



Studio Ingegneria PARMA
Ing. Luca Melegari

MLGLCU59P28F257C P.IVA 01634900342
Stradello Boito, 1 bis 43100 PARMA ITALY
tel + 39 0521 386153 fax. +39 0521 228360

http:// www.studiomelegari.it

E-Mail : lucamelegari@safelmsrl.eu



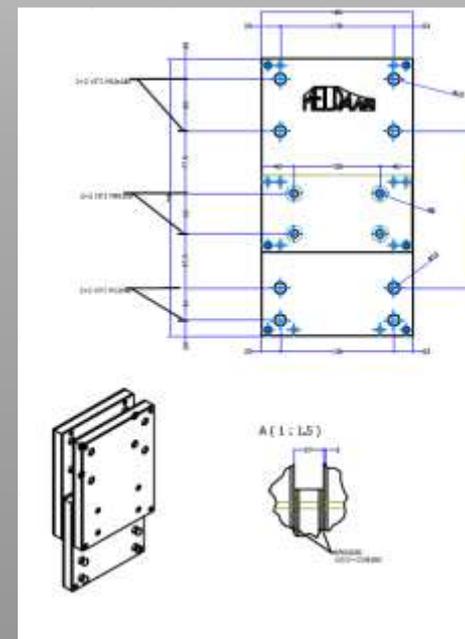
SAFE LM S.R.L.
Società di Ingegneria
REA PR-267306

P.IVA /C.F. 02792160349 Pec:
safe_lm@pec.it

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO MIGLIORAMENTO SISMICO OTTENUTO MEDIANTE DISSIPAZIONE ENERGETICA

Condizioni di Applicabilita'
per tipologia di struttura
Maggio 2019

SCHEMA TECNICA MELDAMP ® "Struttura Antisismica"



Ing. Luca Melegari

Brevetto nr. MO2014A00250 Marchio registrato



CARATTERISTICHE FONDAMENTALI

Semplicità Costruttiva
Applicabilità a qualsiasi tipo di struttura esistente o di nuova costruzione
Economicità
Integrabilità Architettonica e formale in ogni contesto
Efficacia anche a livello di interventi non strutturali

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Smorzamento dell'input di energia sismica
La dissipazione energetica tende a ridurre l'azione sismica sulle strutture
Solo alcuni "elementi dissipativi" incassano una parte dell'energia del terremoto
Entrano in azione anche In caso di sisma di debole entità e non è richiesta in questo caso manutenzione.
In caso di sisma di significativa intensità occorre sostituire alcuni degli "elementi dissipativi".

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO MIGLIORAMENTO SISMICO OTTENUTO MEDIANTE DISSIPAZIONE ENERGETICA

NON RICHIEDE NECESSARIAMENTE MODIFICHE STRUTTURALI

PUO' ESSERE REALIZZATO IN ACCOPIAMENTO CON TRAMEZZATURE ED ELEMENTI SECONDARI – NON STRUTTURALI

Si possono dotare le pareti secondarie, le tramezzature, le tamponature esterne di questo sistema ottenendo un apprezzabile miglioramento sismico

Certificabile ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018

Il sistema è al momento classificabile come collegamento dissipativo assimilabile a quelli menzionati al punto 7.7.3. delle NTC 2018. Sono in corso le prove di Certificazione per la marchiatura CE del Prodotto.

Brevetto nr. MO2014A00250

Marchio registrato



**TIPOLOGIA DI STRUTTURE
POTENZIALMENTE
MIGLIORABILI**



Ossatura in c.a.
In opera



Struttura in c.a. / C.a.p.
Prefabbricata

**TIPOLOGIA DI STRUTTURE
POTENZIALMENTE
MIGLIORABILI**

Muratura Portante



**TIPOLOGIA DI STRUTTURE
POTENZIALMENTE
MIGLIORABILI**



Strutture in
Acciaio



Struttura in Legno

Soluzione Standard Schema di installazione e montaggio



Schemi montaggio

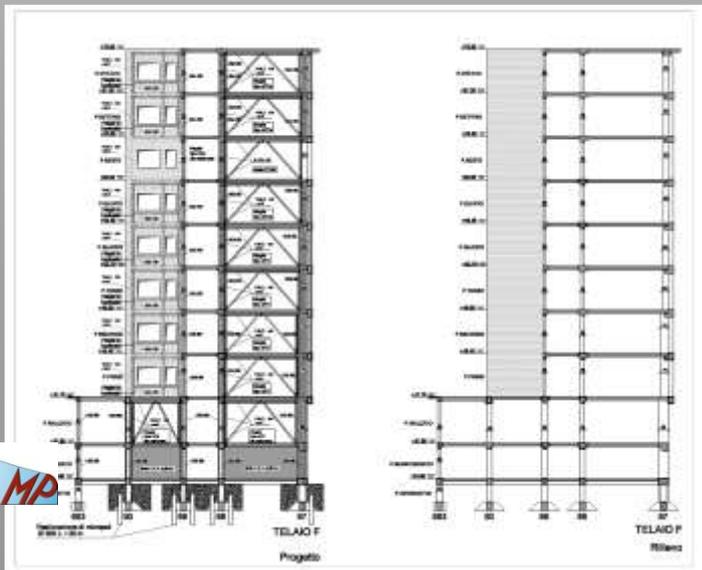
studio del sistema dissipativo

Sistema MELDAMP (Modular energy level damping)

- Sistema di dissipazione passiva che si attiva anche per spostamenti e deformazioni contenuti.

