto:arato@bologna.enea.it)

- sig.a Gabriella Grimaldi, GLIS, tel. 051.6098640, [grimaldi@bologna.enea.it](mailto:grimaldi@bologna.enea.it)

App	Località / Edificio / Anno	Edifici (N° totale)
1	Napoli, Caserma dei Vigili del Fuoco, 1981	1
2	Napoli, Nuova Caserma dei Vigili del Fuoco, 1985	1 (2)
3	Ancona, Centro Civico, 1989	1 (3)
4	Avezzano, Edificio Texas Instruments, 1989	1 (4)
5	Ancona, Centro Regionale TELECOM, 1990	5 (9)
6	Squillace, Appartamenti, 1992	1 (10)
7	Ancona, Centro Medico della Manna, 1992	1 (11)
8	Augusta, Ospedale della Marina, 1993	1 (12)
9	Augusta, Appartamenti, 1993	4 (16)
10	Potenza, Università della Basilicata, 1995	5 (21)
11	Rapolla, Appartamenti, 2000	1 (22)
12	Città di Castello, Edifici IERP, 2001	3 (25)
13	Fabriano, Appartamenti (retrofit), 2002	1 (26)
14	Frosinone, Ospedale	3 (29)
15	Soccavo, Centro Civico (retrofit)	1 (30)
16	Foligno, Centro della Protezione Civile	13 (43)
17	Nocera Umbra Chiesa (retrofit)	1 (44)
18	Apagni, Chiesa (retrofit)	1 (45)

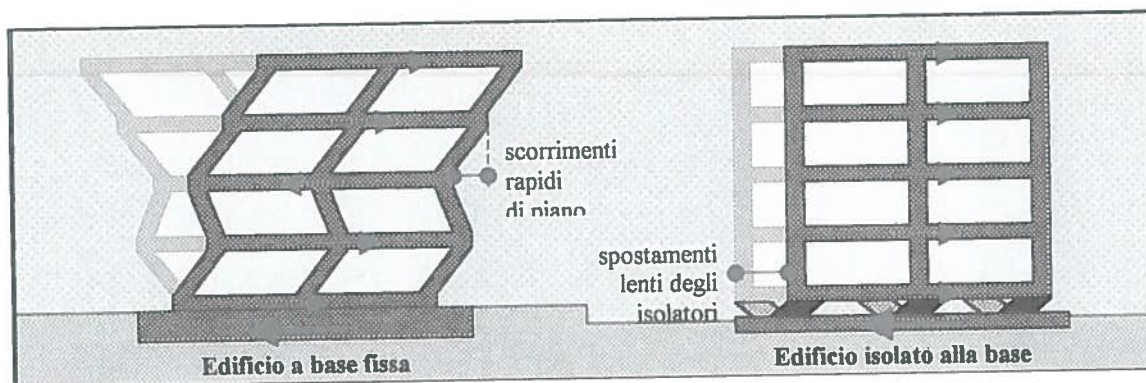


Fig. 1

plici, di facile impiego e di basso costo. Benché le applicazioni siano state meno numerose di quelle per i viadotti, anche in questo settore la produzione nazionale è di livello elevato e non mancano le commesse internazionali<sup>(1)</sup>.

L'isolamento alla base consiste nel porre le costruzioni sopra dispositivi deformabili elasticamente per provocare un consistente aumento del periodo d'oscillazione ed il disaccoppiamento delle oscillazioni modali (Figura 1). In questo caso, a differenza dei viadotti, la prestazione fondamentale degli isolatori è la deformabilità elastica. Occorre perciò che gli isolatori possano sopportare ampie deformazioni elastiche e che la costruzione sia libera di spostarsi lateralmente di almeno 15 e talvolta fino a 30 centimetri.

In questo modo è possibile ridurre le sollecitazioni fino al 20-25% rispetto a quelle che subirebbe la stessa costruzione a base fissa. Queste prestazioni interessano soprattutto gli edifici strategici (ospedali, scuole, centrali operative, ecc.), quelli contenenti oggetti di pregio o di valore (musei, centri di calcolo, ecc.) e quelli ad alto rischio (laboratori, impianti industriali, ecc.); ma ovviamente interessano anche gli edifici residenziali e commerciali<sup>(2)</sup>.

Dopo il terremoto del 1997, la Regione Umbria ha promosso importanti iniziative per promuovere l'applicazione dell'isolamento



Fig. 2

sismico degli edifici. A Castello (figura 2) è stato ultimato un complesso residenziale<sup>(2)</sup>, formato da tre corpi di fabbrica dalle forme regolari. Gli isolatori sono stati disposti sotto la parte in elevazione, sopra le strutture del piano interrato adibito ad autorimesa (Figura 3).

