



A cura della Segreteria Tecnica del GLIS, Massimo Forni, ENEA, Via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna  
Tel.: 051-6098554, fax: 051-6098639, E-mail: [forni@rin365.arcoveggio.enea.it](mailto:forni@rin365.arcoveggio.enea.it)

- **Vito Renda** ([vito.renda@jrc.it](mailto:vito.renda@jrc.it))  
**Eugenio Gutierrez** ([eugenio.gutierrez@jrc.it](mailto:eugenio.gutierrez@jrc.it))

Sono state recentemente eseguite, presso il laboratorio ELSA (European Laboratory for Structural Assessment) del Centro Comune di Ricerca di Ispra (Varese), prove pseudodinamiche su di un telaio metallico in grande scala (3 piani, 600 kN di peso) supportato da 4 isolatori sismici elastomerici, simulando l'applicazione di sismi monodirezionali corrispondenti a diverse condizioni di suolo e varie intensità. Le prove si inseriscono nell'ambito del progetto SIP (Seismic Isolation Programme) coordinato dal CCR di Ispra, al quale partecipano anche ENEA, ISMES, ALGA ed ENEL.



- **Alberto Dusi** ([dusi@cris.enea.it](mailto:dusi@cris.enea.it))  
**Gino Pucci, Giuseppe Bonacina** ([gpucci@ismes.it](mailto:gpucci@ismes.it))  
**Massimo Forni** ([forni@rin365.arcoveggio.enea.it](mailto:forni@rin365.arcoveggio.enea.it))

E' da poco terminata una campagna sperimentale, condotta dall'ISMES per conto dell'ENEL-CRIS sulla tavola vibrante a 6 gradi di libertà, avente per oggetto un telaio metallico (MISS: Model of Isolated Steel Structure) supportato da sei isolatori sismici elastomerici. Le prove si inquadrano nell'ambito del progetto Europeo BRITE EURAM II, coordinato da ENEL in cooperazione con ENEA, ISMES, ALGA, ANSALDO-Ricerche, STIN, MRPRA, DIWIDAG, SHW e Università di Karlsruhe, avente per oggetto l'ottimizzazione di isolatori sismici elastomerici ad elevato smorzamento.



- **Claudio Mazzieri, Simone Pastorino**

Nell'ambito degli interventi di restauro conservativo dei Bronzi di Riace, patrocinati da FINMECCANICA S.p.A., è stato assegnato alla controllata ANSALDO-Ricerche S.r.l. l'incarico di provvedere alla progettazione, realizzazione e verifica delle piattaforme antisismiche e dei sistemi di vincolo dei bronzi alle piattaforme stesse. Per il sistema di isolamento sono stati utilizzati isolatori sismici elastomerici ad elevato smorzamento, montati con un sistema multistrato e realizzati dall'ALGA S.p.A. Simulacri in scala piena dei bronzi isolati sono stati sottoposti a prove su tavola vibrante presso i laboratori dell'ANSALDO-Ricerche fino ad accelerazioni di 1 g.



- **Giuliano Francesco Panza** ([Panza@univ.trieste.it](mailto:Panza@univ.trieste.it))

**Franco Vaccari** ([vaccari@geosun0.univ.trieste.it](mailto:vaccari@geosun0.univ.trieste.it))

### *Modelling of long period seismic input for the Telecom building in Ancona*

A deterministic modelling of the seismic input is performed in the south-western part of the city of Ancona (Italy) where the seismically isolated Telecom building is located. Synthetic seismograms are computed by the modal summation technique, with a maximum frequency content of 1Hz. Seismogenic areas are considered at distances as far as 120 km, where earthquakes of magnitude as high as 7.0 are expected to occur. Closer seismic sources are considered as well, with magnitude not exceeding 6.5 according with the analysis of the historical seismicity. The synthetic seismograms are computed considering both laterally homogeneous and heterogeneous media, in order to estimate the amplification effects due to the local soil conditions. The average structural model from the source region to the building site is taken from the database prepared at the Department of Earth Sciences of the University of Trieste in the framework of the GNDT seismic hazard assessment activities, while for the definition of the structural parameters in the building area the results of detailed geological and geotechnical studies have been used. From the synthetic seismograms relevant parameters can be extracted, which are of interest to civil engineers: maximum displacement, velocity and acceleration. The maximum acceleration obtained with the 1D modelling is between 0.02g and 0.05g for frequencies lower than 1Hz. Maximum velocities and displacements vary in the range 5-10cm/s and 2-5cm respectively. In the 2D modelling an amplification factor of about 2 is observed. Design ground acceleration is also determined by comparing the synthetic response spectra with design spectra, like for instance those defined by Eurocode 8.

