



RETE DEI LABORATORI UNIVERSITARI
DI INGEGNERIA SISMICA

RELUIS

Report Scientifico 2° anno (anno 2007)

Linea di Ricerca n. 7

“TECNOLOGIE PER L’ISOLAMENTO ED IL CONTROLLO
DI STRUTTURE ED INFRASTRUTTURE”

Coordinatori:

prof. Mauro Dolce - prof. Giorgio Serino

1 INTRODUZIONE / INTRODUCTION

La capacità dei sistemi di isolamento e di controllo strutturale nel ridurre le sollecitazioni di origine sismica è stata ulteriormente confermata nel corso del 2007 dal fiorire di applicazioni e dall'ampio spazio ad essi dedicato nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di prossima emanazione. Come testimoniato da quanto riportato nel seguito, le Unità di Ricerca della Linea 7 hanno attivamente partecipato allo sviluppo di nuove applicazioni, ed iniziato a lavorare nell'accurato esame critico delle nuove disposizioni normative dal punto di vista tecnico-scientifico ed al loro testaggio in applicazioni specifiche (reali o simulate). Si prevede nel corso del 3° anno del progetto di pervenire a specifiche proposte di modifica/integrazione del testo normativo, in particolare per la parte riguardante i sistemi di dissipazione di energia, per i quali il testo di prossima emanazione risulta meno dettagliato. Per la fine del progetto, si prevede inoltre di pervenire alla redazione di un manuale di progettazione coerente con le nuove disposizioni normative, corredato da numerosi esempi applicativi, ed all'organizzazione di un convegno di diffusione dei risultati delle ricerche portate innanzi dalla Linea. / *The ability of seismic isolation and structural control techniques in reducing seismic effects has been further confirmed during the year 2007 by the blooming of applications and the attention given to them in the new "Technical Regulations for Constructions", which are going soon to be issued. As reported in the following, the Research Units of Research Project No. 7 have actively taken part in the development of new applications, and started working on the accurate critical examination of the new regulations, both from the scientific/technical point of view and their testing in specific applications (real or simulated ones). During the 3rd year, it is foreseen to provide proposals for the modification/integration of the new code, particularly regarding the energy dissipation systems, covered at a lower level of detail by the document which is being issued. By the end of the Research Project, a design manual in accordance with the new technical regulations and provided by numerous application examples, is foreseen to be drafted. Also, a conference aimed at spreading the results attained is going to be organized at the end of the Research Project.*

1.1 Obiettivi della linea di ricerca nel 2° anno

Le attività svolte e gli obiettivi raggiunti nel corso del 2° anno della ricerca hanno riguardato tutti e quattro i task principali della Linea, relativi alle quattro strategie di controllo prese in considerazione dalla ricerca, e precisamente:

- TASK 1 - Controllo passivo mediante isolamento sismico
- TASK 2 - Controllo passivo mediante dissipazione di energia
- TASK 3 - Controllo passivo mediante masse accordate
- TASK 4 - Controllo semiattivo

Per i primi due task, si è puntato sul miglioramento delle conoscenze su aspetti specifici del funzionamento e delle tecniche di progettazione, nonché sulla semplificazione degli strumenti progettuali (norme, linee guida, metodi di analisi e di verifica sperimentale), in modo da rendere agevole, affidabile ed economicamente conveniente l'applicazione. Per gli ultimi due task, le attività svolte avevano come principale obiettivo la valutazione delle potenzialità e della convenienza delle relative tecniche per la protezione sismica delle costruzioni, anche attraverso conferme sperimentali ed applicazioni.

In particolare, per quanto riguarda l'isolamento sismico, le attività svolte hanno riguardato:

- definizione delle configurazioni strutturali più adatte nelle applicazioni e valutazione dei costi in rapporto ai benefici attesi;
- semplificazione e miglioramento delle metodologie di progettazione, con riferimento sia agli edifici che ai ponti;
- metodologie di analisi semplificata e valutazione del fattore di struttura;
- approfondimento di aspetti specifici riguardanti i dispositivi isolatori (influenza dei fattori di forma, instabilità, stato tensionale nella gomma in presenza di carichi verticali e/o di deformazioni trasversali elevate, effetti termici, ecc.);
- modalità applicative e potenzialità per gli edifici monumentali;
- modalità applicative alle strutture leggere (apparecchiature, elementi di impianti, ecc.);
- effetti di azioni sismiche anomale e della componente verticale.

Relativamente alla dissipazione di energia, le attività svolte hanno riguardato:

- definizione di metodologie di progetto e di analisi semplificata, di validità generale ovvero facenti riferimento a specifiche classi di dispositivi;
- definizione di procedure di validazione sperimentale dei dispositivi;
- modalità applicative alle strutture prefabbricate;
- effetti di azioni sismiche anomale e della componente verticale;

Relativamente alla tecnica dello smorzamento di massa, le attività svolte hanno riguardato:

- definizione di metodologie di progetto e di analisi semplificata;
- valutazione delle potenzialità e delle modalità applicative in presenza di masse variabili;
- studio di sistemi combinati di isolamento sismico e masse accordate.

Relativamente al controllo semiattivo, le attività svolte hanno riguardato:

- valutazione dell'affidabilità nel tempo e dell'efficiacia rispetto ai sistemi puramente passivi;
- sviluppo di procedure di progetto e di validazione sperimentale dei dispositivi.

The activities performed and the objectives reached during the 2nd year covered all the four main tasks of the Research Project, referring to the four control strategies considered in the research, namely:

- *TASK 1 - Passive control through seismic isolation*
- *TASK 2 - Passive control through energy dissipation*
- *TASK 3 - Passive control through tuned mass dampers*
- *TASK 4 - Semiactive control*

Regarding the first two tasks, the attention has been focused in the improvement of the knowledge on specific working aspects and design techniques, as well as on the simplification of design tools (regulations, guidelines, analysis and experimental verification methods), in order to make simple, reliable and economically convenient the applications. Regarding the last two tasks, the activities performed had as main objective the evaluation of potentialities and convenience of the relative seismic protection techniques, also through experimental confirmations and applications.

In particular, concerning seismic isolation, the activities performed covered:

- *definition of the structural configurations most suitable in the applications and evaluation of costs in relation to the expected benefits;*
- *simplifications and improvement of design methods, with reference both to buildings and bridges;*
- *simplified analysis methods and evaluation of q factor;*
- *specific aspects regarding isolation devices (influence of shape factors, stability, stress levels in the rubber under significant vertical loads and/or transverse deformation, thermal effects, etc.);*
- *implementation methods and potentialities for monumental buildings;*
- *implementation methods and potentialities for light structures (equipments, plant elements, etc.);*

- effects of anomalous seismic actions and of vertical component.

Concerning *energy dissipation*, the activities performed covered:

- definition of design and simplified analysis methods, of general validity or referring to specific classes of devices;
- definition of device experimental validation procedures;
- implementation procedures for precast structures;
- effects of anomalous seismic actions and of vertical component.

Concerning *mass damping technique*, the activities performed covered:

- definition of design and simplified analysis methods;
- evaluation of potentialities and implementation procedures in presence of variable masses;
- study of combined seismic isolation and tuned mass systems.

Concerning *semiactive control*, the activities performed covered:

- evaluation of time reliability and efficacy compared to purely passive systems;
- development of design and device experimental validation procedure.

1.2 Organizzazione della Linea nel 2° anno / Organization of Project in the 2nd year

Durante il 2° anno, le attività sono state portate innanzi dalle 12 Unità di Ricerca di seguito riportate (3 interne e 9 esterne a ReLUIS): / *During the 2nd year, the activities have been carried out by the following 12 Research Units (3 internal and 9 external to RELUIS):*

	Istituzione <i>Institution</i>	Responsabile <i>Responsible</i>	Titolo della ricerca dell'Unità <i>Title of the research of the Unit</i>
RELUIS			
R1	UNIBAS - Università della Basilicata / <i>University of Basilicata</i>	F. Ponzo (formerly M. Dolce)	Controllo passivo di edifici e ponti: studi sperimentali e numerici per la validazione ed il miglioramento dei metodi di progettazione, analisi e verifica delle strutture e delle modalità di prova dei dispositivi / <i>Passive control of buildings and bridges: experimental and numerical studies for the validation and improvement of the structural design, analysis and verification methods and of the device testing procedures</i>
R2	UNINA_SE - Università di Napoli Federico II / <i>University of Naples Federico II</i>	G. Serino	Metodologie di progettazione per edifici e ponti con dispositivi viscosi e di strutture isolate leggere / <i>Design methods of buildings and bridges with viscous devices and of light structures</i>
R3	UNINA_DL - Università di Napoli Federico II / <i>University of Naples Federico II</i>	A. De Luca	Isolamento sismico di edifici di interesse storico-monumentale / <i>Seismic isolation of historical-monumental buildings</i>
EXTERNAL			
E1	UNIPG - Università di Perugia / <i>University of Perugia</i>	M. Mezzi (formerly A. Parducci)	Aspetti progettuali ed architettonici nell'applicazione dell'isolamento sismico alle costruzioni / <i>Design and architectural aspects in seismic isolation applications</i>
E2	UNICAL - Università della Calabria / <i>University of Calabria</i>	A. Vulcano	Progettazione di edifici con controventi dissipativi o con isolamento alla base ed effetti di <i>near-fault</i> / <i>Design of buildings with energy dissipative braces and seismic isolation and near-</i>

			<i>fault effects</i>
E3	POLITO – Politecnico di Torino / <i>Technical University of Torino</i>	A. De Stefano	Sistemi a masse accordate e controllo semi-attivo per la riduzione della risposta sismica delle costruzioni / <i>Tuned mass systems and semi-active control for the reduction of the structural seismic response</i>
E4	UNIUD - Università di Udine / <i>University of Udine</i>	S. Sorace	Metodi di progetto e di analisi semplificata e procedure di qualificazione sperimentale di sistemi di isolamento sismico e di dissipazione di energia includenti dispositivi fluido-viscosi / <i>Design and simplified analysis methods and experimental qualification procedures for seismic isolation and energy dissipation systems including viscous fluid devices</i>
E5	UNISA - Università di Salerno / <i>University of Salerno</i>	B. Palazzo	Sperimentazione del sistema di controllo combinato "Isolamento alla Base e Smorzamento di Massa" / <i>Experimental validation of the combined base-isolation – mass damper control system</i>
E6	UNICAM - Università di Camerino / <i>University of Camerino</i>	A. Dall'Asta	Controllo della risposta dinamica di telai esistenti in c.a. mediante dispositivi in gomma ad alto smorzamento e mediante controventi dissipativi con aste di acciaio ad instabilità impedita / <i>Dynamic response control of existing R/C frames using high damping rubber devices and buckling restrained braces</i>
E7	UNIBO - Università di Bologna / <i>University of Bologna</i>	M. Savoia	Metodologie di progettazione ed affidabilità di edifici protetti con sistemi di dissipazione sismica / <i>Design methods and reliability of buildings with seismic energy dissipation</i>
E8	UNIPARTH - Università di Napoli Parthenope / <i>University of Naples Parthenope</i>	A. Occhiuzzi	Il controllo delle vibrazioni di natura sismica mediante dispositivi semiattivi / <i>Seismic vibration control through semi-active dampers</i>
E9	UNIVAQ - Università de L'Aquila / <i>University of L'Aquila</i>	V. Gattulli	Sistemi integrati di controllo ed auto-diagnosi in dissipatori sismici semi-attivi / <i>Integrated systems of control and self-diagnosis in semi-active seismic dampers</i>

Durante il 3° anno, una ulteriore Unità di Ricerca si aggiungerà alla Linea, in particolare: / *During the 3rd year, a further Research Unit is going to join the Research Project, namely:*

EXTERNAL			
E10	POLIBA - Politecnico di Bari / <i>Technical University of Bari</i>	D. Foti	Dispositivi dissipativi in alluminio per la protezione passiva degli edifici / <i>Aluminium energy dissipation devices for passive protection of buildings</i>

Durante il 2° anno, si è dato maggiore impulso all'organizzazione della Linea in sottogruppi, e per ciascun sottogruppo sono stati nominati due coordinatori, come indicato nella tabella che segue: / *During the 2nd year, the organization of the project in subgroups has been stressed, and for each subgroup two coordinators have been nominated, as indicated in the following table:*

Sottogruppo <i>Subgroup</i>	Denominazione <i>Title</i>	Unità di Ricerca partecipanti <i>Participating Research Units</i>	Coordinatori <i>Coordinators</i>
L7_SG1	Isolamento di edifici e ponti / <i>Isolation of buildings and bridges</i>	R1_UNIBAS, R2_UNINA_SE, R3_UNINA_DL, E1_UNIPG, E2_UNICAL, E4_UNIUD, E5_UNISA	D. Cardone, G. Serino
L7_SG2	Dissipazione di energia / <i>Energy dissipation</i>	R1_UNIBAS, R2_UNINA_SE, E1_UNIPG, E2_UNICAL, E4_UNIUD, E6_UNICAM, E7_UNIBO	M. Savoia, F. Ponso
L7_SG3	Modellazione e sperimentazione dei dispositivi / <i>Modelling and testing of devices</i>	R1_UNIBAS, R2_UNINA_SE, R3_UNINA_DL, E4_UNIUD, E6_UNICAM	A. De Luca, S. Sorace
L7_SG4	Sistemi TMD/TLD passivi / <i>TMD/TLD passive systems</i>	E3_POLITO, E5_UNISA	E. Matta, L. Petti
L7_SG5	Sistemi semiattivi / <i>Semiactive systems</i>	E8_UNIPARTH, E9_UNIVAQ	V. Gattulli, A. Occhiuzzi

L'organizzazione in sottogruppi ha consentito di migliorare significativamente il coordinamento fra le varie Unità di Ricerca sulle singole tematiche specifiche, ed a sviluppare in maniera più efficace attività sperimentali congiunte. / *The organization in subgroups allowed to significantly improve the coordination among Research Units on specific topics and to more efficaciously develop joint experimental activities.*

2 ATTIVITÀ / ACTIVITIES

Durante il 2° anno, oltre a numerosi incontri informali fra i vari ricercatori afferenti alle diverse Unità di Ricerca, si sono tenute le seguenti riunioni plenarie e di sottogruppo, per le quali sono disponibili nell'area riservata alla Linea 7 del sito ReLUIIS (<http://www.reluis.it/>) gli OdG ed i relativi verbali: / *During the 2nd year, besides numerous informal meetings among the various researchers belonging to the different Research Units, the following plenary and subgroup meetings were held, their agendas and minutes being available in the area reserved to Project # 7 in the ReLUIIS website (<http://www.reluis.it/>):*

- riunione plenaria del 12 luglio 2007 (DPC, Roma) / *plenary meeting of 12th July 2007 (DPC, Rome)*
- riunione su dissipazione di energia/JETPACS del 30 luglio 2007 (UNIBAS, Potenza) / *meeting on energy dissipation/JETPACS of 30th July 2007 (UNIBAS, Potenza)*
- riunione per prove JETPACS del 14 novembre 2007 (UNIBAS, Potenza) / *meeting for JETPACS tests on of 14th November 2007 (UNIBAS, Potenza)*
- riunione L7_SG2 del 9 gennaio 2008 (DPC, Roma) / *L7_SG2 meeting of 9th January 2008 (DPC, Rome)*
- riunione plenaria del 10 gennaio 2008 (DPC, Roma) / *plenary meeting of 10th January 2008 (DPC, Rome)*

2.1 ISOLAMENTO DI EDIFICI E PONTI / ISOLATION OF BUILDINGS AND BRIDGES

2.1.1 Indagini numeriche su edifici / Numerical investigations on buildings (Task 1/L7_SG1)

Configurazioni strutturali delle costruzioni resistenti al sisma / Structural configurations of the earthquake-resistant constructions (UNIPG)