L'impegno più significativo avviato dalla Regione Umbria riguarda la costruzione degli edifici del nuovo Centro della Protezione Civile, da realizzare su un'area di 13,5 ettari presso Foligno.

Attualmente è in corso la progettazione, ma alcuni dei fabbricati sono già in costruzione. Nei progetti si stanno sperimentando forme architettoniche e configurazioni strutturali tese ad ottimizzare l'efficacia della "Base Isolation"<sup>(3)</sup>.

Il Centro comprende, oltre al complesso principale (ora in fase di predisposizione dell'appalto) destinato alle Sale Operative, all'Emergenza e alla Formazione, quelli dei Beni Culturali e delle Guardie Forestali, nonché un Autoparco, la Caserma dei Vigili del Fuoco (in costruzione), il com-



Fig. 3

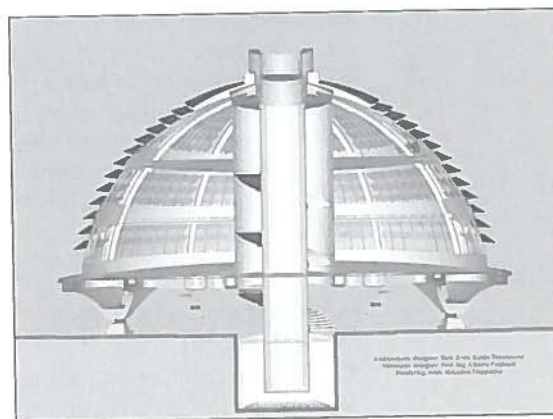


Fig. 4

plesso della Croce Rossa (progetto già ultimato ed approvato), ed altri fabbricati accessori.

"Per quanto riguarda le configurazioni strutturali - continua il prof. Parducci - il fabbricato di maggiore interesse è la Cupola di cemento armato del complesso principale destinato alle Sale Operative, Emergenza e Formazione (Figura 4). L'edificio è sostenuto da 10 isolatori periferici HDRB del diametro di 800 mm, posti poco sopra il piano di campagna, sui quali si impostano le vele che sostengono l'anello esterno del primo solaio (diametro = 30 m). Da questo livello partono 10 semiarchi, in testa ai quali è appesa la struttura precompressa di un nucleo centrale, nel quale si svolgono i percorsi verticali. I solai dei piani, collegando gli archi con il nucleo centrale, assicurano all'intero fabbricato una grande compattezza d'insieme

La configurazione della struttura, grazie anche al funzionamento ed alla distribuzione periferica degli

(1) Alcuni centri di ricerca, come quelli delle Facoltà di Ingegneria di Perugia e della Basilicata, nonché il centro specialistico dell'ENEA, sono stati molto attivi ed hanno fornito un valido supporto per questi sviluppi. Fin dagli anni '80, quello di Perugia ha svolto attività di ricerca riguardanti gli aspetti progettuali e di redditività relativi alle strutture dei ponti e dell'edilizia civile. Sotto la guida del Prof. Alberto Parducci, ha svolto una collaborazione con lo "Yunnan Design Institute" della Repubblica Popolare Cinese, in seguito alla quale, nella città di Kunming, quell'Istituto ha poi progettato 40 edifici isolati alla base.

(2) Il complesso è stato realizzato dallo IERP di Perugia, in collaborazione con il prof. Parducci della Facoltà di Ingegneria

(3) Il progetto strutturale dei 13 edifici isolati alla base è stato affidato al prof. Parducci che opera con il supporto della Teknoln Ingegneri Associati di Roma. Il progetto architettonico di Sale Operative, Centro Emergenza e Formazione e del complesso dei Beni Culturali è stato affidato all'arch. G. Tommesani