□ **Massimo Forni** ([forni@rin365.arcoveggio.enea.it](mailto:forni@rin365.arcoveggio.enea.it))

### *Due anni di attività del GLIS: 1994-1996*

**Consiglio.** Il Consiglio del GLIS, il cui mandato scade il 24 Maggio 1996, fu eletto il 14 Aprile 1994 durante la III Assemblea dei Soci, realizzata in Videoconferenza fra Napoli, Roma, Bologna e Milano. Da allora il Consiglio si è riunito 4 volte: a Bologna, Milano, Siena e ancora a Bologna (il precedente Consiglio si era riunito 7 volte, ma in un periodo di tempo maggiore). Fra le decisioni che sono state prese, la più importante è stata quella di entrare a far parte definitivamente dell'ANIDIS, con la destinazione al GLIS di una parte della relativa quota di iscrizione. Oggi pertanto il GLIS dispone di fondi propri che utilizza per le spese di segreteria, la pubblicazione di rapporti e l'organizzazione di seminari e giornate di lavoro.

**Soci.** I Soci GLIS sono passati da 104 (Aprile 1994) a 122 (Febbraio 1996). Attualmente (Maggio 1996), solo 46 di essi sono in regola con il pagamento della quota di iscrizione.

**Seminari.** Negli ultimi due anni il GLIS è stato co-organizzatore o patrocinatore di diversi Convegni, Seminari e Giornate di Lavoro:

*Ancona, 16 Novembre 1994, Giornata di Lavoro, "I Sistemi di Protezione Sismica Non Convenzionali: stato dell'arte e risultanze sul loro comportamento alla luce degli ultimi eventi sismici"*

*Cosenza, 12 Maggio 1995, Convegno, "Tecniche Innovative di Protezione Sismica"*

Bologna, 19 Maggio 1995, Giornata di Lavoro, "Sistemi Innovativi per la Progettazione Antisismica delle Strutture Civili e Industriali"

*Milano, 5 -9 Giugno 1995, IASS International Symposium, "Spatial Structures: heritage, present and future"*

Santiago, Chile, August 21-23, 1995, Post SMiRT Conference Seminar, "Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Vibrations of Structures"

Siena, 26 Settembre 1995, IV Assemblea Generale dei Soci GLIS, Riunione sottogruppo "Modelli Analitici e Numerici"

Ispira, Varese, 24 Maggio 1996, V Assemblea Generale dei Soci GLIS, Seminario "Progressi nella Ricerca, Sviluppo e Applicazione di Dispositivi Antisismici in Italia"

**Pubblicazioni.** La Segreteria del GLIS ha pubblicato e provveduto a distribuire ai Soci 5 rapporti tecnici:

G. Bonacina, M. Indirli, P. Negro, "Il Terremoto di Northridge, Los Angeles, 17 Gennaio 1994", Rapp. 01/94

M. Forni, G. Serino, "Resoconto della Videoconferenza GLIS del 15 Aprile 1994", Rapp. 02/94

M. Forni, "GLIS & Internet", Rapp. 03/95

M. Indirli, "Il Terremoto di Great Hanshin-Awaji, Giappone, 17 Gennaio 1995", Rapp. 04/95

A. Martelli, M. Forni, M. Indirli, B. Spadoni, "Attività dell'ENEA sulle tecniche antisismiche innovative nel 1995", Rapp. 05/96

## **Vito Renda e Eugenio Gutierrez (CCR Ispra)**

### *Activities on Pseudodynamic testing of base isolated structures.*

#### **Introduction**

The protection of civil engineering structures with base isolation devices is an important area in earthquake engineering. Up till now there had been no large-scale experiments conducted on such systems in the ELSA laboratory.

An opportunity to start an experimental campaign in this field was made available through an informal co-operation project with GLIS, the Gruppo di Lavoro Isolamento Sismico Italiano, which, along with technical suggestions regarding aspects of structural isolation technology, provided the ELSA laboratory with typical specimens of high damping rubber bearings. The objectives of this campaign were :

- to validate the pseudodynamic (PSD) method as a viable and flexible testing procedure for testing seismic isolation of structures.
- to observe the performance of a representative structure when subjected to seismic actions of differing intensity and spectral content, and, to compare the performance to that obtained without isolation.