Sono state individuate le configurazioni strutturali adatte all'inserimento di sistemi di isolamento, sviluppando schemi semplificati, con particolare riguardo agli effetti torsionali ed ai problemi di ribaltamento. Approfondite con simulazioni soluzioni strutturali isolate/dissipate basati sulla sospensione di porzioni di edificio o di elementi. / *Structural configurations suitable for the insertion of isolation systems have been identified and simplified schemes developed, with particular reference to torsional effects and overturning problems. Evaluated the response of structural isolated/dissipated solutions based on the suspension of portions or elements of a building.*

Aspetti economici / Economic aspects (UNIPG)

Sviluppate metodologie per il confronto delle effettive prestazioni di edifici convenzionali ed isolati, basate su una caratterizzazione probabilistica delle correlazioni tra i parametri di risposta. Definite curve di fragilità dei parametri di domanda rispetto alle incertezze dell'input e della caratterizzazione strutturale / *Methods for the comparison of effective performance of conventional and isolated buildings based on a probabilistic correlation among response parameters have been developed, fragility curves of demand parameters with respect of input and structural characterization uncertainties have been defined.*

Analisi statica lineare per edifici isolati alla base / Linear static analysis on base isolated buildings (UNIBAS)

L'obiettivo è quello di valutare l'attendibilità dei metodi di analisi statica lineare, contenuti nelle attuali norme, per la progettazione di edifici isolati alla base. Sono stati confrontati gli andamenti delle azioni sismiche di piano previsti dall'attuale norma con i risultati di analisi dinamiche non lineari. Sulla base dei confronti effettuati si sono ricavati degli opportuni fattori correttivi delle distribuzioni di forze attualmente in uso e/o delle nuove leggi di distribuzione delle forze specializzate per diversi sistemi di isolamento. In tale

ambito, sono stati anche esaminati i risultati sperimentali di prove su tavola vibrante, oltre a test in pseudodinamica effettuate su modelli di grande scala testati in precedenti progetti di ricerca. / *The objective is to evaluate the accuracy of the linear static methods, provided by the current Italian seismic code, for the design of BI-buildings. The maximum storey shears expected based on Linear Static Analysis (LSA) have been compared to those obtained through Nonlinear Time-History Analysis (NTHA). Based on the results of NTHA, correction factors of the currently used force distributions and/or new force distributions, specialised to each Isolation System (IS) type have been derived. Within this activity, outcomes of previous experimental investigations carried out on quasi-real scale models, tested with shaking table and with pseudo-dynamic techniques, have been also analysed.*

Progettazione e modellazione di sistemi di isolamento con appoggi in acciaio-PTFE e dissipatori fluido-viscosi / *Design and modelling of isolation systems with steel-Teflon sliding bearings and fluid-viscous dampers* (UNIUD)

Messi a punto criteri di dimensionamento/progetto preliminare, perfezionati modelli analitico/numerici e computazionali e sviluppati alcuni casi di studio. / *Final set-up of preliminary design criteria, improved analytical/numerical and computational models and case studies developed.*

Effetti delle componenti orizzontali e verticale di terremoti "near fault" sulla risposta non lineare di strutture in c.a. / *Effects of horizontal and vertical near-fault ground motions on the nonlinear dynamic response of reinforced concrete buildings* (UNICAL, UNIUD)

I terremoti "near-fault" sono generalmente caratterizzati da impulsi di lunga durata in direzione orizzontale, aventi maggiore intensità in direzione normale alla faglia, e da un movimento ad alta frequenza in direzione verticale, con valori del rapporto $\alpha_{PGA}(=PGA_V/PGA_H)$ che possono risultare anche maggiori dell'unità. Questi terremoti possono risultare critici per le strutture a base fissa ed a base isolata. Al fine di valutare tali effetti sulla risposta dinamica non lineare di edifici a struttura intelaiata in c.a., a base fissa o isolata, è stato messo a punto un apposito codice di calcolo da UNICAL ed effettuate estese analisi parametriche. UNIUD ha effettuato analisi dettagliate nel caso reale di un edificio vicino Firenze. / *Near-fault ground motions are generally characterized by both long-duration horizontal pulses, with large intensity in the fault-normal direction, and high-frequency motion in the vertical direction, with values of the acceleration ratio $\alpha_{PGA}(=PAG_V/PGA_H)$ even larger than 1. These motions can become critical for both fixed-base and base-isolated structures. A computer code was prepared by UNICAL and an extensive parametric analysis performed in order to evaluate the effects produced by the combination of the horizontal and vertical components of near-fault ground motions on the response of fixed-base and base-isolated reinforced concrete (r.c.) framed buildings. UNIUD has performed detailed analysis for a real building near Florence.*

Analisi strutturale e valutazione della sicurezza sismica di edifici a pianta basilicale / *Structural analyses and evaluation of seismic safety of buildings with a basilican plan* (UNINA_DL)

Analisi FEM a due passi (prima lineari dell'intero complesso e poi non lineari sui singoli macroelementi) su dieci chiese a pianta basilicale hanno evidenziato l'elevata danneggiabilità sotto sisma di tale tipologia. È stato, quindi, proposto ed applicato un approccio semplificato che consente di valutare la vulnerabilità delle chiese attraverso l'analisi della geometria del complesso strutturale e dei singoli macroelementi. / *FEM two step analyses (first linear on the whole complex and then nonlinear on single macroelements) performed on ten churches with a basilican plan pointed out the high damageability of such structural typology. A simplify approach has been then proposed and applied to estimate the seismic safety of basilica-type churches through the examination of the global and single macro-elements geometrical characteristics.*

Definizione di procedure progettuali e metodi di analisi semplificata per edifici di interesse storico-monumentale con isolamento sismico / *Design procedures and simplified analysis methods for BIS in the retrofit of monumental buildings* (UNINA_DL)

Le attività hanno riguardato l'applicazione critica di una procedura di progetto del BIS e di una serie di verifiche sugli isolatori considerando quattro chiese. Le analisi (statiche e dinamiche) sono state effettuate sia nella condizione attuale (a base fissa), sia con isolamento sismico. Sono stati elaborati degli abachi per il dimensionamento in fase preliminare dei dispositivi di isolamento che permettono di garantire il soddisfacimento della verifica a carico critico nelle successive le fasi progettuali. / *A dimensioning procedure and a list of checks on the devices have been tested on four churches study cases. The analyses (static and dynamic) have been performed on the "base isolated" churches and on the "as is" (fixed base) churches. Preliminary design charts are provided to ensure that the buckling check in the design procedure is satisfied.*

Isolamento e monitoraggio Santuario in Siracusa / *Isolation and monitoring of Siracusa Shrine* (UNINA_SE)

E' stato definito il nuovo sistema di monitoraggio della struttura e concordato con il Dipartimento della Protezione Civile l'inserimento fra quelle monitorate dall'Osservatorio Sismico delle Strutture. Messa a punto un dettagliato modello agli elementi finiti della struttura prima e dopo l'intervento di isolamento del 2006. / *The new structural monitoring system has been defined and its inclusion among the constructions of the Seismic Observatory of Structures agreed with the Department of Civil Protection. A detailed FEM model of the structure before and after the seismic retrofit has been set up.*

2.1.2 Indagini sperimentali su edifici / *Experimental investigations on buildings* (Task 1/L7_SG1)

Analisi dei risultati sperimentali di test su tavola vibrante di edifici in c.a. e muratura isolati alla base / *Experimental outcomes analyses of shaking table tests on base isolated r.c. and masonry buildings* (UNIBAS)

Sono stati analizzati i dati sperimentali ricavati da precedenti prove su un modello di edificio in c.a. armato in scala 1:4 progettato per soli carichi verticali. I test, effettuati incrementando progressivamente l'intensità delle sollecitazioni sismiche, sono stati condotti fino a danneggiare il modello, che è quindi stato riparato ed isolato alla base utilizzando dispositivi ad alto smorzamento ADRI (*Added viscous Damping-Rubber-Isolators*). Sono stati analizzati anche i risultati sperimentali di prove sismiche condotte su un modello di edificio in scala 2:3, realizzato con struttura in muratura a doppio paramento in pietrame di tufo e protetto mediante isolamento alla base con dispositivi ADRI. / *The experimental data obtained from previous tests on a scaled r.c. building designed for vertical loads only have been analysed. The seismic tests have been carried out progressively increasing the earthquake intensity up to reach a significant damage state. After repairing, the model has been isolated using ADRI devices (Added viscous Damping-Rubber-Isolators). The experimental results from seismic tests on a 2:3 scaled masonry model, built with a double layer of tuff and protect by a ADRI base isolation system, have also been analysed.*

2.1.3 Indagini numeriche su ponti / *Numerical investigations on bridges* (Task 1/L7_SG1)

Metodo di progetto e analisi numeriche per due nuovi sistemi di isolamento / *Design methods and numerical analyses fro two new isolation systems* (UNIBAS)

La conclusione era prevista nel secondo anno, ma è stata interamente completato nel primo anno. / *The conclusion was planned in the second year, but was completed in the first year.*

2.1.4 Indagini sperimentali su ponti / *Experimental investigations on bridges* (Task 1/L7_SG1)

Prove su pile da ponte con sistemi di isolamento interposti / *Test on bridge piles equipped with isolation system* (UNIBAS)

L'attività, prevista per il secondo anno, è stata rinviata al terzo anno a causa dal ritardato trasferimento dei fondi (realizzazione dei modelli sperimentali nella primavera 2008, l'esecuzione dei test nell'estate 2008).

/ The activity, foreseen in the second year, has been postponed to the third year due to the delayed found transfer (experimental models to be build in spring 2008, test execution in summer 2008).

2.2 DISSIPAZIONE DI ENERGIA / ENERGY DISSIPATION

2.2.1 Indagini numeriche su edifici / Numerical investigations on buildings (Task 2/L7_SG2)

Configurazioni strutturali delle costruzioni resistenti al sisma / Structural configurations of the earthquake-resistant constructions (UNIPG)

Sono state individuate le configurazioni strutturali adatte all'inserimento di sistemi di dissipazione e sviluppati schemi semplificati. Approfondite con simulazioni soluzioni con controventi dissipativi in facciata per la definizione di criteri di tipo estetico. */ Structural configurations suitable for the insertion of dissipation systems have been identified and simplified schemes developed. Evaluated the response of solutions with damping braces in the façades to define aesthetical criteria.*

Aspetti economici / Economic aspects (UNIPG)

Vedi analogo paragrafo isolamento in 2.1.1. */ See analogous paragraph on isolation in 2.1.1.*

Affidabilità dei sistemi di dissipazione di energia / Reliability estimate of innovative systems for seismic mitigation based on energy dissipation (UNIBO)

Dopo aver messo a punto nel primo anno metodi di valutazione dell'affidabilità sismica, basati sulla definizione di curve di fragilità che tengono in conto la variabilità dell'azione sismica e delle proprietà meccaniche della struttura, nel corso del secondo anno sono stati definite le tecniche per la selezione degli accelerogrammi per la conduzione delle analisi di tipo probabilistico. Nel terzo anno tali tecniche saranno utilizzate per valutare l'affidabilità di sistemi di dissipazione di energia, anche in presenza di difetti. */ After having developpe in the first year methods for the estimate of structural reliability, based on seismic fragility curves taking into account the variability of seismic action and of mechanical properties of the structure, during the second year techniques for accelerogram selections to perform reliability analyses have been studied. In the third year, such techniques will be used to estimate the reliability of seismic protection systems based on energy dissipation, also in the presence of defects.*

Procedure per il dimensionamento dei dissipatori / Procedures for the design of dampers (UNIBAS+UNICAL+UNIBO+UNINA_SE+UNIUD+UNICAM)

UNIBAS propone metodi di dimensionamento delle caratteristiche di dispositivi dissipativi (sia isteretici che viscosi) basati sulla ricerca del *performance point* di un sistema equivalente ad un g.d.l., in cui la capacità è fornita dalla risposta della struttura rinforzata con i controventi dissipativi, mentre la domanda è ricavata iterativamente in funzione dello spostamento raggiunto e dalla capacità di dissipazione del sistema. Propone, quindi, una legge di distribuzione in elevazione delle caratteristiche meccaniche dei controventi tale da coinvolgere, nel comportamento sismico globale, parte o tutte le risorse plastiche dell'edificio ed ha condotto uno studio parametrico considerando differenti edifici non antisismici in c.a. degli anni '70 ed '80, rinforzati mediante controventi dissipativi, pervenendo anche alla valutazione del coefficiente di struttura. */ UNIBAS set-up a design procedure for energy dissipating (both hysteretic and viscous) bracings based on the definition of the performance point of an equivalent SDOF system, whose capacity is provided by a push-over analysis of the structure strengthened with the dissipating devices and the demand evaluated with an iterative procedure as a function of the maximum displacement reached by the system and its dissipation capacity. They then proposed a distribution law of the mechanical characteristics of the dissipating system along building height involving the ductility resources of the structure and realized a parametric study aimed at evaluating the behaviour factor of structures equipped with energy dissipating displacement-dependent*

bracing system, considering several types of r.c. buildings representative of Seventies/Eighties Italian buildings, strengthened with energy dissipating braces designed with the proposed procedure.

UNICAL propone una procedura di progetto dei controventi dissipativi che consente di ottenere, per un specifico livello di intensità sismica, un prefissato livello di performance della struttura, adottando il *criterio della rigidezza proporzionale*, che assume la rigidezza laterale (elastica) di piano dei controventi proporzionale a quella del telaio non controventato, combinata con il “Direct Displacement-Based Design”, nel quale il progetto è legato alla scelta di opportuni livelli di deformazione. / *UNICAL propose a design procedure aiming to proportion damped braces in order to attain, for a specific level of the seismic intensity, a designated performance level of the building, adopting a proportional stiffness criterion, which assumes the elastic lateral storey-stiffness due to the braces proportional to that of the unbraced frame, combined with the Direct Displacement-Based Design, in which the design starts from target deformations.*

UNIBO mette a punto una procedura per la definizione delle caratteristiche meccaniche di smorzatori viscosi non-lineari, del tipo usualmente oggi disponibili in commercio, che tiene anche conto della compressibilità del fluido. / *UNIBO defines a procedure for the definition of the mechanical characteristics of non-linear viscous dampers, like those usually available on the market, which also takes into account fluid compressibility.*

UNINA_SE ha messo a punto una procedura di progetto di sistemi che presentano accoppiamento di elementi elastici e smorzatori viscosi (lineari e non) basata sulla minimizzazione della funzione di trasferimento del taglio alla base (nel caso di edifici) ovvero delle azioni sulle pile (nel caso di ponti). Sono state inoltre valutate le potenzialità offerte da un approccio del tipo *Performance Based Design* per la progettazione di telai con controventi dissipativi. / *UNINA_SE developed a design procedure for systems characterized by coupling of elastic elements and (linear and non-linear) viscous dampers based on the minimization of base shear (in case of buildings) and piers action (in case of bridges). Furthermore, the potentialities of the Performance Based Design approach for the design of frame structures with dissipative braces have been evaluated.*

UNIUD ha effettuato la definitiva messa a punto dei criteri di dimensionamento e progetto preliminare per i sistemi a controventi dissipativi ed a cavi smorzanti, incorporanti dissipatori fluido-viscosi. Ciò è stato effettuato attraverso il perfezionamento dei modelli analitico/numerici e computazionali dei due suddetti sistemi, l'individuazione di edifici ed allestimenti architettonici da assumere a casi di studio e lo sviluppo del progetto strutturale in casi di studio, sino alla definizione di dettagli esecutivi e d'installazione. / *UNIUD completed the set-up of the preliminary design criteria and methodologies for dissipative bracing (DB) system and damped cable (DC) system, incorporating fluid viscous devices. This has been done through improvement of the analytical/numerical and computational models of the two protection systems, selection of some buildings and architectural layouts as representative case studies and structural design of case studies, up to the definition of structural implementation and technical installation details.*

Mitigazione degli effetti del martellamento fra edifici adiacenti con dissipatori fluido-viscosi / *Mitigation of pounding effects in adjacent buildings with fluid-viscous dampers* (UNIUD)

Il problema è affrontato nei suoi aspetti concettuali ed analitici, pervenendo alla definizione di un primo modello computazionale interpretativo degli effetti della collisione tra strutture adiacenti. / *The problem is examined in terms of conceptual and analytical approaches, and a first computational model for the schematization of the dynamic contact between adjacent structures is proposed.*

Esempio applicativo: struttura prefabbricata / *Case study: a precast structure* (UNIBO)

È stato sviluppato un case-study riguardante una struttura prefabbricata a 2 piani in c.a., con pianta rettangolare ed altezza massima di circa 10.50 m. Con riferimento alle azioni orizzontali da sisma, i pilastri si configurano come elementi a mensola. Per soddisfare le verifiche da normativa sia nei riguardi della

deformabilità che della resistenza, è necessario introdurre un sistema di controventamento per le azioni orizzontali. Sono state prese in considerazione quattro soluzioni: struttura originale senza controventi, inserimento di controventi rigidi in acciaio; struttura con smorzatori posizionati in modo tale da collegare ciascun piano al terreno; struttura con smorzatori posizionati tra piani successivi.