Fig. 5

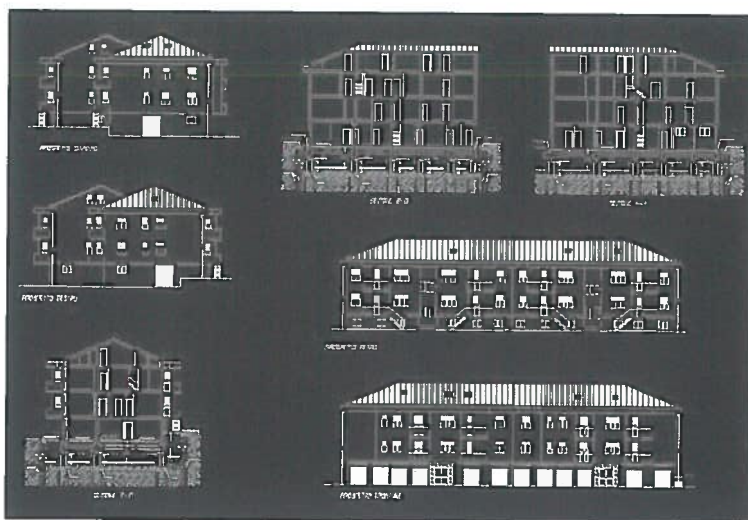


Fig. 6

isolatori e, secondo quanto risulta dalle analisi di progetto, consentirebbe all'edificio di sopportare senza danni un evento definito da un'accelerazione di picco del terreno pari ad un valore di soglia sei volte più intenso di quello per il quale si progettano oggi le strutture antisismiche tradizionali con la stessa destinazione d'uso, nelle aree di uguale pericolosità sismica<sup>(4)</sup>.

#### INTERVENTI SU EDIFICI ESISTENTI

Analoghi sistemi di isolamento vengono in taluni casi applicati anche ad edifici esistenti. Ne è un esempio l'intervento su una palazzina di Fabriano, descritto durante il convegno, dall'ing. Giuseppe Mancinelli<sup>(5)</sup>, che ne è stato l'autore. "L'edificio - ha spiegato il relatore - ha struttura portante costituita da telaio spaziale con travi tutte in spessore di solaio e pilastri a sezione rettangolare, la maggior parte dei quali disposti in modo da avere massimo momento di inerzia nella direzione trasversale del fabbricato.

<sup>(4)</sup> Per un approfondimento si veda anche:  
- Applicazioni dell'isolamento sismico agli edifici ad uso abitativo di nuova costruzione, in cemento armato e in muratura - L'esempio delle palazzine IERP di Città di Castello (PG), prof. Alberto Parducci - Convegno GLIS di Fabriano, novembre 2002

- L'isolamento sismico per la protezione degli edifici di cemento armato. L'esperienza dell'Umbria, prof. Alberto Parducci, Convegno GLIS di Campobasso, gennaio 2003

<sup>(5)</sup> Miglioramento sismico, mediante isolamento, degli edifici in cemento armato ad uso abitativo. L'esempio della palazzina di via Fratelli Latini a Fabriano (AN). Giuseppe Mancinelli, progettista in Fabriano, Convegno GLIS di Fabriano.

La fondazione è a plinti su due pali (diametro 400-500 mm) collegati da cordoli stesi nelle due direzioni principali. Sotto il profilo strutturale, l'edificio, costruito nella seconda metà degli anni 80, è stato progettato secondo la normativa sismica allora vigente per zona di seconda categoria. Questo spiega il modesto grado di danneggiamento subito dalla struttura, mentre il forte danneggiamento subito dalle componenti non strutturali (murature di tamponamento e tramezzature interne) è imputabile a evidenti fenomeni di amplificazione sismica dovuta alle caratteristiche dinamiche dell'edificio, alla duttilità della struttura, alla particolare tipologia di fondazione su pali, ma soprattutto ai requisiti del sito, a quelli del terreno ed alla reciproca interazione con il manufatto (fig.5).

Sono stati elaborati due progetti di miglioramento sismico, uno di tipo tradizionale (irrigidimento della struttura esistente) e l'altro con la previsione di un sistema di isolamento sismico alla base. I costi derivanti dall'irrigidimento della struttura in elevazione e delle conseguenti opere di finitura ed impiantistiche, si sono rilevati superiori a quelli derivanti dall'inserimento del sistema di isolamento. Inoltre, sotto il profilo tecnico, il progetto di miglioramento sismico tradizionale ha fatto rilevare anche una serie di aspetti negativi; non ultimo il fatto che, se gli irrigidimenti da un lato comportano una benefica riduzione della deformabilità, dall'altro provocano un peggioramento delle caratteristiche dinamiche in relazione al tipo di terreno su cui l'edificio è fondato.

Il progetto di isolamento alla base nasce dall'esigenza di eliminare tali carenze dinamiche ed è l'unica soluzione efficace affinché i danni riportati non abbiano più a ripetersi in caso di nuovi sismi.