#### **Strain-Rate Sensitivity**

The application of the pseudodynamic method to study the dynamics of structures is subject to a number of provisos. Perhaps the most obvious, as regards tests which include high damping rubber bearings, is the sensitivity of the material properties to the loading rate. A technique was developed to account for it and is included, on line during the test.

#### **Calibration of Strain-Rate Correction**

The next phase was to compare a dynamic snap-back test against a pseudodynamic one using the correction technique. The structure chosen is shown in the figure. The two reasons for choosing this specimen are: first, that the higher-mode response is linear and repeatable, secondly, that the structure had been the study of an extensive experimental campaign without isolation devices, thus it could be compared directly to the tests with rubber bearings.

Whereas the frequency error in the unmodified pseudodynamic is significant the corrected one was found to compare favourably to the dynamic case.

#### **Response to Earthquake Loading**

The testing campaign moved on to the study of the effectiveness of the isolation system. The structure, in addition to being subjected to the Kalamata earthquake described, was also subjected to other earthquake motions which are representative of various soil conditions.

#### **Scaling and Substructuring Techniques**

The frame shown in the figure was designed to be part of a larger structure, of which it was to carry the seismic inertial loads, hence, the mass matrix used in the pseudodynamic test for seismic actions was larger than that used for the calibration tests. In addition to this, the high damping rubber bearings used were half-scale to the prototypes and were four in number, whereas nine would have been needed had the complete structure been present.

This scaling problem was solved by assuming that the non-linear properties of the bearing are not heavily dependent on the size of the specimens. Hence, it was assumed that for a nominal displacement, the ratio of measured shear load is directly proportional to the ratio of the bearing cross section. In analogy to springs working in parallel; the ratio of the load-displacement characteristics of a half-scale model bearing, compared to a combination of prototype bearings having a total shear-area of, for example, nine times that of the model, will be nine times less. Alternatively, in analogy with springs working in series, the on-line imposed displacement on a bearing whose height is half that of the prototype must be half of that too, if both are to be subjected to the same working strain.

## **Medium Soil Conditions**

A sequence of experiments using the acceleration signal of the 1988 Kalamata earthquake (conditioned by progressively increasing the intensity factor) were performed. This signal would correspond to soil category B in Eurocode 8. In all the tests the isolated structure remained in the elastic regime. Also, the peak inter-storey shear loads were, typically, six to eight times lower than for the unprotected one. Whereas for the unprotected case all floors exhibited plastic deformations, the isolated structure remained elastic. The results indicate that base isolation can be used to relax the structural design details concerning seismic actions, or, looking at it another way, the degree of safety offered by a base isolated structure is considerably increased. The results confirm that base isolation is useful to reduce the shock loading in buildings which house delicate equipment, or essential services, which must function after an earthquake has produced severe damage.

## **Soft-soil Conditions**

A typical example of this is the 1988 Spitak (Armenia) earthquake when it is characterised by two frequency components, one at 1.2 Hz which is still lower than the first-mode frequency (that being of the order of 0.8 Hz for typical working conditions of the bearings), and another near 3 Hz. The cases of non-isolated versus isolated buildings were studied using a loading factor of 0.6. The ratio of inter storey shear loads is typically of the order of four times higher for the non-isolated case. Thus, even in soft soil conditions the base isolation affords some degree of protection, if not to the same level of the Kalamata event. In terms of total shear force at the bearing versus its displacement, when using a loading factor two, wherein it was noticed that considerable hardening begins to take place, marking the limit of the bearing design performance criteria. However, given the intensity of the event, it can be said that the performance was still good.

## **Beside the experimental activity on base isolated structures, the ongoing pseudodynamic seismic tests at ELSA include:**

- tests on a four-storey full-scale building designed according to the Eurocode 8;
- tests on reinforced concrete frames with masonry infills;
- large-scale tests on irregular bridges;
- tests to verify repairing techniques for architectural monuments.