A case-study has been studied, concerning a two-storey precast reinforced concrete structure of a shopping mall, with rectangular plan and maximum height of about 10.50 m. The columns and the beams are realized with precast reinforced concrete elements. The main structure is not a moment-resisting frames, with columns acting like cantilevers elements as far as the horizontal seismic actions are concerned. In order to successfully satisfy all structural verifications (strength and deformability requirements), earthquake-resistant bracing systems are required. Four different structural solutions have been studied: precast structure without any bracing; precast structure with rigid steel inter-storey bracings; precast structure with dampers connecting each floor to the ground; precast structure with inter-storey dampers.

2.2.2 Indagini sperimentali su edifici / *Experimental investigations on buildings* (Task 2/L7_SG2)

Prove su telaio in acciaio JETPACS: messa a punto del modello sperimentale / *Dynamic Tests on JETPACS steel frame: experimental model set up* (UNIBAS+UNINA_SE+UNICAL+UNIPARTH+ UNIVAQ+ POLIBA)

È stata progettata un'estesa campagna di prove sperimentali su tavola vibrante denominata JETPACS (*Joint Experimental Testing on Passive and semiActive Control Systems*) da effettuare presso il Laboratorio di Strutture dell'Università della Basilicata su un modello d'acciaio in scala 2:3, di due piani ed una campata in entrambe le direzioni. Gli obiettivi principali del programma sperimentale sono: (i) migliorare le conoscenze sulle varie funzioni specifiche relative alle tecniche di dissipazione di energia, (ii) valutare l'efficacia di diversi sistemi di dissipazione dell'energia (viscosi, visco-elastici, magnetoreologici semi-attivi, visco-ricentranti, isteretici, a memoria di forma), (iii) semplificare e standardizzare le procedure di progettazione per l'utilizzo dei controventi dissipativi. Al momento è stata effettuata una prima serie di prove di caratterizzazione delle proprietà meccaniche del modello. / *An extensive experimental shaking table campaign named JetPacs (Joint Experimental Testing on Passive and semiActive Control Systems), to be carried out at the Structural Laboratory of the University of Basilicata on a 2:3 scaled structural model of a 2-storey, 1-bay, three-dimensional steel frame, has been defined. The main objectives of the experimental program are: (i) to improve the knowledge on various specific aspects related to the energy dissipation techniques, (ii) to evaluate the effectiveness of different energy dissipating bracing systems (viscous, visco-elastic, semi-active magnetoreological, recentering viscous, hysteretic, with shape memory alloys), (iii) to simplify and standardize the design procedures for energy dissipating bracing systems. Up to now, a first series of identification tests has been completed.*

Prove sperimentali su telaio in scala reale equipaggiato con dispositivi HDR / *Experimental tests on a real scale frame equipped with HDR dissipation devices* (UNICAM)

La campagna sperimentale è stata condotta su un telaio a scala reale composito acciaio-cls. dotato di controventi dissipativi basati su gomma ad alto smorzamento. Si è valutato che introducendo due dispositivi il sistema rimane entro limite elastico del telaio fino ad un'accelerazione di picco pari a 0.3g. Le prove eseguite sono state: di vibrazione libera; cicliche a controllo di spostamento; cicliche a controllo di forza. I risultati delle prove sono stati simulati numericamente utilizzando un modello in cui il telaio è stato considerato come un sistema elastico lineare in parallelo con i dispositivi in gomma. / *The experimental campaign was carried out on a real scale single storey mock-up of a steel-concrete composite space frame equipped with a dissipating bracing system based on high damping rubber (HDR) devices. It has been shown that by introducing two dissipative devices the system remains in the elastic limit up to a peak acceleration of 0.3g. The experimental performed have been: snap back tests; cyclic tests with displacement*

feedback; cyclic tests with force feedback. The results of the tests have been compared with the results provided by a numerical model in which the frame has been considered as a linear elastic system in parallel with the HDR devices.

Prove sperimentali su telaio in scala reale equipaggiato con dispositivi BRB / *Experimental tests on a real scale composite frame equipped with BRB dissipation devices* (UNICAM)

Sono state condotte anche prove sperimentali sullo stesso telaio dotato di controventi ad instabilità impedita, progettati per ottenere lo stesso livello di protezione fornito dai dispositivi in gomma. Dal momento che il telaio in esame ha una massa ed una rigidezza molto piccole, il nucleo interno dei dispositivi è stato realizzato in alluminio. Le prove sperimentali eseguite sono state tutte quasi-statiche a controllo di spostamento. I risultati delle prove sono stati simulati numericamente, adottando per i dispositivi il modello di Bouc-Wen. / *Experimental tests were carried out on the real scale mock-up equipped with buckling restrained braced (BRB) also, designed in order to obtain the same protection level provided by the previously tested HDR-based devices. Since the one story mock up has a very small mass and stiffness, the core of the BRB devices was made out of aluminium. Performed experiments consisted of quasi-static displacement controlled tests. The results of these tests were compared with the results obtained from the numerical calculations, the Bouc-Wen model being used to simulate the BRB behaviour.*

Progetto di una struttura prototipo sperimentale in vera grandezza / *Design of a full-scale prototype for experimental tests* (UNIBO)

È stata completata la progettazione di un prototipo sperimentale in vera grandezza che sarà realizzato in collaborazione con un'azienda che produce strutture in c.a. prefabbricate. La struttura, che sarà realizzata nel terzo anno della ricerca, sarà utilizzata da UNIBO per testare dispositivi di smorzamento viscosi ma volendo anche da altre Unità con differenti dispositivi di protezione sismica. / *The design of a full-scale precast concrete frame has been completed at an executive detail. The prototype will be realized in collaboration with a company producing precast structural elements. The structure will be used by UNIBO to test viscous dampers, but also other Research Units will be allowed to test different protection systems.*

2.3 MODELLAZIONE E SPERIMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI / *MODELLING AND TESTING OF DEVICES*

2.3.1 Indagini numeriche / *Numerical investigations* (Task 3/L7_SG3)

Analisi FEM dei dispositivi elastomerici / *FEM analyses of HDRBs* (UNINA_DL)

Partendo dallo studio della gomma (comportamento, modelli e prove sperimentali per la caratterizzazione del materiale) ed attraverso la calibrazione del modello su base sperimentale, sono state condotte circa 200 analisi FEM su isolatori considerando valori del fattore di forma primario S_1 e secondario S_2 , pressioni verticali fino a 15MPa e deformazioni orizzontali fino al 300%. I dispositivi sono stati analizzati sotto differenti condizioni di carico: solo carichi verticali, solo carichi orizzontali e combinazione di carichi verticali e orizzontali. Sono stati esaminati e discussi i risultati numerici in termini di distribuzione delle tensioni e delle deformazioni lungo lo spessore della gomma e lungo la larghezza del dispositivo (nella mezzeria dei singoli strati di gomma e all'interfaccia tra acciaio e gomma). Inoltre sono state dedotte indicazioni sullo snervamento delle piastre di acciaio interne e sulle tensioni massime nella gomma. / *A parametric study on two set of HDRB models has been carried out and design implication are discussed. About 200 FE analyses have been completed considering different values of the primary shape factor S_1 and secondary S_2 , vertical pressures up to 15 Mpa and horizontal deformations up to 300%. The numerical results in terms of stress-strain distributions along the thickness, along the width of the bearing (at the middle line of the single rubber layer and at the interface between steel and rubber) are reported and design*

implications for seismic isolation are discussed. In addition indications on the yielding of the internal steel plates and on the maximum stress in the rubber have been provided.

Modelli instabilità isolatori in gomma / *Stability models for rubber bearings* (UNINA_SE)

L'attenzione è stata posta sui sistemi multipli di isolatori (gruppi di isolatori di piccolo diametro disposti sotto la stessa colonna) e sugli isolatori multistrato (diversi strati di piccoli isolatori separati da piastre rigide in acciaio), che si rilevano particolarmente adatti all'isolamento di strutture leggere in zone ad alta sismicità, per le quali le piccole masse in gioco richiedono dimensioni trasversali limitate dei dispositivi ed al tempo stesso altezze notevoli a causa degli elevati spostamenti di progetto, con prevedibili problemi di instabilità. / *Attention has been focused on multiple system of isolators (groups of isolators of small diameter placed under the same column) and on multiplayer isolators (different layers of small isolators separated by rigid steel plates), which demonstrate to be particularly suited to isolate light structures in high seismicity zones, for which the small masses of the system require limited transversal dimensions of the devices and at the same time significant heights because of the significant design displacements, with subsequent inevitable instability problems.*

Modellazione di isolatori elastomerici armati ad alto smorzamento (HDLRB) / *Modelling High-Damping-Laminated-Rubber-Bearings (HDLRB)* (UNICAL)

Quando un isolatore HDLR è soggetto a compressione (trazione), l'accorciamento (allungamento) è dovuto non solo alla deformazione assiale dell'elastomero, ma anche alla rotazione degli strati centrali dell'isolatore, che induce una deformazione a taglio per effetto della componente del carico assiale parallela agli strati deformati. Prove sperimentali hanno evidenziato che la rigidità orizzontale di un HDLRB diminuisce al crescere del carico assiale, mentre la corrispondente rigidità verticale diminuisce al crescere della deformazione laterale. / *When a HDRB isolator is subjected to compression (tension), the shortening (elongation) is due to both axial deformability of the rubber and tilting of the middle layers of the isolator producing a shear strain induced by the component of the axial load along the rotated layers. Experimental results available in the literature pointed out that the horizontal stiffness of an HDLR bearing decreases with increasing vertical load, while the corresponding vertical stiffness decreases with increasing lateral deformation.*

2.3.2 Indagini sperimentali / *Experimental investigations* (Task 3/L7_SG3)

Prove su provini elastomerici in camera termica / *Thermic test on elastomeric samples* (UNIBAS)

Per determinare le variazioni di comportamento meccanico ciclico della gomma (quale materiale costituente gli isolatori elastomerici armati) in funzione della temperatura, è prevista una serie di test su provini in gomma costituiti da strati cilindrici vulcanizzati a due piastre in acciaio. Nel corso della presente attività è stata progettata l'attrezzatura di prova e impostato il programma di prove sperimentali. / *To determine the variations of cyclical mechanical behaviour of rubber with air temperature, different tests will be carried out on rubber samples having a cylindrical shape, with each face vulcanized on a steel plate. The design of the testing machine and the definition of the test program has been carried out within this activity.*

Prove su dispositivi elastomerici / *Test on elastomeric devices* (UNIBAS)

E' in corso un'indagine sperimentale con lo scopo di studiare la variabilità delle caratteristiche meccaniche di dispositivi elastomerici in vera grandezza, rispetto a prove compiute in scala ridotta, ricercando criteri semplificativi e/o alternativi per la stima delle grandezze attualmente indicate dalla norma. Tale attività viene svolta come estensione delle normali procedure di qualificazione dei dispositivi elastomerici, ed i risultati ottenuti rappresentano un campione di dati significativo che in seguito potrà essere ampliato. / *An experimental investigation on elastomeric real scaled devices is in progress in order to study their mechanical properties variability, respect to those of reduced scale ones, and to find alternative and*

more simple criteria to determine the characteristics required by the new codes. This activity is carried out as an extension of the normal qualification procedures of the elastomeric devices and the obtained data can be continuously upgraded considering the usual activity of the laboratory.

Prove sperimentali su dispositivi HDRB / *Experimental tests on HDRBs* (UNINA_DL)

Sono stati acquisite due tipologie di isolatori HDRB per l'isolamento di edifici storici monumentali, aventi la stessa geometria (diametro $\varnothing 400\text{mm}$, fattore di forma primario $S_1=20$ e fattore di forma secondario S_2 compreso tra 1.51 e 6.15) e le stesse proprietà della gomma, costituiti da isolatori tradizionali e isolatori innovativi, questi ultimi rinforzati con materiali compositi, molto più leggeri e durabili dei primi. Gli isolatori nelle prove saranno soggetti a carichi verticali, orizzontali statici e ciclici a diversi valori della deformazione di taglio applicata. Le prove saranno mirate allo studio dell'effetto del fattore di forma secondario S_2 sulle prestazioni dei dispositivi di isolamento. / *HDRBs to be used in the seismic isolation of historical monuments, both traditional, steel reinforced, and innovative, composite reinforced, elastomeric bearings have been acquired for a comparative assessment of the experimental behaviour. The composite reinforced elastomeric bearings are much lighter and durable than traditional bearings. Both the sets of bearings are identical in geometry ($\varnothing 400\text{mm}$, primary shape factor $S_1=20$ and secondary shape factor S_2 from 1.51 to 6.15) and rubber properties, only varying the material of reinforcing plates. The bearings will be subjected to vertical load and to cyclic stepwise increasing horizontal displacement. The effect of the secondary shape factor on the performance of the devices will be in particular determined.*

Prove su dissipatori viscosi e magnetoreologici semiattivi / *Test on viscous and semiactive magnetoreological dampers* (UNINA_SE+UNIPARTH)

Sono state individuate le caratteristiche dei dispositivi viscosi da installare sulla struttura di prova JETPACS ed i dispositivi sono stati commissionati alla FIP Industriale, che ha provveduto a realizzarli a titolo gratuito. E' stata inoltre messa a punto presso UNINA_SE un'attrezzatura di prova, costituita da un attuatore a doppio effetto ITALSIGMA (122 t in trazione e 45 t in compressione, con frequenze fino a 5 Hz ed una corsa massima di 250 mm nelle due direzioni) e da un telaio chiuso autoequilibrato in acciaio che non trasferisce alcuna forza al piastrone del laboratorio. L'attrezzatura è stata utilizzata per la caratterizzazione di dispositivi semi-attivi a fluido magnetoreologico di produzione tedesca (Maurer Söhne), forniti da UNIPARTH e da testare anch'essi sul telaio JETPACS. / *The characteristics of the viscous devices to be installed on the JETPACS testing structure have been determined and the devices have been ordered to FIP Industriale, which has provided them for free. A testing equipment has been mounted at UNINA_SE, consisting in an ITALSIGMA actuator (122 t in tension and 45 t in compression, with frequencies up to 5 Hz and a maximum stroke of 250 mm in the two directions) and in a self-equilibrated closed steel frame, which does not transfer any force to the base plate of the Laboratory. The equipment has been used for the characterization of semi-active magnetorheological devices manufactured by a German company (Maurer Söhne), provided by UNIPARTH, also to be tested on the JETPACS structure.*