Il sistema di isolamento utilizza apparecchi di tipo elastomerico ad elevato smorzamento (High Camping Steel-Laminated Rubber Devices) (fig.6).

La realizzazione pratica dell'inserimento del sistema di isolamento è in corso di esecuzione secondo le seguenti fasi principali:

- 1- Costruzione di una paratia perimetrale di pali esterna all'edificio.
- 2- Scavo a sezione obbligatoria
- 3- Realizzazione dei nuovi pali
- 4- Getto dei nuovi plinti e dei cordoli di collegamento
- 5- Ripristino intradosso plinto esistente
- 6- Getto del pilastro tozzo
- 7- Posizionamento isolatore, precarico con martinetto a perdere ed inghisaggio finale
- 8- Getto del nuovo solaio piano terra
- 9- Taglio dei pali a quota compresa tra quella della piastra superiore ed inferiore dell'isolatore."

Per quanto riguarda interventi di miglioramento sismico e di consolidamento di edifici esistenti (anche a carattere storico e monumentale) sono state sviluppate anche altre tecnologie. Un interessante esempio recentemente realizzato su un edificio in cemento armato ad uso scolastico è rappresentato dall'intervento effettuato sulla scuola Gentile Fermi di Fabriano<sup>(6)</sup>.

L'intervento - come ha illustrato il

prof. Rodolfo Antonucci della Università di Ancona durante il convegno - è consistito nell'inserimento di controventi metallici (fig. 7) dotati di dissipatori di energia, ossia dispositivi appositamente progettati per assorbire e dissipare, senza danneggiarsi, gran parte dell'energia trasmessa dal terremoto alla struttura, energia che altrimenti sarebbe dissipata dagli elementi strutturali attraverso il loro danneggiamento. La loro disposizione è stata tale da evitare che la nascita di cinematici sulle strutture in c.a. si risolvesse nel collasso della struttura. I dissipatori utilizzati in questo caso sono del tipo viscoelastico, sfruttano cioè le proprietà dissipative di una speciale gomma sollecitata a taglio (fig. 8).

Le analisi numeriche, con integrazione al passo, hanno mostrato che i dissipatori viscoelastici assorbono circa il 50% dell'energia d'ingresso; la parte rimanente viene dissipata mediante i danni al portato e, in minor misura, nelle cernierizzazioni degli elementi strutturali. La presenza dei dissipatori ha quindi consentito di diminuire la richiesta di duttilità (ossia la necessità di dissipare energia) negli elementi strutturali e, di conseguenza, di eliminarne o diminuirne sensibilmente il danneggiamento. L'inserimento dei controventi dissipativi ha anche risolto il problema dell'eccessiva deformabilità, senza gli svantaggi (in particolare l'eccessivo irrigidimento della struttura), che sarebbero derivati dall'utilizzo di controventi metallici tradizionali, cioè privi di dissipatori<sup>(7)</sup>.

Un'altra tecnologia recentemente applicata a progetti di adeguamento di edifici scolastici è ben esemplificata dall'intervento realizzato alla scuola Domiziano Viola di Potenza<sup>(8)</sup>, intervento che è stato descritto dal prof. Felice Ponzo dell'Università di Potenza nel corso del convegno



Fig. 7



Fig. 9

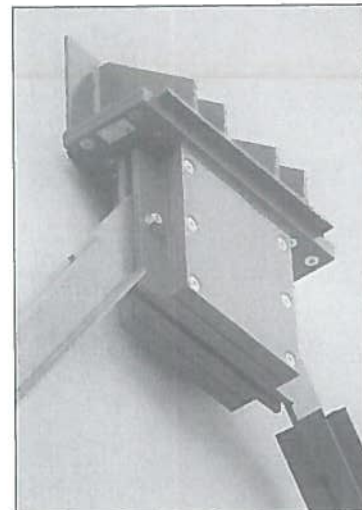


Fig. 8

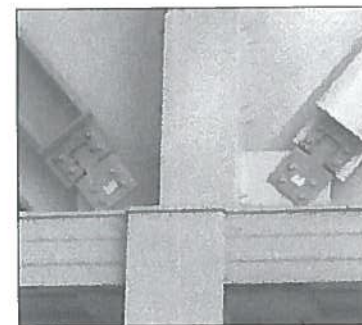


Fig. 10

promosso dal GLIS a Fabriano (fig. 9). Il relatore ha premesso che "negli ultimi decenni, tra le nuove tecnologie per il rafforzamento antisismico delle costruzioni esistenti, hanno avuto maggiore successo in termini sia applicativi sia di studio e ricerca quelle che affidano l'assorbimento e la dissipazione di energia a dispositivi inseriti in speciali controventi o disposti in serie ad essi. Nell'ambito di questi dispositivi, quelli basati sulle caratteristiche isteretiche dell'acciaio, presentano un'elevata capacità di dissipare energia, un'ottima stabilità nel tempo e durabilità, una scarsa sensibilità alle variazioni delle condizioni ambientali (umidità, temperatura, etc.), un ottimo controllo sulla forza massima scambiata con la struttura, grazie al basso incrudimento, costi relativamente bassi.