**Alberto Dusi (ENEL-CRIS), Gino Pucci, Giuseppe Bonacina (ISMES) e Massimo Forni (ENEA)**

## *Prove dinamiche su una struttura isolata sismicamente*

### **Introduzione e scopo**

E' da poco terminata una vasta campagna sperimentale, condotta dall'ISMES per conto dell'ENEL-CRIS sulla tavola vibrante a 6 gradi di libertà, avente per oggetto un telaio metallico in scala ridotta (MISS: Model of Isolated Steel Structure) supportato da sei isolatori sismici elastomerici. Le prove si inquadrano nell'ambito del progetto Europeo BRITTE EURAM II, coordinato da ENEL in cooperazione con ENEA, ISMES, ALGA, ANSALDO-Ricerche, STIN, MRPRA, DIWIDAG, SHW e Università di Karlsruhe, avente per oggetto l'ottimizzazione di isolatori sismici elastomerici ad elevato smorzamento. Scopo delle prove è verificare il buon comportamento degli isolatori utilizzati e dimostrare l'applicabilità dell'isolamento sismico anche nel caso di strutture particolarmente flessibili.

### **Oggetto delle prove**

MISS è una struttura metallica formata da 4 telai di piano (2.1 x 3.3 m) sorretti da 6 colonne, il tutto realizzato in travi HE 100. La distanza di interpiano può essere di 90 o 110 cm. Ciascun telaio può portare fino a 4 masse di calcestruzzo del peso di 13 kN ognuna. Sotto ad ogni colonna può essere inserito un isolatore sismico; il telaio di base è sufficientemente rigido (travi HE 140) da poter permettere l'utilizzo di soli 4 isolatori ai vertici della struttura. MISS è pertanto componibile in diverse configurazioni e può assumere frequenze proprie in un ampio range di variabilità a seconda della distanza di interpiano e della disposizione e quantità delle masse. Anche la frequenza di isolamento è variabile in dipendenza del numero e rigidità degli isolatori utilizzati e della possibilità di inserire fino a 8 masse sul telaio di base. Nella campagna sperimentale summenzionata sono state analizzate due configurazioni: la prima, simmetrica, ha una distanza di interpiano di 90 cm e 4 masse per ciascun piano per un peso complessivo di 250 kN (configurazione di riferimento); la seconda, eccentrica, è identica alla prima ma con solo due masse al quarto piano. Entrambe le configurazioni sono state analizzate nelle condizioni di base fissa e isolata con sei isolatori in mescola soffice ( $G=0.4$  MPa) aventi un diametro di 125 mm e 30 mm di altezza complessiva della gomma. Gli isolatori utilizzano un vincolo tipo perno centale + bulloni, hanno il foro centrale ed un fattore di forma  $S=12$ .

### **Descrizione delle prove**

MISS è stata sottoposta a prove di eccitazione forzata nella configurazione senza masse a base fissa (per la caratterizzazione del telaio) e nelle due configurazioni menzionate nel paragrafo precedente. L'eccitazione è consistita in una forza di piccola entità applicata in diverse posizioni e direzioni alla testa della struttura nel range 0-35 Hz. Sono poi state eseguite scansioni sinusoidali, sempre nello stesso range, applicando un'accelerazione alla base. Infine sono stati applicati 4 terremoti, due sintetici (elaborati da DIWIDAG sulla base delle indicazioni dell'EC8) e due naturali (Tolmezzo e Calitri), sia mono- che bi- e tri-assiali.

### **Risultati**

Le prime frequenze proprie della struttura a base fissa nella configurazione di riferimento risultano essere piuttosto basse: 1.5 Hz nella direzione longitudinale e 2.4 Hz in quella trasversale. Per la stessa configurazione nel caso di isolamento alla base si ottengono 0.85 Hz e 0.92 Hz, con rapporti di isolamento pari a 1.76 e 2.56 rispettivamente. E' pertanto evidente che si tratta di una struttura che, per il basso fattore di isolamento ed il bassissimo smorzamento strutturale (max 1.7%) rappresenta un caso limite di applicabilità dell'isolamento sismico, soprattutto nel caso di sismi caratteristici di terreni soffici.

I limiti massimi stabiliti per le prove sismiche erano il superamento del momento di ribaltamento della tavola (300 kN\*m), il superamento del limite di plasticizzazione del piede delle colonne (800  $\mu\epsilon$ ) e, nel caso di struttura isolata, il superamento del 300% di shear strain degli isolatori (90 mm).