Prove su dissipatori fluido-viscosi / *Test on fluid-viscous dampers* (UNIUD+UNIBAS)

Si prevede di eseguire presso UNIBAS prove di qualificazione e di accettazione su dispositivi fluido-viscosi in scala ridotta rispetto a quelli previsti in sede di progetto di un edificio reale, secondo i dettami dell'OPCM 3431 e della più recente versione delle Norme Tecniche per le costruzioni, al fine di valutare l'effettiva rappresentatività di tali prove in scala, definendone al contempo i presupposti teorici e le formule analitiche di conversione nel passaggio da vera grandezza. / *Qualification and acceptance tests on fluid viscous devices provided by UNIUD reduced in scale as compared to dissipators designed (according to OPCM 3431 and the most updated version of the Italian Technical Standard) for a real building, are going to be performed at UNIBAS. These tests are aimed at assessing the reliability of the scaled tests, for which the conversion formulas to pass from full-scale to reduced-scale dimensions are also going to be defined.*

Prove su dispositivi Wire-Rope / [Test on Wire-Rope devices](#) (UNINA_SE)

Si è provveduto a sviluppare il progetto degli accessori per una macchina di prova disponibile presso UNINA_SE (RPMTM: *Resilient Pad and Mat Testing Machine*), necessari per l'esecuzione di prove su dispositivi di tipo *wire-rope*. Tali dispositivi risultano particolarmente adatti per l'isolamento 3D di strutture leggere, in quanto riuniscono in un unico elemento una adeguata deformabilità nelle tre direzioni ed una sufficiente capacità dissipativa, dovuta allo sfregamento di contatto dei fili costituenti i trefoli. I disegni esecutivi di tutti gli accessori sono stati completati e pronti per la realizzazione da parte di una officina specializzata. / *The accessories for the testing machine available at UNINA_SE (RPMTM: Resilient Pad and Mat Testing Machine), needed to carry out the tests on wire-rope devices, have been designed. Such devices are particularly suited for the 3D isolation of light structures, because they have an adequate deformability in all three directions and a sufficient dissipative capacity, due to the rubbing of the wires which form the strands. The executive drawings of all the accessories have been completed and ready to be manufactured by a specialized workshop.*

2.4 SISTEMI TMD/TLD PASSIVI / [TMD/TLD PASSIVE SYSTEMS](#)

TMD a massa incerta / [Mass-uncertain tuned mass dampers](#) (POLITO)

L'attività del secondo anno si è compendata nell'approfondimento di alcune problematiche connesse all'uso sismico di oscillatori passivi a massa armonizzata ed evidenziate nel corso del primo anno, nonché nella proposta di possibili soluzioni progettuali e tecnologiche. In particolare, l'attività si è articolata in: a) verifica dell'efficacia sismica delle differenti tipologie di TMD (traslazionale, a pendolo "appeso", a pendolo "rolling"), rispetto alle due potenziali cause di degrado costituite rispettivamente dalle non-linearità intrinseche dei sistemi a pendolo quando soggetti a grandi oscillazioni angolari e dalla variabilità della massa dell'oscillatore per sistemi a massa incerta; b) approfondimento della dinamica non lineare di sistemi a pendolo "rolling" bidirezionali e realizzazione di prototipi di laboratorio per la validazione sperimentale dei modelli matematici proposti; c) avvio di uno studio preliminare sulla ingegnerizzazione di un sistema oscillante passivo a massa solida costituito da vasche di terreno, allo scopo ultimo di verificare la fattibilità pratica del dispositivo mediante una progettazione di dettaglio delle sue componenti meccaniche essenziali, con riguardo alla duplice funzione di contenimento e protezione dinamica.

The activity centred around some issues connected with the seismic use of passive tuned mass dampers and already stressed during the first year, as well as around the proposal of possible technological solutions for practical design. In particular, the activity can be conveniently distinguished into: a) verifying the seismic effectiveness of various types of TMD (translational, hanging pendulum, rolling pendulum), with respect to the two potential causes of control degradation, namely the non-linearities intrinsic in pendulous systems when subjected to large angular oscillations and to the mass variability in mass-uncertain devices; b) focusing on the non-linear dynamics of bidirectional rolling pendulum systems and construction of laboratory prototypes for the experimental validation of proposed mathematical models; c) starting a preliminary study on the engineering of a passive tuned mass damper made up of planted soil tanks, ultimately aiming at verifying the actual feasibility of the device through a detailed design procedure of the essential mechanical components, taking into account both the containing and the protecting functions.

Isolamento sismico e smorzamento di massa / [Combined Base Isolation and Tuned Mass Damping](#) (UNISA)

Il lavoro compiuto può essere suddiviso in due linee di ricerca parallele: la prima di natura teorica, la seconda di tipo prettamente sperimentale. Gli sviluppi teorici dell'applicazione dei sistemi a masse smorzanti come strategia di controllo delle vibrazioni sismiche si sono concentrati sull'analisi dell'efficacia e della robustezza del sistema in oggetto in merito alla variabilità dell'eccitazione sismica e dei parametri meccanici del sistema da proteggere, nonché sulla possibilità di mitigare gli spostamenti sismici ai bordi di sistemi

asimmetrici in pianta. L'altro aspetto teorico indagato, nell'ottica dell'obiettivo finale di fornire linee guida progettuali, è stato quello relativo alla localizzazione ottima dei dispositivi di controllo al variare delle proprietà meccaniche del sistema da proteggere. In questa prima fase è stata indagata l'efficacia di un dispositivo singolo (STMD) nella riduzione della risposta in termini di spostamento massimo del sistema, e sono state fornite alcune relazioni di progetto per il suo dimensionamento e posizionamento ottimo basate sulla minimizzazione di un indice prestazionale rappresentato dalle norme H_2 e H_∞ della funzione di trasferimento che lega la risposta degli estremi all'eccitazione sismica in ingresso. I risultati, che hanno tenuto conto anche di vincoli di carattere tecnologico, hanno permesso una più profonda comprensione fisica del problema, e sono in fase di estensione al caso di più generale di più masse smorzanti. Per quanto attiene alla parte sperimentale è stata acquistata e tarata la tavola vibrante Shake Table II fabbricata dalla Quanser, con la quale è previsto, durante l'ultimo anno del progetto, una vasta sperimentazione del sistema BI&TMD attraverso modelli in scala. Si è anche proceduto al progetto e alla realizzazione del sistema di isolamento dell'elemento intelaiato ad un grado di libertà generalmente rigidamente connesso alla tavola, gli elementi di tale sistema sono stati concepiti in maniera tale che il sistema fosse rappresentativo della tipologia strutturale da indagare. / *The activities performed concern two different and parallel research lines: a numerical approach to complex design problems and an experimental program to investigate the applicative issues. The theoretical efforts on the application of a mass damping systems to control the base isolated structure seismic response have been focused on the evaluation of the system's robustness on varying both the seismic excitation characteristics and the mechanical parameters of the structural system to be protected. Moreover, optimal design strategies to reduce the edge's displacement in plan-wise asymmetric system by using mass damping strategy have also been investigated. Another investigated theoretical issue concerns the optimal design location for a Single Tuned Mass Damper (STMD) on varying the mechanical characteristics of the main system. The dynamic problem has been investigated in the state-space representation showing that the TMD works as a closed-loop feedback control action. Synthetic indexes to estimate seismic performance based on H_2 , H_∞ transfer function norms have been defined. Results have been obtained by considering applicative technological and practical constraints too, and the general case in which the control system consists in more than one device is under examination. Looking at the experimental part of the research program, the shaking table "Shake Table II" manufactured by Quanser, which will be used to perform small scale experimental tests to investigate the dynamic behavior of the BI&TMD combined system scheduled during the last year, has been acquired and calibrated. The design and manufacturing of a base isolation system for the frame element originally fully constrained at the shaking table it has been completed, so that the system be representative of the structural typologies to be investigated.*

2.5 SISTEMI SEMIATTIVI / SEMIACTIVE SYSTEMS

Controllo sismico semiattivo / Semiactive seismic control (UNIPARTH)

Le attività svolte hanno riguardato la valutazione di algoritmi per sistemi di controllo strutturale semi-attivo, la progettazione e la sperimentazione di prototipi di smorzatori magnetoreologici e delle relative attrezzature di prova, nonché la progettazione del sistema di controllo semi-attivo da applicare sul telaio JETPACS. In particolare, per quanto concerne il primo tema sono stati identificati i principali algoritmi di controllo proposti in letteratura e, relativamente ad un sottoinsieme composto da 4 algoritmi, sono stati adattati ad un sistema strutturale ad un grado di libertà dotato di controventi semi-attivi. Per quanto concerne il secondo tema, sono stati realizzati due prototipi di smorzatori magnetoreologici ed effettuate alcune prove preliminari. Per quanto concerne, infine, la preparazione delle attività sperimentali JETPACS, sono stati progettati i sistemi di aggancio dei dispositivi magnetoreologici al telaio di prova ed è stata progettata ed

acquisita la strumentazione elettronica di acquisizione, alimentazione e controllo dei dispositivi. / *The activities performed covered the evaluation of algorithms for semi-active structural control systems, the design and testing of prototype magnetoreological dampers and their testing apparatus, as well as the design of the semi-active control system to be applied on the JETPACS frame. In particular, regarding the first topic, the main control algorithm proposed in the literature have been identified and, considering a subset of 4 of them, have been adapted to a structural SDOF model with semi-active bracings. Regarding the second topic, two prototype magnetoreological dampers have been manufactured and preliminary tested. Regarding finally the set-up of the JETPACS experimental activities, the connections of the magnetoreological dampers to the test frame have been designed and the electronic acquisition, power supply and control instrumentation defined and provided.*

Modellazione telaio JETPACS con dispositivi passivi e magnetoreologici semiattivi / *JETPACS frame with passive and semiactive magnetoreological dampers* (UNIVAQ)

E' stato messo a punto un modello analitico tridimensionale lineare a 6 gradi di libertà per valutare l'efficacia dei dispositivi magnetoreologici nel controllo passivo e semiattivo della risposta sismica del telaio JETPACS, dovuta all'applicazione di un accelerogramma alla base. Il modello include la presenza di una coppia di smorzatori eccentrici agenti simmetricamente, ma indipendentemente, sullo spostamento di primo piano dei telai paralleli alla direzione di applicazione dell'accelerogramma. Nel modello il comportamento reologico degli smorzatori può essere descritto con un grado crescente di complessità, consentendo anche l'introduzione delle non linearità che caratterizzano la relazione forza-velocità-spostamento propria dei dispositivi magnetoreologici. Il modello è stato sottoposto all'azione di diversi accelerogrammi spettrocompatibili sia in configurazione simmetrica (senza masse aggiunte), sia in configurazione non simmetrica (con masse aggiunte). / *A linear three-dimensional 6DOFs analytical model has been set up to evaluate the efficiency of MR devices in the passive and semi-active control of the seismic response of the JETPACS frame, induced by a mono-directional base excitation. The model takes into account the presence of a couple of dampers positioned laterally in a symmetric fashion acting independently on the first floor in the direction of the application of the seismic acceleration at the base. In the model the rheological behaviour of the dampers may be described with a increasing level of complexity, including the nonlinearities characterizing the force-velocity-displacement relation of the MR devices. The model in different mass configurations (symmetric and asymmetric) has been used to simulate the response under different base spectrum-compatible acceleration time histories.*

Controllo semiattivo di cavi sospesi / *Semiactive control of suspended cables* (UNIVAQ)

E' in corso lo sviluppo di un modello dinamico nonlineare per la descrizione delle oscillazioni di grande ampiezza di cavo teso in presenza di uno smorzatore di tipo magnetoreologico agente in direzione trasversale su una sezione prossima ad uno dei supporti. Il modello riproduce il comportamento dinamico dei cavi da ponte strallato, campo nel quale l'applicazione di dispositivi passivi e semi-attivi di controllo delle vibrazioni è in fase avanzata di promettente sviluppo in tutto il mondo. E' stata completata la fase relativa alla modellazione dell'azione dello smorzatore in modalità passiva e semiattiva, introducendo modelli differenti, con un numero crescente di parametri di controllo (dashpot, Bingham, Bouc-Wen) per la rappresentazione del complesso comportamento reologico degli smorzatori magnetoreologici. Sono state osservate le oscillazioni libere di modello prototipale leggero, realizzato in laboratorio, equipaggiato con un dispositivo magnetoreologico ed eccitato attraverso forzanti di tipo impulsivo. / *A nonlinear dynamical model for the description of large amplitude oscillations of a string with a MR attached transversally in a position close to one of the supports is currently being developed. The proposed model reproduces the dynamic behaviour of stays in cable-stayed bridges, potentially developing in this field the application of passive and semi-active devices in vibration control as already tackled by many researchers in the worldwide*

scientific community. The modelization of the device action in passive and semi-active configuration has been completed, introducing different models, with an increasing number of mechanical parameters (dashpot, Bingham, Bouc-Wen), for the representation of the complex rheological behaviour of MR dampers. Free-oscillations of a prototype light model equipped by a MR damper, made in the lab, has been observed after the excitation provided by an impulsive loading).

3 RISULTATI /RESULTS

3.1 ISOLAMENTO DI EDIFICI E PONTI / ISOLATION OF BUILDINGS AND BRIDGES

3.1.1 Indagini numeriche su edifici / *Numerical investigations on buildings* (Task 1/L7_SG1)

Configurazioni strutturali delle costruzioni resistenti al sisma / *Structural configurations of the earthquake-resistant constructions* (UNIPG)

Sono state fornite indicazioni generali sulla distribuzione ottimale delle masse e della rigidità degli isolatori e formulati criteri semplificati per la scelta delle configurazioni e la valutazione delle dimensioni, nonché identificate configurazioni ottimali per edifici caratterizzati dalla sospensione di porzioni o elementi. / *General rules on the optimal distribution of masses and stiffness of isolators have been provided and simplified criteria for the choice of configurations and dimensions developed, as well as optimal configurations for buildings characterized by the suspension of portions or elements identified.*

Aspetti economici / *Economic aspects* (UNIPG)

Proposta di metodi semplificati basati sull'uso di coefficienti di amplificazione per la definizione di valori caratteristici dei parametri di domanda tenendo conto delle cause generali di dispersione; metodi per eseguire analisi statiche non lineari su basi energetiche, per la valutazione semplificata della risposta di strutture sismo-resistenti convenzionali ed avanzate. / *Proposal of simplified method based on the use of amplification coefficient for defining characteristic values of the demand parameters accounting for the general source of scattering; Methods for carrying out energy-based non linear static analyses to be used for the simplified evaluation of the response of conventional and advanced earthquake-resistant structures.*

Analisi statica lineare per edifici isolati alla base / *Linear static analysis on base isolated buildings* (UNIBAS)

I risultati delle analisi effettuate (edifici con sistemi di isolamento a comportamento visco-elastico ed elasto-plastico) hanno messo in evidenza che i metodi semplificati di norma commettono, in varia misura, errori di stima delle reali distribuzioni delle forze sismiche di piano. Sono state quindi definite delle nuove leggi di distribuzione delle forze sismiche, atte a ridurre l'errore prodotto dall'applicazione delle norme. / *The outcomes of the analyses carried out on buildings equipped with isolating system characterized by viscous-elastic and hysteretic behaviour evidenced that the simplified methods usually determine variable errors on the estimation of the real distribution of the seismic forces at the floors. New distribution laws of seismic forces are been defined in order to reduce the error produced by application of codes.*

Progettazione e modellazione di sistemi di isolamento con appoggi in acciaio-PTFE e dissipatori fluido-viscosi / *Design and modelling of isolation systems with steel-Teflon sliding bearings and fluid-viscous dampers* (UNIUD)