Nell'applicazione della tecnica dissipativa ad alcune scuole del comune di Potenza, è stato utilizzato un particolare tipo di dispositivo, il coprigiunto dissipativo (Dolce-Marnetto, 2000), che presenta aspetti peculiari rispetto ad altri di più frequente uso. Il dispositivo ha la forma e l'ingombro di una normale piastra di coprigiunto per collegamenti ad attrito, di cui svolge la funzione (foto 10). La funzione dissipativa è ottenuta grazie alla particolare lavorazione, che concentra le deformazioni anelastiche in lamine che si plasticizzano a taglio, per predefiniti e opportunamente calibrati valori della forza. Il coprigiunto dissipativo si differenzia dai dispositivi proposti in precedenza, poiché non richiede alcun elemento di connessione aggiuntivo a quelli strettamente necessari ad un controvento tradizionale. Esso risponde ai seguenti requisiti:

- Elevata rigidità, maggiore di quella di altri dispositivi basati sulla plasticizzazione dell'acciaio;
- Graduabilità della rigidità, della resistenza e del rapporto resistenza/rigidità;
- Notevole duttilità, sviluppata in un elevato numero di cicli;

<sup>(6)</sup> Miglioramento sismico della scuola Gentile-Fermi di Fabriano mediante controventi dissipativi viscoelastici. Rodolfo Antonucci (Università di Ancona), Francesco Balducci (C.R.E.A. srl), M. Gabriella Castellano (FIP Industriale Spa), Convegno GLIS di Fabriano

<sup>(7)</sup> Per un ulteriore approfondimento sul tema, si veda: Antonucci R., Balducci F., Castellano M.G., Ahmadi H., Goodchild I., Fuller K., (2001), Viscoelastic dampers for seismic protection of buildings: an application to an existing building. 5<sup>th</sup> World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures, Roma, 2001

<sup>(8)</sup> Miglioramento sismico degli edifici esistenti in cemento armato ad uso scolastico ed abitativo, mediante controventi dissipativi in acciaio e controventi rientranti in leghe a memoria di forma - L'esempio della Scuola D. Viola di Potenza e prove sperimentali. Memoria presentata al convegno di Fabriano da Felice C. Ponzo (Università della Basilicata, Potenza)

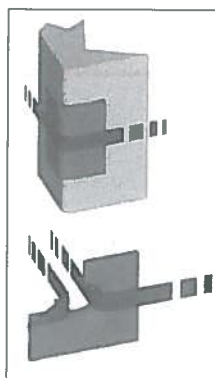


Fig. 11

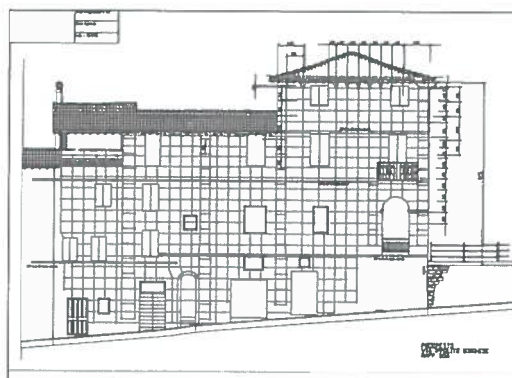


Fig. 12



Fig. 13

- Semplicità di posa in opera e di sostituzione;
- Totale libertà nella configurazione del controvento (a diagonale, a croce di S. Andrea, a V, etc.);
- Possibilità di conversione di un controvento da normale a dissipativo.

Il coprigiunto dissipativo è stato sottoposto a prove di qualificazione e accettazione, che ne hanno dimostrato le notevoli capacità dissipative e la buona resistenza a fatica oligociclica ed è stato applicato, oltre che nell'intervento alla scuola D. Viola, anche nei progetti di adeguamento di altre tre scuole del comune di Potenza (coordinatore dei progetti prof. Franco Braga)".