Entro questi limiti, è stato possibile applicare a MISS nella configurazione di riferimento, un'accelerazione massima alla tavola di 0.16 g (sisma di Tolmezzo a -6 db) nel caso di base fissa e di 0.39 g (sisma di Tolmezzo a 0 db) nel caso di base isolata. L'accelerazione alla testa della struttura sottoposta a queste eccitazioni è stata di 0.54 g e 0.29 g rispettivamente. E' da notare che, in alcuni casi di eccitazione a bassa frequenza (es. sisma di Calitri), l'accelerazione massima al piede di MISS isolata è stata anche due volte superiore all'accelerazione massima della tavola vibrante ma, nonostante questa amplificazione, il comportamento della struttura isolata è sempre stato migliore rispetto al caso di base fissa. La deformazione massima dell'isolatore (286% a taglio) si è avuta con l'applicazione del sisma di Calitri tri-direzionale.

## **Claudio Mazzieri e Simone Pastorino (ANSALDO-Ricerche)**

### *Realizzazione dei supporti antisismici per i "Bronzi di Riace"*

Nell'ambito degli interventi di restauro conservativo dei Bronzi di Riace, patrocinati da FINMECCANICA S.p.A., è stato assegnato alla controllata ANSALDO-Ricerche s.r.l. l'incarico di provvedere alla progettazione, realizzazione e verifica delle piattaforme antisismiche e dei sistemi di vincolo dei bronzi alle piattaforme stesse.

I requisiti richiesti per la realizzazione delle basi antisismiche (elevata attenuazione del moto sismico orizzontale, adeguati margini di sicurezza, elevata affidabilità, limitato ingombro) e del dispositivo di vincolo (facilità di montaggio, reversibilità, affidabilità, limitato ingombro) hanno condotto ad una progettazione e verifica integrata del complesso vincoli statue e piattaforma antisismica.

Le basi antisismiche sono state realizzate, da ANSALDO-Ricerche, utilizzando un moderno sistema di isolamento di tipo passivo, basso vibrante ad elevato smorzamento, in grado di attenuare fortemente le azioni orizzontali e non amplificare il moto verticale. Nelle sue linee essenziali, il sistema è costituito da una struttura scatolare della massa di circa 3500 kg, la cui estremità inferiore è vincolata alla struttura civile tramite l'interposizione di un sistema di di isolatori multistadio ad elevato smorzamento, all'estremità superiore sono vincolati i bronzi con un sistema di aste e cavi di acciaio inox. Il dispositivo di vincolo consente di applicare forze predeterminate, regolabili e controllabili nel tempo con celle di forza (fornite dalla società PAVONE Sistemi Industriali). Gli isolatori, di tipo HDLRB di fornitura della società ALGA S.p.A., hanno il pregio di essere autocentranti, stabili nel comportamento meccanico a fronte di un elevato numero di sollecitazioni e non richiedere di fatto manutenzione. Gli isolatori sono disposti in 3 strati di 4 unità ciascuno, hanno un diametro di 60 mm, un'altezza di 65 mm ed uno smorzamento maggiore del 15%. La frequenza di isolamento è di 1 Hz ed il fattore di deamplificazione dell'accelerazione è  $2.5 / 3$ .

L'intero complesso (base antisismica e sistema di vincolo statua-base) è stato oggetto, presso i laboratori di ANSALDO-Ricerche, di una accurata serie di verifiche sismiche sperimentali, su tavola vibrante, utilizzando un simulacro rappresentativo dei bronzi. Le verifiche sono state eseguite utilizzando terremoti (della durata di 30 s) generati a partire dallo spettro di risposta della Calabria e dal terremoto registrato a Reggio Calabria (No 297 del 11/3/1978). Le prove sono state condotte fino a livelli di accelerazione di circa 1 g. Nel corso delle prove sono state misurate le risposte in accelerazione del basamento, del simulacro e le variazioni delle forze esercitate dai vincoli statua-base.

Il sistema realizzato consente di ridurre il rischi sismico a cui sono potenzialmente soggetti i Bronzi di Riace installati nel museo di Reggio Calabria. Tale riduzione è determinata da due fattori: forte attenuazione della componente orizzontale del sisma ed esistenza di adeguati margini di sicurezza. La soluzione adottata consente di effettuare ispezioni endoscopiche senza dover rimuovere il bronzo dal basamento. Il sistema realizzato è la prima applicazione di tecnologie innovative di riduzione del rischi sismico a reperti archeologici, conservati nei musei, in Europa ed in particolare in aree sismiche del bacino del Mediterraneo.