Sviluppati alcuni casi applicativi in cui il sistema risulta particolarmente indicato (isolamento di solai), con definizione di sofisticati modelli di calcolo ed esecuzione di prove pseudodinamiche. / *Case studies in which the system is particularly suited (slab isolation) have been completed, including the development of sophisticated computational models and the execution of pseudo-dynamic tests.*

Effetti delle componenti orizzontali e verticale di terremoti "near fault" sulla risposta non lineare di strutture in c.a. / *Effects of horizontal and vertical near-fault ground motions on the nonlinear dynamic response of reinforced concrete buildings* (UNICAL, UNIUD)

Dai risultati delle analisi è emerso che, sia nelle strutture a base fissa che in quelle isolate alla base all'aumentare del rapporto di rigidità degli isolatori $\alpha_{K0}=K_{V0}/K_{H0}$, la componente verticale del moto del suolo

può provocare, nelle strutture progettate per sole azioni sismiche orizzontali, richieste di duttilità piuttosto elevate in corrispondenza delle sezioni di estremità e di mezzera delle travi, soprattutto ai piani più alti, e che la componente verticale del moto determina variazioni marcate dello sforzo normale nei pilastri, producendo anche sforzi di trazione negli isolatori. L'utilizzo di dissipatori supplementari di tipo viscoso (disposti alla base) al fine di controllare il danneggiamento della sovrastruttura non è stato sempre favorevole, dipendendo dal contenuto in frequenza del moto del suolo; tuttavia, in presenza di terremoti "near-fault", la dissipazione viscosa supplementare può essere considerata un utile integrazione del sistema di isolamento. / *The results of the numerical investigation indicated that, both in fixed base and base isolated structures with increasing values of the stiffness ratio $\alpha_{K0}(=K_{V0}/K_{H0})$ of the isolators, the vertical component of ground motion may produce, in structures designed for horizontal seismic actions only, significant ductility demand at end and midspan of girders, especially at the upper storeys, and that the addition of the vertical motion induced in the columns a large variation of the axial force, producing even tension in the isolators. Use of supplemental viscous dampers at the base to control damage of the superstructure is not always favourable, depending on the frequency content of ground motion; however, under near-fault earthquakes, supplemental viscous damping may be considered a useful addition to the isolation system.*

Analisi strutturale e valutazione della sicurezza sismica di edifici a pianta basilicale / *Structural analyses and evaluation of seismic safety of buildings with a basilican plan* (UNINA_DL)

I risultati delle analisi strutturali hanno evidenziato le classi di macroelementi più vulnerabili all'azione del sisma, ovvero gli archi trionfali e le sezioni trasversali; questi elementi hanno infatti mostrato elevate richieste e basse capacità. Le analisi hanno anche mostrato un'elevata concentrazione tensionale nella zona d'intersezione tra i macroelementi, nelle facciate e nei prospetti longitudinali. Il confronto fra le analisi FEM e le analisi semplificate ha mostrato che l'approccio semplificato porta a risultati leggermente più conservativi rispetto a quelli ottenuti con la "più rigorosa e complicata" analisi a due passi. / *From the structural analyses results, the most vulnerable macro-element classes have been identified, i.e. the triumphal arches and the elements of the broad aisle; these elements have shown high demand and low capacity. The analyses results also show high stress concentrations at the intersection of the macro-elements, in the façades and longitudinal prospects. The comparison between the FEM and the simplified analyses show that the approximate approach leads to more conservative results than FEM analyses.*

Definizione di procedure progettuali e metodi di analisi semplificata per edifici di interesse storico-monumentale con isolamento sismico / *Design procedures and simplified analysis methods for BIS in the retrofit of monumental buildings* (UNINA_DL)

Le applicazioni ai quattro casi di studio hanno confermato i benefici derivanti dall'introduzione dell'isolamento alla base dell'edificio, evidenziando però i casi estremi in cui l'isolamento risulta difficilmente realizzabile. Sono stati proposti degli abachi di progetto per la definizione del carico verticale gravitazionale da utilizzare nel dimensionamento degli isolatori affinché sia assicurata la verifica del carico critico. Le analisi hanno inoltre mostrato che il carico verticale sui dispositivi è sostanzialmente influenzato dalla presenza/assenza di un diaframma rigido a livello del sistema di isolamento. / *The applications to the four study cases have confirmed the benefits deriving from the introduction of isolation system at the base of the buildings, pointing out however the extreme cases in which isolation is not easily feasible. Simplified design charts have been proposed for defining the long term design stress on isolators so that the use of the charts guarantees the satisfaction of the buckling check. It is also been shown that the long term compressive stresses on the devices can substantially be affected by absence of a rigid floor at the isolation level.*

Isolamento e monitoraggio Santuario in Siracusa / *Isolation and monitoring of Siracusa Shrine* (UNINA_SE)

La modellazione FEM insieme alla disponibilità dei primi dati acquisiti dopo l'installazione del nuovo sistema di monitoraggio (primavera 2008) consentirà di tenere sotto controllo la struttura e rappresenterà un'applicazione pilota di monitoraggio per il Dipartimento della Protezione Civile. / *The finite element*

modelling together with the availability of the first data, which will be acquired after the installation of the new monitoring system (spring 2008), will allow to constantly control the construction and will represent a pilot application of seismic structural monitoring for the Department of Civil Protection.

3.1.2 Indagini sperimentali su edifici / *Experimental investigations on buildings* (Task 1/L7_SG1)

Analisi dei risultati sperimentali di test su tavola vibrante di edifici in c.a. e muratura isolati alla base / *Experimental outcomes analyses of shaking table tests on base isolated r.c. and masonry buildings* (UNIBAS)

E' stata verificata la convenienza dell'isolamento alla base, e in particolare del sistema con dispositivi ADRI, per strutture in c.a. progettate solo per carichi verticali e caratterizzate da resistenza laterale e duttilità inadeguate, anche in presenza di terremoti *near-fault*. Nelle prove sul modello in muratura in scala 2:3 il sistema di isolamento prevedeva l'accoppiamento di appoggi acciaio-PTFE a superficie piana con dispositivi di isolamento ADRI: oltre a confermare l'efficacia del sistema di isolamento, il confronto di modelli numerici dello stesso a diversi gradi di di accuratezza ha consentito di validare opportuni modelli lineari equivalenti. / *The convenience of seismic isolation, particularly with ADRI devices, for r.c. structures designed for vertical loads only and characterized by inadequate lateral strength and ductility, has been verified, also under near-fault earthquakes. In the tests on the 2:3 masonry model the isolation system consisted of steel-PTFE flat sliding bearings coupled with ADRI devices: besides confirming the efficacy of the isolation system, the comparison among numerical models with different degree of accuracy allowed to validate appropriate equivalent linear models.*

3.1.3 Indagini numeriche su ponti / *Numerical investigations on bridges* (Task 1/L7_SG1)

Metodo di progetto e analisi numeriche per due nuovi sistemi di isolamento / *Design methods and numerical analyses fro two new isolation systems* (UNIBAS)

Nel secondo anno si è proceduto redazione di un articolo su rivista internazionale. / *During the second year a paper has been drafted and submitted to an international journal.*

3.2 DISSIPAZIONE DI ENERGIA / *ENERGY DISSIPATION*

3.2.1 Indagini numeriche su edifici / *Numerical investigations on buildings* (Task 2/L7_SG2)

Configurazioni strutturali delle costruzioni resistenti al sisma / *Structural configurations of the earthquake-resistant constructions* (UNIPG)

Sono state fornite indicazioni generali sulla distribuzione ottimale della rigidità degli dissipatori e formulati criteri semplificati, in particolare nel caso di edifici "pilotis", di facciate con dispositivi dissipativi ed anche basati sull'utilizzo di materiali tradizionali quali la pietra / *General rules on the optimal distribution of dampers stiffness have been provided and simplified criteria developed, particularly in case of "pilotis" buildings, façades with damping devices and also based on use of traditional materials like stone.*

Aspetti economici / *Economic aspects* (UNIPG)

Vedi analogo paragrafo isolamento in 3.1.1. / *See analogous paragraph on isolation in 2.1.1.*

Affidabilità dei sistemi di dissipazione di energia / *Reliability estimate of innovative systems for seismic mitigation based on energy dissipation* (UNIBO)

E' stato mostrato come il metodo proposta da Sabetta e Pugliese consenta di definire accelerogrammi con una variabilità analoga a quella degli accelerogrammi naturali, mentre il classico algoritmo SimQke

fornisce accelerogrammi con variabilità molto più ridotta e quindi non sono adatti per condurre analisi di affidabilità. Per la costruzione delle curve di fragilità, è stato utilizzato il metodo della superficie di risposta, discretizzando la struttura mediante un modello non-lineare a fibre. / *It has been shown that the method proposed by Sabetta and Pugliese allows for the definition of accelerograms with a variability analogous to that of natural records, whereas the classical SimQke algorithm gives accelerograms with very low variability, not suitable to perform reliability analyses. To obtain fragility curves, the response surface method has been used, the structure being discretized through a non-linear fibre model.*

Procedure per il dimensionamento dei dissipatori / Procedures for the design of dampers (UNIBAS+UNICAL+UNIBO+UNINA_SE+UNIUD+UNICAM)

I metodi di progetto per il dimensionamento dei dispositivi dissipativi definiti e proposti da UNIBAS sono stati utilizzati per un'applicazione numerica di adeguamento sismico di una struttura esistente di quattro piani, mostrando l'efficacia dell'introduzione dei dispositivi a vantaggio della struttura in c.a. Le analisi numeriche condotte applicando il metodo relativo ai dispositivi dipendenti dagli spostamenti su differenti tipologie non sismoresistenti, hanno evidenziato come il metodo di progetto sia efficace in qualsiasi condizione e come i valori del fattore di struttura q siano confrontabili a quelli di strutture di nuova costruzione. / *The design methods to evaluate the mechanical characteristics of energy dissipating devices proposed by UNIBAS have been applied to the retrofit an existing four storey r.c. building, showing the effectiveness of energy dissipating devices in reducing seismic ductility demand on the structure. First results of a correlation analysis between various geometrical and mechanical structural parameters and the behaviour factor q , in the case of displacement-dependent devices, carried out considering several reference non/seismically designed structures, showed that the design method is effective in any condition and the behaviour factor q is comparable to those of highly ductile new structures.*

Per valutare l'affidabilità della procedura di progetto proposta da UNICAL viene considerato un telaio piano in c.a. di sei piani, ipotizzando che la struttura test, originariamente progettata per una regione a medio rischio sismico, debba essere adeguata per una regione ad alto rischio sismico. Si conclude che per la validazione della procedura si rende necessaria un'estesa indagine numerica per una migliore calibrazione dei parametri, a causa delle approssimazioni introdotte e delle incertezze legate all'input sismico. / *To check the reliability of the design procedure proposed by UNICAL, a six-storey r.c. plane frame is considered, assuming that the test structure, primarily designed in a medium-risk region, has to be retrofitted for a high-risk region. It is concluded that, due to approximations and uncertainties regarding ground motions, an extensive numerical investigation is needed for a better calibration of the parameters.*

La procedura messa a punto da UNIBO parte dall'individuazione di un rapporto di smorzamento obiettivo ζ e si sviluppa come segue: PASSO 1) identificazione delle caratteristiche "lineari" del sistema di smorzatori viscosi "ideali"; PASSO 2) svolgimento di una serie di analisi dinamiche della struttura equipaggiata con smorzatori viscosi modellati con la relazione forza-velocità lineare considerando il fluido incompressibile; PASSO 3) identificazione di un sistema di smorzatori viscosi "commerciali" (con relazione forza-velocità non-lineare, assumendo tipicamente $\alpha=0.3$) in grado di portare le azioni negli elementi strutturali a valori paragonabili a quelli ottenuti con le analisi dinamiche lineari; PASSO 4) analisi dinamiche della struttura con smorzatori viscosi modellati con la relazione forza-velocità non-lineare considerando anche la effettiva compressibilità dell'olio. E' così possibile ottenere le azioni definitive sia sugli elementi strutturali che sugli smorzatori da utilizzarsi per le specifiche finali di progetto. / *The procedure by UNIBO starts from the definition of a target damping ratio ζ to be achieved and proceeds as follows: STEP 1) identification of the "linear" characteristics of the optimal viscous dampers; STEP 2) execution of dynamic analyses on the structure equipped with viscous dampers modelled using linear force-velocity relationship and considering the viscous fluid as incompressible; STEP 3) identification of a system of commercial viscous dampers (with a non-linear force-velocity relationship, typically $\alpha=0.3$), whose actions on the structural members are*

comparable with those estimated using the linear dynamic analyses; STEP 4) non linear dynamic analyses, for the structure equipped with viscous dampers modelled using the non-linear force-velocity relationship, also considering the actual compressibility of the fluid. It is so possible to obtain the actions on both the structural members and the dampers to be used for the final design specifications.

La procedura proposta da UNINA_SE è stata utilizzata per pervenire alla definizione dei dispositivi viscosi a fluido caratterizzati da una legge di comportamento non lineare ($F=C \cdot v^\alpha$, con $\alpha=0,15$) per il telaio JETPACS di Potenza e validata attraverso una estesa indagine numerica. / *The procedure proposed by UNINA_SE has been used to select the fluid viscous dampers characterized by a non-linear constitutive law ($F=C \cdot v^\alpha$, con $\alpha=0,15$) to be used in the JETPACS frame in Potenza and validated through extensive numerical analyses.*

Le procedure proposte da UNIUD sono stata verificate tramite campagne di prove pseudodinamiche su di un telaio in acciaio in scala 2:3 ed uno di cemento armato in vera grandezza e quindi applicate all'adeguamento sismico di un edificio pre-normativo ad uso scolastico con struttura in acciaio sito in Firenze, nonché di un edificio ad uso ospedaliero con struttura in cemento armato, sito a Latisana (UD), progettato in assenza di normative sismiche. / *The procedures proposed by UNIUD have been verified through pseudodynamic testing campaigns on a 2:3-scale steel and a full-scale r.c. frames and then applied to the seismic retrofit of a pre-normative steel school building situated in Florence, as well as to a hospital building designed without reference to seismic standards located in Latisana (UD).*

Mitigazione degli effetti del martellamento fra edifici adiacenti con dissipatori fluido-viscosi / *Mitigation of pounding effects in adjacent buildings with fluid-viscous dampers* (UNIUD)

Effettuato lo studio progettuale di un caso reale, costituito da due edifici in cemento armato privi di giunto sismico. Si dimostra come l'inserimento di un solo allineamento di dispositivi, alla quota del piano più elevato dell'edificio di minore altezza, consente una totale mitigazione degli effetti del contatto dinamico, con costi d'intervento notevolmente contenuti. / *The design analysis of a real case study, represented by two r.c. buildings without seismic joint, is given. It is demonstrated how a total mitigation of pounding effects is reached by placing a single line of devices on top of the lower building, showing remarkably low costs for this special retrofit strategy.*

Esempio applicativo: struttura prefabbricata / *Case study: a precast structure* (UNIBO)

I risultati delle simulazioni numeriche in campo dinamico hanno mostrato che i sistemi tradizionali di controventamento sono in grado di soddisfare i requisiti di deformabilità, ma solo a fronte di elevate sollecitazioni nei diagonal del sistema di controventamento e sulle fondazioni. Al contrario, l'inserimento di smorzatori viscosi consente, allo stesso tempo, di limitare gli spostamenti della struttura e di mantenere le azioni entro valori accettabili. / *The results of the numerical time-history simulations showed that, adopting traditional steel bracing systems, the deformability requirements are satisfied, but large forces both in the bracing system and on the foundations are present. On the contrary, by inserting viscous dampers (following either a Fixed-Point or an Inter-Storey criterion) the drifts of the structure are limited and forces in the bracing system are maintained under acceptable levels.*