Un ambito di intervento che si differenzia da quello riguardante edifici scolastici in cemento armato e per il quale sono state messe a punto specifiche tecnologie di miglioramento sismico, è il caso - molto frequente in Italia - degli edifici in muratura. Ne ha parlato il prof. Mauro Dolce dell'Università della Basilicata<sup>(9)</sup>, che ha illustrato in particolare il sistema CAM, recentemente applicato nel rafforzamento di un edificio storico nel Comune di Sigillo (PG).

"Le strutture di edifici vecchi o antichi - ha detto - sono spesso caratterizzate da un apparecchio murario a due paramenti, poco o non collegati tra loro e con scarse caratteristiche meccaniche. Le tecnologie moderne di rafforzamento antisismico (intonaco cementizio armato, iniezioni, etc.) hanno rivelato notevoli limiti nella loro efficacia negli ultimi ter-

remoti italiani. La necessità di compattare la massa muraria, per migliorarne le caratteristiche di resistenza e duttilità, suggerisce l'idea di utilizzare un sistema tridimensionale di tirantature, idea su cui si basa il sistema CAM, Cuci-ture Attive per la Muratura. Il sistema si caratterizza per la totale reversibilità e non invasività, la durabilità nel tempo, la compatibilità con la bioarchitettura, l'estrema flessibilità di applicazione a problematiche diverse.

I tiranti, realizzati con nastri di acciaio inossidabile, sono pre-tesi e applicano, perciò, un leggero stato di precompressione alla muratura. Grazie agli speciali elementi di connessione (angolari e piastre imbutite - figura 11), i nastri d'acciaio realizzano un sistema continuo di tirantatura, orizzontale, verticale e trasversale, in grado di ripercorrere le irregolarità della muratura, che migliora la resistenza a taglio e flessionale dei singoli maschi murari, nel loro piano e fuori di esso, e delle pareti nel loro insieme. Il sistema CAM è stato già applicato ad alcuni edifici, sia con finalità antisismiche che di semplice consolidamento statico (Dolce et al 2001a). Nelle figg. 12 e 13 sono riportati il prospetto di progetto e un'immagine dell'esterno durante i lavori di applicazione del CAM di un edificio storico (inizio '800) situato nel centro del Comune di Sigillo.

L'edificio ha forma rettangolare in pianta, con dimensioni approssimative 20x12 m, e si sviluppa su più piani, con andamento molto irregolare, per la presenza di una mansarda, sfalsamenti dei solai, discontinuità della struttura muraria lungo l'altezza.

Il sistema CAM è stato applicato sia per rafforzare le murature rispetto alle azioni taglianti e fles-

sionali prodotte dal sisma, sia per migliorare i collegamenti tra i diversi elementi strutturali, quali pareti ortogonali, muratura e cordoli di sommità, muratura e travi in legno.

Il sistema CAM è stato sottoposto a prove sperimentali sui suoi componenti metallici, su pannelli (compressione diagonale) e su pilastri murari e in c.a. (compressione assiale). Queste ultime prove hanno evidenziato i notevoli miglioramenti di prestazioni ottenibili sia in termini di resistenza, sia, soprattutto, in termini di duttilità e dissipazione di energia (Dolce et al. 2001b, Dolce et al. 2002)".

## CONCLUSIONI

Questi non sono che alcuni dei molti esempi che potrebbero essere citati, a dimostrazione del fatto che l'evoluzione tecnologica e l'impegno in ricerca e sviluppo da parte dei produttori di dispositivi antisismici e dei progettisti hanno reso disponibile un ampio ventaglio di soluzioni, adeguate alle più varie situazioni, a differenti destinazioni d'uso, a diverse condizioni ambientali, allo stato di conservazione degli edifici, al contesto architettonico e urbanistico. Insomma, per concludere con l'ing. Martelli, non ci sono più alibi. Anche nel nostro paese è tempo di compiere una decisa svolta culturale, che consenta di portare l'attenzione e la sensibilità per le tematiche della prevenzione antisismica al livello dei paesi che, in materia, si sono rivelati tra i più avanzati: Giappone, Cina, Stati Uniti.

Le soluzioni tecnologiche ci sono e sono già tutte italiane, come dimostrano le performance delle aziende ACEDIS. Non resta che applicarle.

<sup>(9)</sup> Miglioramento sismico degli edifici in muratura con il sistema CAM. Mauro Dolce (DiSGG Università della Basilicata, Potenza), Roberto Marnetto (TIS Spa, Divisione Ricerca e Sviluppo, Roma).