3.2.2 Indagini sperimentali su edifici / *Experimental investigations on buildings* (Task 2/L7_SG2)

Prove su telaio in acciaio JETPACS: messa a punto del modello sperimentale / *Dynamic Tests on JETPACS steel frame: experimental model set up* (UNIBAS+UNINA_SE+UNICAL+UNIPARTH+ UNIVAQ+ POLIBA)

È stata effettuata la progettazione dell'intero apparato di prova per l'esecuzione dei test sismici sul telaio in acciaio in scala 2:3, disponibile presso il laboratorio dinamico dell'Università della Basilicata, per la verifica ed il confronto di differenti dispositivi dissipativi. Su tale modello sperimentale sono state, inoltre, effettuate le prove di identificazione dinamica per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche, considerando differenti

configurazioni delle masse aggiuntive sul modello. / *The design of the apparatus for the execution of the seismic test on a 2:3 scaled steel frame, to be realized in the Dynamic Laboratory of the University of Basilicata, has been carried out in order to verify and to compare the effectiveness of several semi active and passive energy dissipation systems. Some dynamic identification test, considering different additional mass configuration, have been carried out on the model.*

Prove sperimentali su telaio in scala reale equipaggiato con dispositivi HDR / *Experimental tests on a real scale frame equipped with HDR dissipation devices* (UNICAM)

Le prove sperimentali eseguite sul telaio dotato di controventi con dispositivi HDR hanno dimostrato l'efficienza di tali dispositivi nell'aumentare sia la rigidezza che la capacità dissipativa rispetto al telaio nudo, anche con una quantità di gomma relativamente piccola. Le prove cicliche a diverse frequenze hanno confermato che i dispositivi in gomma dissipano una grande quantità di energia e che la loro rigidezza dipende significativamente dall'ampiezza e dalla velocità di deformazione della gomma. Infine, i confronti numerico-sperimentali hanno confermato l'efficacia del modello non-lineare della gomma già sviluppato. / *The experimental tests carried out on the mock-up equipped with dissipating braces based on HDR devices demonstrated the efficiency of system in increasing the stiffness and the energy dissipation capacity with respect to the bare frame, even by introducing a relatively small quantity of rubber. Cyclic tests at different frequencies confirmed that a wide energy is dissipated by the devices and that the device stiffness depends on the strain amplitude and strain rate in the rubber. Finally, numerical-experimental comparisons confirmed the effectiveness of the previously developed non-linear model in describing the system dynamic behaviour.*

Prove sperimentali su telaio in scala reale equipaggiato con dispositivi BRB / *Experimental tests on a real scale composite frame equipped with BRB dissipation devices* (UNICAM)

Le prove sperimentali eseguite sul telaio dotato di controventi ad instabilità impedita hanno mostrato che i dispositivi BRB possiedono una grande capacità di dissipazione anche se, durante le prove con grandi spostamenti, sono stati registrati alcuni problemi riguardo il comportamento a fatica. / *The experimental tests carried out on the frame equipped with the BRB devices showed that the BRBs possess large dissipation capacity even if some fatigue problems were noted during the tests at large displacements.*

Progetto di una struttura prototipo sperimentale in vera grandezza / *Design of a full-scale prototype for experimental tests* (UNIBO)

Il prototipo prevede di poter utilizzare diversi tipi di azioni dinamiche: vibrazioni di tipo ambientale saranno utilizzate per l'analisi dinamica modale in campo lineare. Successivamente, saranno condotte prove dinamiche con sollecitazioni più elevate mediante vibrodina, nonché prove di rilascio. / *The prototype has been designed in order to adopt different excitation methods: ambient vibrations will be used to for dynamic modal analysis of the structure in the linear range; then, dynamic tests will be carried out by means of a mechanical shaker and free vibrations will be recorded after releasing in different configurations.*

3.3 MODELLAZIONE E SPERIMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI / *MODELLING AND TESTING OF DEVICES*

3.3.1 Indagini numeriche / *Numerical investigations* (Task 3/L7_SG3)

Analisi FEM dei dispositivi elastomerici / *FEM analyses of HDRBs* (UNINA_SE)

I risultati delle analisi FEM mostrano che il fattore di forma primario è il parametro che governa il comportamento meccanico dell'isolatore elastomerico sotto carichi verticali. Per dispositivi caratterizzati da fattori di forma bassi (minori di 18), si osservano infatti sensibili concentrazioni tensionali e valori molto elevati delle deformazioni di taglio in corrispondenza delle zone di bordo, all'interfaccia tra elastomero e

acciaio. Si è osservato che i valori massimi locali delle tensioni e delle deformazioni si discostano in maniera non trascurabile da quelli deducibili dalle formule di verifica e progetto correntemente fornite dalle normative, e possono pertanto essere causa di rotture locali, per trazione nella gomma o per distacco all'interfaccia gomma-acciaio. Questi effetti risultano particolarmente accentuati quando il dispositivo è soggetto a carichi verticali notevoli, a partire da pressioni medie dell'ordine di 9 MPa. Le analisi hanno inoltre mostrato che negli isolatori con basso fattore di forma ($S_2 < 3$), la gomma presenta elevate deformazioni locali e concentrazioni di sforzo sotto l'azione combinata dei carichi verticali ed orizzontali. Si è osservato che lo snervamento delle piastre interne in acciaio risulta fortemente anticipato negli isolatori con S_2 molto basso, mentre per tutti i dispositivi con $S_2 \geq 3$ tale condizione si verifica all'incirca in corrispondenza dello stesso spostamento orizzontale imposto. Le analisi hanno inoltre evidenziato la necessità di conferme sperimentali a supporto e integrazione delle analisi nei casi di problemi di convergenza numerica, e per l'approfondimento delle modalità di collasso (locali e globali) dei dispositivi elastomerici sotto carichi verticali elevati. / *Based on the results of FE analyses, it has been confirmed that the primary shape factor is the parameter which governs the mechanical behaviour of rubber bearing under vertical loads. It has been observed that $S_1=18$ and $S_2=3$ are the threshold separating acceptable from undesirable behaviour: in fact, for $S_1 \geq 18$ the stress state closely approximates the hydrostatic one, as in the theory at the basis of the widely used design formulae; further, the stress concentrations and the edge effects become negligible, and for $S_2 < 3$ high stress concentration, (in compression and tension) and high yielding of the internal steel plates are observed. Therefore the seismic working conditions of rubber bearings, designed under large values of long term compressive stress, can be highly demanding in terms of local response parameters. Further it should be underlined that the current formulae provided by the codes for checking isolators are not able to account for such local demands as well as for concentration effects. For the above reasons it seems convenient that design guidelines for rubber isolators include the above results, though in a simplified form, by explicitly defining appropriate limit values of the long and short term compressive stress as a function of the primary and secondary shape factors.*

Modelli instabilità isolatori in gomma / [Stability models for rubber bearings](#) (UNINA_SE)

Oltre al lavoro sulla stabilità degli isolatori elastomerici, sono state studiate le potenzialità offerte per l'isolamento sismico da un particolare tipo di gomma riciclata ottenuta dall'incollaggio con colla poliuretana di granuli e/o fibre provenienti da sfridi di lavorazione e/o da pneumatici usati, già ampiamente utilizzata con successo come antivibranti o attuatori d'urto (armamenti ferroviari, pavimenti flottanti, parchi giochi e palestre). Su tale materiale sono state effettuate prove statiche e dinamiche di caratterizzazione e sviluppato un modello di comportamento meccanico. / *Besides the work made on the stability of the elastomeric isolators, the potentialities of the seismic isolation offered by a particular type of recycled rubber, have been studied. On this material, static and dynamic characterization tests have been carried out, and a model of the mechanical behaviour has been made.*

Risposta di un isolatore elastomerico armato ad alto smorzamento (HDLRB) / [Response of an High-Dmping-Laminated-Rubber-Bearing \(HDLRB\)](#) (UNICAL)

Per ridurre l'onere computazionale nel caso di estese indagini numeriche, viene proposto il modello "Two-Spring-Two-Dashpot", costituito da una molla non lineare agente in parallelo con una cella viscosa lineare, sia nella direzione orizzontale che in quella verticale, per descrivere il comportamento di un HDLRB. Legami non lineari vengono considerati per descrivere la risposta dell'isolatore nelle direzioni orizzontale e verticale: il primo legame tiene conto delle variazioni della rigidità orizzontale dovute al carico assiale, mentre il secondo tiene conto della variazione della rigidità verticale in funzione dello spostamento orizzontale. Il contributo dissipativo è assunto, in via semplificata, di tipo viscoso-lineare. / *In case of extensive analyses of base-isolated structures a two-spring-two-dashpot model, made up of a spring acting in parallel with a linear viscous dashpot both in the horizontal and vertical directions, is proposed for*

modelling a HDLRB. Two nonlinear laws accounting for the observed behaviour were adopted to simulate the isolator response in the horizontal and vertical directions: specifically, one law accounts for the variation of the horizontal stiffness due to the vertical load, while the other law accounts for the variation of the vertical stiffness depending on the horizontal displacement. In both the laws the damping contribution is taken into account simply by a linear viscous damping.

3.3.2 Indagini sperimentali / *Experimental investigations* (Task 3/L7_SG3)

Prove su provini elastomerici in camera termica / *Thermic test on elastomeric samples* (UNIBAS)

Le prove saranno cicliche in controllo di spostamento, con deformazione di taglio nella gomma e frequenze compatibili con quelle a cui gli isolatori sono sottoposti durante il sisma. Le temperature di prova saranno fatte variare fra -10°C e 40°C, in modo da coprire l'intero range di temperature di lavoro dei dispositivi alle nostre latitudini. / *The tests will be cyclic under displacement control, with shear strain in the rubber and frequencies compatible with those the isolators experience during an earthquake. Air temperature will be varied between -10°C and 40°C, in order to cover the whole operational temperature range of the isolator devices at the Italian latitudes.*

Prove su dispositivi elastomerici / *Test on elastomeric devices* (UNIBAS)

I test di accettazione e di qualifica eseguiti su un campione di dispositivi elastomerici, in vera grandezza e in scala ridotta, hanno messo in luce alcune interessanti correlazioni tra le caratteristiche meccaniche (smorzamento, modulo di taglio statico e dinamico), le ampiezze di deformazione trasversale e le velocità di esecuzione delle prove. In particolare: a) lo smorzamento equivalente (ξ) calcolato per cicli deformativi di ampiezza inferiore a quella unitaria risulta essere sempre maggiore di quello relativo alla deformazione unitaria; inoltre ξ misurato mediante una prova statica di qualificazione è sempre più piccolo, di circa il 15%, di quello valutato con una prova di qualificazione dinamica; lo stesso ξ , valutato mediante una prova statica di accettazione, è comparabile con quello scaturito da una prova dinamica; b) il modulo di taglio dinamico (G_{din}) risulta essere molto più sensibile alla variazione dell'ampiezza di deformazione rispetto alla variazione del numero di cicli: per ampiezze inferiori al 30% dell'altezza di gomma G_{din} assume valore 2,5 volte maggiore rispetto a quello determinato a deformazione unitaria, come prescritto dalla norma al fine di una sua caratterizzazione, mentre per deformazioni comprese tra il 30-50% i valori massimi risultano maggiori di 1.5 del valore di riferimento; inoltre, come noto, si è riscontrato che al primo ciclo di ogni serie di deformazione il G_{din} è più grande del 10% rispetto ai cicli successivi; c) il modulo di taglio statico (G_{stat}) calcolato mediante una prova statica o una prova dinamica, assume valori pressoché uguali e costanti rispetto al numero di cicli (ampiezza di deformazione pari a 70% e 100%), ad esclusione del primo ciclo. / *The acceptance and qualification tests carried out on full scale and scaled elastomeric seismic isolation devices have highlighted some interesting correlations between mechanical characteristics (damping, static and dynamic shear module), transversal deformation and test frequency. In particular: a) the equivalent damping (ξ) evaluated during cyclic test, with amplitude of transversal deformation smaller than 100%, is greater than that relative to 100% of deformation; moreover, ξ evaluated by means of a static qualification test is always smaller, about 15%, than that evaluated by means of a dynamic qualification test; while ξ estimated through a static acceptance test is comparable with that estimated by means of a dynamic acceptance test; b) dynamic shear module (G_{din}) is more sensitive to the variation of the deformation amplitude respect to the variation of the number of cycles: for deformation less than 30% of rubber height, G_{din} assumes a value 2.5 times greater than that assumed to 100% of deformation, as prescribed by the code, while for deformations between 30-50%, G_{din} assumes a value 1.5 times greater than reference; moreover, as known, it was observed that G_{din} of the first cycle of a series of deformation cycles is 10% greater than G_{din} in the next cycles; c) the static shear module (G_{stat}), evaluated through a static or a*

dynamics acceptance/qualification test, assumes similar values and it is almost constant respect to the number of cycles (amplitude of deformation equal to 70% and 100%), first cycle excluded.

Prove sperimentali su dispositivi HDRB / *Experimental tests on HDRBs* (UNINA_DL)

Si è concluso il set-up e la calibrazione del sistema di controllo del nuovo sistema di prove su isolatori sismici realizzato al laboratorio ASR del CRdC Benecon. Le prove sui dispositivi sopra descritti potranno effettuarsi a partire da gennaio 2008. Con l'ausilio di questo nuovo sistema, potranno essere effettuate prove statiche e dinamiche con carichi orizzontali fino a 2000kN, spostamenti orizzontali fino a ± 500 mm, carichi verticali fino a 4000kN e spostamenti verticali fino a ± 125 mm. / *The set-up and the calibration of the control system of the new Isolators Test System in the CRdC Benecon ASR Laboratory has been completed. The tests on the above described isolators will be started in January 2008. With the new test system, it will be possible to carry out static and dynamic tests on the isolators with horizontal loads up to 2000kN, horizontal displacements up to ± 500 mm, vertical loads up to 4000kN and vertical displacements up to ± 125 mm.*

Prove su dissipatori viscosi / *Test on viscous dampers* (UNINA_SE)

La messa a punto di un'attrezzatura di prova per dissipatori di energia (passivi e semi-attivi) rappresenta un importante risultato dell'attività svolta. Sono in corso di redazione i primi rapporti relativi alle prove sui dispositivi viscosi e sui dispositivi magnetoreologici semi-attivi. / *The development of a testing equipment for energy dissipators (passive and semi-active) represents an important result of the performed activity. The first reports relative to the tests on the viscous devices and on the magnetoreological semi-active dampers are being drafted.*

Prove su dissipatori fluido-viscosi / *Test on fluid-viscous dampers* (UNIUD+UNIBAS)

Il dispositivo Jarret selezionato, del tipo BC5⁰-105, è stato acquistato e spedito ad UNIBAS nel mese di luglio 2007. La sperimentazione dovrebbe essere eseguita entro l'estate del 2008. / *The Jarret device selected for the mechanical qualification and acceptance tests was purchased and sent to UNIBAS on July 2007. The tests should be carried out within summer 2008.*

Prove su dispositivi Wire-Rope / *Test on Wire-Rope devices* (UNINA_SE)

L'effettiva realizzazione degli accessori della macchina RPMTM per l'effettuazione delle prove sui dispositivi *wire-rope* non è stata ancora commissionata all'officina specializzata a causa di alcune incertezze legate alla effettiva disponibilità di fondi, ad oggi comunque superate con l'avvenuta approvazione del rendiconto economico del primo anno. D'altra parte, la macchina RPMTM risulta molto impegnata sino al febbraio 2008 per la conclusione di un altro progetto di ricerca. / *The effective construction of the accessories of the RPMTM machine for the performance of the experimental tests on the wire-rope devices was not still committed to the specialized workshop because of some uncertainties on the real availability of funds, actually overcome with the approval of the economic statement of the first year. On the other hand, the RPMTM machine will be busy till the February 2008 for the conclusion of another research project.*

3.4 SISTEMI TMD/TLD PASSIVI / *TMD/TLD PASSIVE SYSTEMS*

TMD a massa incerta / *Mass-uncertain tuned mass dampers* (POLITO)

I principali risultati si compendiano in: 1) redazione di articoli e rapporti dimostranti l'efficacia sismica della nuova tipologia di oscillatore a massa incerta e la possibile implementazione pratica di TMD a giardino pensile; 2) sviluppo di modelli analitici e numerici, procedure di progetto, codici di calcolo sviluppati in ambiente MATLAB, con particolare riferimento al caso del TMD a pendolo "rolling" sia piano che spaziale. In particolare, è stato presentato un inquadramento generale del principio del giardino pensile oscillante, uno studio delle implicazioni della massa incerta su TMD a pendolo "rolling" sotto l'azione del sisma, nonché una nuova procedura di ottimizzazione sismica delle performance di TMD a massa incerta con una trattazione

probabilistica dell'incertezza. / *The main achievements could be grouped as follows: 1) papers and reports showing the seismic effectiveness of the new type of mass-uncertain TMD and the possible practical implementation of roof-garden TMDs; 2) development of analytical and numerical models, design procedures, home-made software (MATLAB), especially referring to both planar and spatial rolling pendulum TMDs. In particular, a general perspective on the roof-garden TMD, a study of the implications of uncertain masses on the seismic performance of rolling pendulum TMD, as well as a new seismic optimization procedure for mass-uncertain TMDs with a probabilistic approach to mass uncertainty, have been provided.*

Isolamento sismico e smorzamento di massa / *Combined Base Isolation and Tuned Mass Damping* (UNISA)

Lo studio numerico della robustezza del sistema combinato BI&TMD rispetto alla variazione dei parametri meccanici del sistema di masse smorzanti ha prodotto risultati di spiccato interesse applicativo che possono essere sintetizzati nei seguenti punti: a) la risposta del piano di isolamento risulta più sensibile alla variazione dei parametri di accordo rispetto a quanto accade invece per la risposta della sovrastruttura; b) la risposta dell'isolamento è generalmente influenzata più dalle variazioni di rigidità che da quelle dello smorzamento dei TMDs; c) la risposta, misurata in termini di valori di picco degli spostamenti dell'isolamento, risulta significativamente influenzata dalle caratteristiche dell'eccitazione sismica; d) in generale, per gli eventi sismici per i quali risulta una maggiore efficienza del controllo combinato, valori minori degli indici prestazionali, si registra una robustezza più bassa. La maggiore efficienza è in genere riscontrata per gli eventi sismici con elevato contenuto energetico sulle basse frequenze; e) nel caso peggiore, variazioni del 30% dei parametri di accordo dei TMDs determinano peggioramenti della risposta sismica non superiori al 30% per l'isolamento, evidenziando come gli effetti di mistuning risultino essere meno significativi che nelle strutture a base fissa. Per quanto attiene al problema della localizzazione del sistema a singola massa smorzante gli studi condotti hanno evidenziato come sia possibile definire quattro casi tipo, nei confronti della variabile eccentricità strutturale, rispetto cui la scelta della posizione di progetto del dispositivo risulta essere differente. Le analisi evidenziano come nel caso in cui l'eccentricità sia contenuta tra il 10 e il 35% delle dimensioni del sistema, la strategia adottata risulta sia efficace nella riduzione della risposta sismica, che robusta rispetto alle incertezze nella valutazione della posizione del centro di massa. In termini di efficacia si osservano riduzioni anche oltre il 60% per quanto attiene al massimo spostamento al bordo rispetto al caso di sistema asimmetrico non controllato. E' da sottolineare come le prestazioni migliori si ottengano nel caso il sistema da proteggere presenti caratteristiche meccaniche che lo rendono più vulnerabile rispetto all'evento sismico in ingresso. Per quanto attiene alla sperimentazione in laboratorio su modelli in scala il lavoro finora svolto ha prodotto come principale risultato l'identificazione del modello, eseguita mediante il Free Vibration Test e il metodo Sine Sweep. E' già in corso la fase sperimentale relativa al comportamento sotto eccitazione registrata del modello isolato alla base e si prevede in tempi brevi di ultimare la progettazione dell'elemento TMD da applicare sul livello di isolamento. / *Relevant applicative results have been obtained by the numerical investigation on the BI&TMD combined control strategy robustness index, they could be summarize as follow: a) the seismic response of the isolation level is more sensitive to the variation of the tuning parameters if compared to the superstructure one; b) TMD stiffness variations mainly influence the seismic response of the isolation level, whereas damping plays a minor rule; c) the performance index representing the isolation level's peak interstory drift is strongly influenced by the seismic events characteristics, which, otherwise, have a reduced effect on RMS seismic response; d) high effectiveness of the proposed control strategy, observed in the case of seismic excitation having high energy content on low frequencies, is generally coupled with a minor robustness; e) in the worst case, a $\pm 30\%$ variation of the TMDs tuning parameters respect to the optimal ones results in a 30% worsening of the isolation level's seismic response. Results obtained in the studies concerning the optimal location of a Single Tuned Mass Damper in plan-wise asymmetric structure show how four design cases should be considered on varying the structural eccentricity of the main system, obtaining different plan-wise optimal STMD*

locations. Moreover, results show how, in the case of eccentricity between 10% and 35%, the STMD control strategy is both effective in reducing the seismic response and robust with respect to the uncertainties in the evaluation of the mass centre position. Linear dynamic analysis has been carried out to verify the effectiveness of the proposed design criteria. In particular over 60% reduction of the maximum edge displacement has been observed with respect to the non-controlled asymmetric system. Better performances are obtained for main system characteristics placed in the most unfavourable parts of the seismic event response spectra under consideration. Regarding the experimental research issue, at the time the main obtained result is the complete identification of the small scale model, performed by means of two different standard procedures: Free Vibration Test and Sine Sweep. The experimental phase consisting in the analysis of the isolated small scale model seismic response is in progress. Design of the TMD element to be applied on the isolation layer will be also completed soon.

3.5 SISTEMI SEMIATTIVI / SEMIACTIVE SYSTEMS

Controllo sismico semiattivo / *Semiactive seismic control* (UNIPARTH)

Un'indagine numerica che ha mostrato come la riduzione di risposta strutturale sotto azione sismica relativa a ciascuno degli algoritmi di controllo presi in considerazione risulta poco dipendente dal particolare algoritmo scelto, una volta che questo sia stato adattato al caso di controllo semi-attivo ed i corrispondenti parametri siano stati opportunamente ottimizzati. Per quanto concerne le prove di caratterizzazione dei prototipi magnetoreologici, sono state condotte prove a spostamento sinusoidale imposto di diversa ampiezza e frequenza, con differenti valori della corrente di alimentazione da 0 a 4 A, che hanno confermato il comportamento atteso in fase di progetto. / *A numerical investigation has shown that the reduction of seismic structural response using each of the control algorithms considered does not significantly depend on the chosen algorithm itself, once it has been adapted to semi-active control and its parameters properly optimized. Regarding the characterization tests on the prototype magnetoreological dampers, the performed sinusoidal displacement imposed test at different amplitude and frequencies, with different values of supplied current from 0 to 4 A, confirmed the behaviour expected in the design phase.*

Modellazione telaio JETPACS con dispositivi passivi e magnetoreologici semiattivi / *JETPACS frame with passive and semiactive magnetoreological dampers* (UNIVAQ)

La risposta controllata del modello JETPACS è stata simulata sia in modalità passiva, sia in modalità semiattiva, implementando delle strategie di controllo basate su un algoritmo di tipo *clipped optimal*. L'efficacia degli smorzatori e delle strategie di controllo è stata verificata attraverso indicatori sintetici di prestazione, che mostrano come gli smorzatori siano effettivamente in grado di controllare la risposta della struttura sia in configurazione simmetrica, sia in configurazione non simmetrica. Ciononostante, nella riduzione del picco della risposta la prestazione degli smorzatori, sia in modalità passiva sia semiattiva, ha mostrato di essere sensibile, e talora inefficace, nel caso di accelerogrammi con spiccate caratteristiche di nonstazionarietà del segnale. / *The response of the JETPACS model has been simulated both under passive and in semiactive control, implementing control strategies based on a clipped optimal algorithm. The efficacy of the dampers and the control strategies has been verified through synthetic performance indices, which showed that the dampers are actually able to control the response of the structure both in symmetric and in asymmetric configuration. However, in reducing peak response the performance of dampers, both in passive and semiactive configuration, has shown to be sensitive, and sometimes ineffective, in case of accelerograms being significantly nonstationary.*

Controllo semiattivo di cavi sospesi / *Semiactive control of suspended cables* (UNIVAQ)

Il modello analitico ha mostrato di essere effettivamente in grado di riprodurre le osservazioni sperimentali, in particolare cogliendo l'effetto di bloccaggio (*clamping effect*), indotto dallo smorzatore sul cavo a bassi regimi di ampiezze in cavi poco tesi. Il modello ha anche consentito di confrontare l'efficacia dei diversi modelli reologici adottati per lo smorzatore, consentendo di selezionare il modello di Bouc-Wen per la sicura efficacia descrittiva associata comunque al contenimento degli oneri computazionali. / *The analytical model has shown to be able to actually reproduce the experimental observation, in particular it has been possible to describe the clamping effect, induced on the cable at low oscillations amplitude levels in strings with light pre-stress. The model has also permitted to compare the effectiveness of different rheological model in the description of the MR damper, concluding on the goodness of the Bouc-Wen for its representativeness and efficiency in terms of computational efforts.*

4 BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- R1-1. D. Cardone, M. Dolce & G. Gesualdi, "Force Distributions for the Static Analysis of Base Isolated buildings", Proceedings 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul (Turkey), May 27-30, 2007.
- R1-2. D. Cardone, M. Di Croce, G. Gesualdi, G. Perrone (2007). "Possibili Miglioramenti per l'analisi Statica Lineare di Edifici Isolati alla Base". Report No. 2 RELUIS Research No. 7.
- R1-3. M. Dolce, D. Cardone & V.F. Stoppa, "Experimental vs. Numerical Response of a Masonry Building Model with Seismic Isolation", Proceedings 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul (Turkey), May 27-30, 2007.
- R1-4. M. Dolce, D. Cardone, G. Palermo, "Performance-based Design procedures for bridges with seismic isolation systems", submitted to *Earthquake Spectra*, EERI - Earthquake Eng. Research Institute, Oakland, California.
- R1-5. F.C. Ponso, D. Cardone, A. Di Cesare, C. Moroni, D. Nigro, G. Vigoriti (2007). "Dynamic tests on JetPacs steel frame: experimental model set up. Report No. 1 RELUIS Research No. 7: JetPacs Project.
- R1-6. F.C. Ponso, M. Dolce, A. Di Cesare, G. Vigoriti, G. Arleo (2007). "A Design Procedure for energy dissipating displacement-dependent bracing system for r/c buildings. Proc. of 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul, Turkey, May 28-31, 2007
- R1-7. F.C. Ponso, M. Dolce, A. Di Cesare, G. Vigoriti, G. Arleo (2007), "Progettazione di controventi dissipativi a comportamento dipendente dagli spostamenti. Proc. of XII ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.
- R1-8. F.C. Ponso, Dolce M., G. Vigoriti, D. Sileo, (2007). "Progettazione di controventi dissipativi a comportamento visco-elastico. Proc. of XII ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.
- R2-1. J.M. Londoño Monsalve and G. Serino (2007). "Design procedures for viscous/viscoelastic dampers", ReLUIS Project No. 7 Plenary Meeting, Rome (Italy), 12 July.
- R2-2. S. Chandrasekaran, G. Serino and V. Gupta (2007). "Performance evaluation and damage assessment of buildings subjected to seismic loading". Proceedings of the 6th International Conference on Earthquake Resistant Engineering Structures (ERES 2007), Bologna (Italy), 11-13 June, CD paper # 055.
- R2-3. S. Chandrasekaran, A.K. Jain, G. Serino, M. Spizzuoco, S. Srivastara and V. Gupta (2007). "Risk assessment of seismic vulnerability of RC framed buildings due to axymmetry". Proceedings of the 8th Pacific Conference on Earthquake Engineering (8PCEE 2007), Singapore, 05-07 December, CD paper # 026.
- R2-4. M. Spizzuoco, G. Serino, J.M. Londoño Monsalve and M.R. Marsico (2007), "Experimental investigation on passive fluid viscous devices by FIP Industriale", JETPACS series Report No. 2, November.
- R2-5. N. Caterino, A. Occhiuzzi, J.M. Londoño Monsalve, M. Spizzuoco (2007), "Experimental investigation on semi-active magnetorheological devices by Maurer Söhne", JETPACS Report No. 3, November.
- R2-6. G. Serino, S. Chandrasekaran, M.R. Marsico and M. Spizzuoco (2007), "Descriptions and analytical modelling of the Jetpacs prototype steel frame", JETPACS series Report No. 1, November.
- R2-7. C. Onorii e G. Serino (2007). "Analytical modeling and experimental validation of a recycled rubber material". Proceedings of the 5th European Conference on Constitutive Models for Rubber (ECCMR), Paris (France), 4-7 September, p. 443-449.
- R2-8. G. Serino, M. Spizzuoco e M.R. Marsico (2007). "Isolamento sismico del Santuario "Madonna delle Lacrime" in Siracusa". Atti del XII Convegno Nazionale ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia", Pisa (Italia), 10-14 giugno, CD paper # 261.
- R2-9. G. Serino, M. Spizzuoco and M.R. Marsico (2007). "The "Santuario Madonna delle Lacrime" in Siracusa as recent application of structural isolation and health monitoring". Proceedings of the

- International Conference on Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures (EVACES'07), Porto (Portugal), 24-26 October, p. 629-640.
- R2-10. M. Dolce and G. Serino (2007). "R&D performed in the framework of the Italian ReLUIS consortium: activities and results achieved". Proceedings of the 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul (Turkey), 28-31 May.
- R2-11. G. Serino (2007). "Moderni sistemi di protezione sismica: aspetti progettuali e note su recenti applicazioni italiane", seminario Edilio - Professione Progettare, Aula Magna della Facoltà di Ingegneria, Napoli (Italy), 29 Novembre.
- R3-1. G. Cuomo, A. De Luca, E. Mele (2006). "Base Isolation Rubber Bearings: Finite Element Analysis and Design Implications", under revision on Journal of Earthquake Engineering (JEE);
- R3-2. G. Cuomo, A. De Luca, E. Mele (2006). "Design Aspects in Seismic Isolation: Application to Retrofit of Churches" under revision on International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration;
- R3-3. Cuomo G., De Luca A., Mele E. (2007). "Isolatori elastomerici: analisi FEM ed implicazioni progettuali", XII Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia", PISA;
- R3-4. De Luca, E. Mele, G. Cuomo (2007). "New trends and needs in design of base isolated buildings", 4th International Conference on The Conceptual Approach To Structural Design, Venice, Italy;
- R3-5. E. Mele, G. Cuomo, A. De Luca (2007). "Base isolation in the retrofit of masonry church buildings", 4th International Conference on The Conceptual Approach To Structural Design, Venice, Italy;
- R3-6. Cuomo G., De Luca A., Mele E. (2007). "Base isolation in the retrofit of masonry church buildings" International Symposium Studies On Historical Heritage, Antalya, Turkey;
- R3-7. G. Brandonisio, A. De Luca, R. De Lucia, E. Mele, R. Santaniello (2007). "Caratteristiche geometriche e meccaniche di un campione significativo di chiese a pianta basilicale", XII Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia", PISA;
- R3-8. Brandonisio, G., De Luca, A., de Lucia, R., Mele, E., Santaniello, R. (2007). "Geometrical and mechanical characteristics of a sample of masonry church buildings" International Symposium Studies On Historical Heritage, Antalya, Turkey;
- R3-9. Brandonisio G. (2007). "Analisi di edifici a pianta basilicale soggetti ad azioni sismiche", Tesi di Dottorato di Ricerca in Consolidamento e Adeguamento Strutturale, XX ciclo, Seconda Università degli Studi di Napoli, Novembre 2007.
- E1-1. M. Mezzi, F. Comodini, "Economic performance-based comparative analysis of isolated and fixed-based buildings", 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul, Turkey, 2007.
- E1-2. M. Mezzi, "Enhanced technologies for the comeback of stone as construction material in seismic areas", 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul, Turkey, 2007.
- E1-3. M. Mezzi, A. Parducci, E. Tomassoli, "L'analisi statica non lineare con spettri di pseudo-energia", ANIDIS 2007 XII Convegno L'Ingegneria Sismica in Italia. Pisa, Italia. Giugno 2007
- E1-4. M. Mezzi, "Morfologia e configurazione strutturale nell'impiego di sistemi antisismici innovativi", ANIDIS 2007 XII Convegno L'Ingegneria Sismica in Italia. Pisa, Italia. Giugno 2007
- E1-5. A. D'Ambrisi, M. Mezzi, "Valutazione probabilistica dei parametri di risposta sismica massimi e residui di telai in c.a.", ANIDIS 2007 XII Convegno L'Ingegneria Sismica in Italia. Pisa, Italia. Giugno 2007
- E1-6. A. Dusi, M. Mezzi, "Increasing safety of structures in seismic areas: the base isolation challenge", 5th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering. Tehran, Iran, May 2007.
- E1-7. M. Mezzi, "Motion vs. firmitas: new visions in seismic design" 4th Int. Spec. Conf. on The Conceptual Approach to Structural Design. Venice. June 2007.
- E1-8. M. Mezzi, P. Verducci, "Innovative concepts for a new architecture of the stone" 4th Int. Spec. Conf. on The Conceptual Approach to Structural Design. Venice. June 2007.
- E1-9. A. D'Ambrisi, M. Mezzi, "Conservative design values of the nonlinear seismic response of RC frames" SEMC 2007 3rd Int. Conf. on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Cape Town, South Africa, September 2007
- E1-10. M. Mezzi, "Performance-Base Probabilistic Methodology for the Assessment of Conventional and Advanced Constructions Under Extreme Actions". 1st International Conference on Modern Design, Construction and Maintenance of Structures, December 2007, Hanoi, Vietnam.

- E1-11. A. D'Ambrisi, M. Mezzi, " Probabilistic estimate of seismic response design values of RC frames", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics (sottoposto)*
- E2-1. F. Mazza, A. Vulcano (2007a). *Effetti della componente verticale di terremoti "near-fault" sul comportamento sismico di strutture intelaiate in c.a.*. Atti XII Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Pisa, 10-14 giugno 2007, memoria n. 217.
- E2-2. F. Mazza, A. Vulcano (2007b). *Risposta dinamica non lineare di strutture intelaiate in c.a. isolate alla base soggette a terremoti "near-fault"*. Atti XII Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Pisa, 10-14 giugno 2007, memoria n. 218.
- E2-3. A. Vulcano, F. Mazza (2007a). *Nonlinear dynamic analysis of base-isolated framed structures subjected to horizontal and vertical ground motions*. International Symposium on Recent Advances in Mechanics, Dynamical Systems and Probability Theory, MDP – 2007. Palermo, June 3-6, 2007 (proceedings to be published).
- E2-4. F. Mazza, A. Vulcano (2007c). *Nonlinear response of r.c. framed buildings with isolation and additional damping at the base subjected to near-fault earthquakes*. *Journal of Earthquake Engineering* (submitted for publication).
- E2-5. F. Mazza, U. Gangi (2007). *Seismic nonlinear modeling and analysis of base-isolated r.c. framed buildings designed according to Eurocode 8*. Report n. 274, Dipartimento di Strutture, Università della Calabria, aprile 2007.
- E2-6. A. Vulcano, F. Mazza (2007b). *Performance based design of braces equipped with dampers for the seismic protection of framed buildings*. 4th International Speciality Conference on "The Conceptual Approach to Structural Design", Special Session: *Conceptual Design in seismic design*, 27-29 June 2007, Venice.
- E2-7. A. Vulcano, F. Mazza (2007c). *La dissipazione supplementare di energia nella protezione sismica di edifici a struttura intelaiata*. Convegno in Onore di Antonio La Tegola, "Materiali e Metodi Innovativi nell'Ingegneria Strutturale", 4-6 luglio 2007, Catania (proceedings to be published).
- E2-8. F. Mazza, A. Vulcano (2007d). *Control of the along-wind response of steel framed buildings by using viscoelastic or friction dampers*. *Wind & Structures*, Vol. 10 (No. 3), pp. 233-247, May 2007.
- E3-1. E. Matta (2007), *Roof garden tuned mass dampers for the seismic protection of buildings*, in: poster session of the LESSLOSS Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides Workshop, Hotel Villa Carlotta, Belgirate, July 2007.
- E3-2. E. Matta e A. De Stefano (accepted 2007, in press), *Robust design of mass-uncertain rolling-pendulum TMDs for the seismic protection of buildings*, *Mechanical Systems & Signal Processing*.
- E3-3. S. Marchetti (2007), *Ottimizzazione sismica di Tuned Mass Dampers – Studio del comportamento di dispositivi a massa incerta*, Master Thesis, Turin Polytechnic Institute, Turin, Italy.
- E4-1. Sorace, S., Terenzi, G. (2007). "*Rebuilding of an ancient castle including a base-isolated museum hall*". Proc., International Conference STREMAH 2007, Prague, Czech Republic, WIT Press, Southampton, 419-428.
- E4-2. Sorace, S., Terenzi, G., Magonette, G, Molina, F. J. (2008). "*Experimental investigation on a base isolation system incorporating steel-Teflon sliders and pressurized fluid viscous spring-dampers*". *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 37(2), 225-242.
- E4-3. Sorace, S., Terenzi, G. (2008). "*Seismic protection of frame structures by fluid viscous damped braces*". *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 134(1), 45-55.
- E4-4. Sorace, S., Terenzi, G. (2007). "*Retrofit hypotheses of a pre-normative steel school building by fluid-viscous damper-based technologies*". Proc., 6th International Conference on Steel & Aluminum Structures ICSAS 07, Oxford, UK, Nuffield Press, Abingdon, 196-203.
- E4-5. Sorace, S., Terenzi, G., Fadi, F. (2007). "*Adeguamento sismico di edifici in cemento armato mediante il sistema a cavi smorzanti*". Atti del 12° Convegno Nazionale ANIDIS, Pisa, Articolo 145, CD-ROM.
- E4-6. Sorace, S., Terenzi, G. (2007). "*Martellamento sismico tra edifici adiacenti. Analisi e mitigazione mediante tecniche di protezione passiva*". Atti del 12° Convegno Nazionale ANIDIS, Pisa, Articolo 144, CD-ROM.
- E5-1. Palazzo B., Petti L., De Iuliis M. "Tuned Mass Dampers To Control The Base-Isolated Benchmark Building Model", *Proceedings of First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology – 3-8 September – Geneve (CH)*

- E5-2. Palazzo B., Petti L., De Iuliis M., Sguazzo S. "A passive robust control strategy for reinforced concrete structures: Base Isolation and Tuned Mass Damping", *Seismic Engineering for Concrete Structures – Italian Perspective – Chiorino and Nanni editors*, pp.73-82
- E5-3. Palazzo B., Petti L., De Iuliis M. "Seismic response of base-isolated benchmark building model controlled by Tuned Mass Damper", *Proceedings of Fourth World Conference on Structural Control and Monitoring - 11-13 July 2006 – San Diego (USA)*
- E5-4. Palazzo B., Petti L., De Iuliis M. "Analisi dell'efficacia e della robustezza del sistema di controllo BI&TMD: Il caso studio di una Struttura Benchmark isolata alla base", *Atti del XII Convegno "L'ingegneria sismica in Italia" – ANIDIS 2007, Pisa, Italia, 10-14 Giugno 2007*
- E5-5. Palazzo B., Petti L., De Iuliis M. "Seismic response control of the isolated benchmark structure by using base isolation and tuned mass damping combined strategy", submitted to *Journal of Structural Control and Health Monitoring*
- E5-6. Petti L., De Iuliis M. "Optimal robust design of a Single Tuned Mass Damper for controlling torsional response of asymmetric-plan systems", *European Earthquake Engineering – 21 (1), 2007*
- E5-7. Petti L., De Iuliis M. "Robust design of a Single Tuned Mass Damper for controlling torsional response of asymmetric-plan systems", submitted to *Journal of Earthquake Engineering*
- E6-1. A. Dall'Asta and L. Ragni (2007) "*Sistemi di dissipazione basati su gomme ad alto smorzamento: descrizione mediante modelli lineari equivalenti*", XII Italian Conference on Earthquake Engineering – ANIDIS, Pisa.
- E6-2. A. Dall'Asta, L.Dezi, R. Giacchetti, G.Leoni, L.Ragni and L. Zito (2007) "Application of HDR Devices for the Seismic Protection of Steel Concrete Composite Frames: Experimental Results". XII Italian Conference on Earthquake Engineering – ANIDIS, Pisa.
- E7-1. Trombetti T., Silvestri S. (2007). "Novel schemes for inserting seismic dampers in shear-type structures based upon the mass proportional component of the Rayleigh damping matrix", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 302, No. 3, pp 486-526.
- E7-2. Silvestri S., Trombetti T. (2007). "Physical and numerical approaches for the optimal insertion of seismic viscous dampers in shear-type structures", *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 11, No. 5, pp 787 – 828.
- E7-3. Savoia M., Vincenzi L. (2007). "Differential Evolution algorithm for dynamic structural identification", *Journal of Earthquake Engineering*, in printing.
- E7-4. Ceccoli C., Trombetti T., Silvestri S., Gasparini G. (2007). "Practical seismic design of structures equipped with viscous dampers: procedure and application", *Journal of Earthquake Engineering*, submitted.
- E7-5. Vincenzi L., De Roeck G., Savoia M. (2007). "Comparison between Differential Evolution Algorithm and Coupled local Minimizer Method", *Computer-Aided Civil and Infrastruct. Engineering*, submitted.
- E7-6. Vincenzi L., Mazzotti C., Savoia M., Ceccoli C., Ferrari M. (2007). "Investigation of ultimate capacity of beam-column joints of precast system". *Studies and Researches*, vol. 27, pp 93-116.
- E7-7. Buratti N., Ferracuti B., Savoia M. (2007). "A response surface approach with random block effects for seismic fragility assessment of r.c. structures". *ICASP 10: 10th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*. July 31-August 3, Tokyo, Japan.
- E7-8. Silvestri S., Trombetti T., Gasparini G. (2007). "Viscous dampers between frame structures and stiff lateral-resisting elements", *Proceedings of the 4th International Conference on "The Conceptual Approach to Structural Design"*, Venezia, Italy, June 27-29, 2007.
- E7-9. Gasparini G., Silvestri S., Trombetti T. (2007). "Viscous dampers placed between different portions of the same structure: a case study", *Proceedings of "The third International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation SEMC2007"*, Cape Town, South Africa, September 10-12, 2007.
- E7-10. Trombetti T., Gasparini G., Silvestri S. (2007). "Two-storey pre-cast reinforced concrete structure equipped with viscous dampers: a case study", *Proceedings of "The third International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation SEMC2007"*, Cape Town, South Africa, September 10-12, 2007.
- E7-11. Gasparini G., Trombetti T., Silvestri S., Bottazzi M. (2007). "Use of toggle brace system for the amplification of seismic damper motion in building structures", *Proceedings of "The fourth International Structural Engineering & Construction Conference – ISEC-4"*, Melbourne, Australia, 26-28 September 2007.

- E7-12. Trombetti T., Silvestri S., Gasparini G. (2007). "A novel scheme for inserting manufactured viscous dampers in building structures", *Proceedings of the Conference "Modern Trends in Structural Engineering for Seismic Design"*, Ariel, Israel, October 8-11, 2007.
- E7-13. Trombetti T., Silvestri S. (2007). "Use of genetic algorithms for the identification of optimal system of added viscous dampers for shear-type buildings", Paper No. 172, *Proceedings of the IASS Symposium 2007 "Structural Architecture - toward the future looking to the past"*, Venezia, Italy, December 3-6, 2007.
- E7-14. Trombetti T., Silvestri S. (2007). "Linking adjacent structural systems with viscous dampers for the mitigation of the seismic effects", Paper No. 173, *Proceedings of IASS Symposium 2007 "Structural Architecture - toward the future looking to the past"*, Venezia, Italy, December 3-6, 2007.
- E7-15. Buratti N., Ferracuti B., Savoia M. (2007). "Recorded and simulated ground motion time histories for seismic fragility analysis of RC structures". *Atti del XII Convegno ANIDIS 2007*, 10 -14 giugno 2007, Pisa, Italia.
- E7-16. Silvestri S., Trombetti T., Ceccoli C. (2007). "Utilizzo di smorzatori viscosi per la mitigazione delle azioni indotte dal sisma sulle strutture", Memoria n. 80, *Atti del XII Convegno ANIDIS 2007*, 10 -14 giugno 2007, Pisa, Italia.
- E7-17. Vincenzi L., Ceccoli C., Mazzotti C., Savoia M. (2007). "Identificazione dinamica di un viadotto della autostrada Salerno - Reggio Calabria mediante vibrazioni indotte dal traffico veicolare", *Atti del XII Convegno ANIDIS 2007*, 10 -14 giugno 2007, Pisa, Italia.
- E7-18. Buratti N., Ferracuti B., Savoia M. (2007). "Seismic fragility of RC frame structures using response surfaces with random block effects", *XVIII Convegno AIMETA*, Brescia, 11-14 settembre. 2007.
- E7-19. Vincenzi L., Savoia M. (2007). "A second-order cost function approximation in differential evolution algorithm for structural identification", *XVIII Convegno AIMETA*, Brescia, 11-14 settembre. 2007.
- E8-1. A. Occhiuzzi, "L'efficacia degli algoritmi nei sistemi di controllo semi-attivo", XII congresso nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Pisa, 2007.
- E9-1. V. Gattulli, R. Alaggio, F. Potenza (2007). *Analytical prediction and experimental validation for longitudinal control of cable oscillations*, International Journal of Non-Linear Mechanics, vol 43(1), pp.36-52, 2008.
- E9-2. V. Gattulli (2007). *Advanced control strategies in cable dynamics*, Civil Engineering Computations: Tools and Techniques, B.H.V. Topping, (editor), Saxe-Coburg Publications, Stirlingshire, UK, 243-269.
- E9-3. M. Lepidi, R. Del Re, V. Gattulli (2007). *Vibrations of a taut cable with a transverse hysteretic device*, 11th International Conference on Civil, Structural & Environmental Engineering Computing CC2007, St. Julians (Malta), September.
- E9-4. R. Carneiro, V. Gattulli, M. Lepidi, F. Potenza (2007). *Mitigation of three-dimensional vibrations of a frame structure using MR dampers*, 11th International Conference on Civil, Structural & Environmental Engineering Computing CC2007, St. Julians (Malta), September.
- E9-5. A. Contento, A. Di Egidio (2007). *Base Isolation of a Non-Symmetric Rigid Block Representing a Monolithic Art Object*, 11th International Conference on Civil, Structural & Environmental Engineering Computing CC2007, St. Julians (Malta), September.