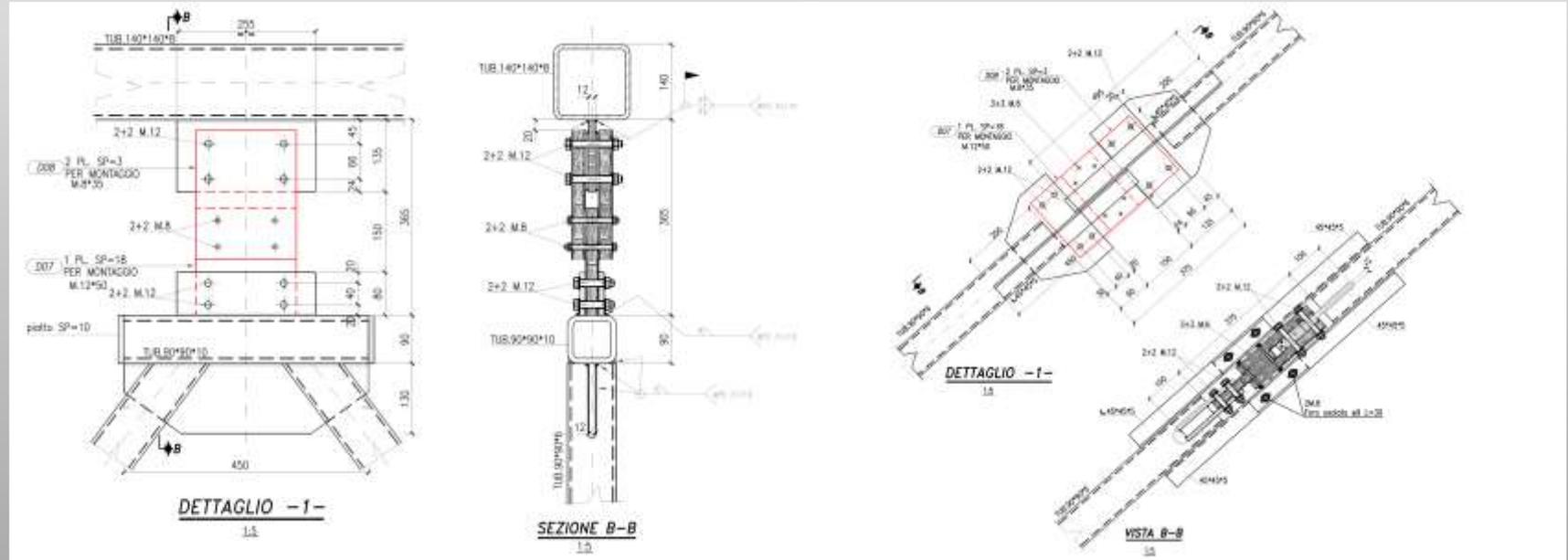
Caso di studio : Policlinico di Modena

- Problematiche:
 - Edificio snello; i pilastri sono soggetti a fenomeni del II ordine;
 - L'applicazione di sistemi dissipativi tradizionali è **INCOMPATIBILE** con gli spostamenti che è in grado di supportare la struttura.



Policlinico Modena, sezione trasversale

Sistema MELDAMP



Particolare sistema dissipativo Meldamp, controventi eccentrici Particolare sistema dissipativo Meldamp, controventi eccentrici

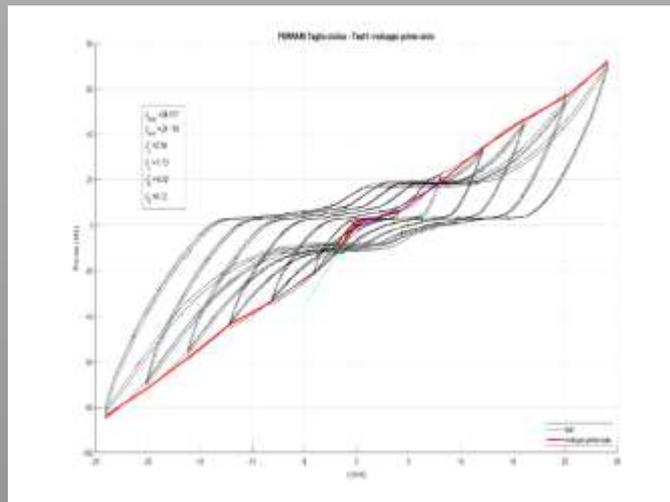
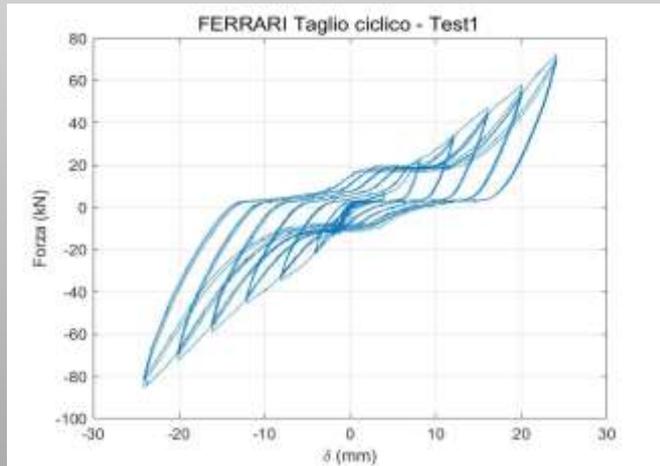
Modellazione dinamica sistema controventante dissipativo tramite modello FEM elementi tridimensionali e Prove di Laboratorio

- Convenzione con Università degli Studi di Parma
- Dipartimento di Ingegneria civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura_ DICATeA
- Prof. Daniele Ferretti

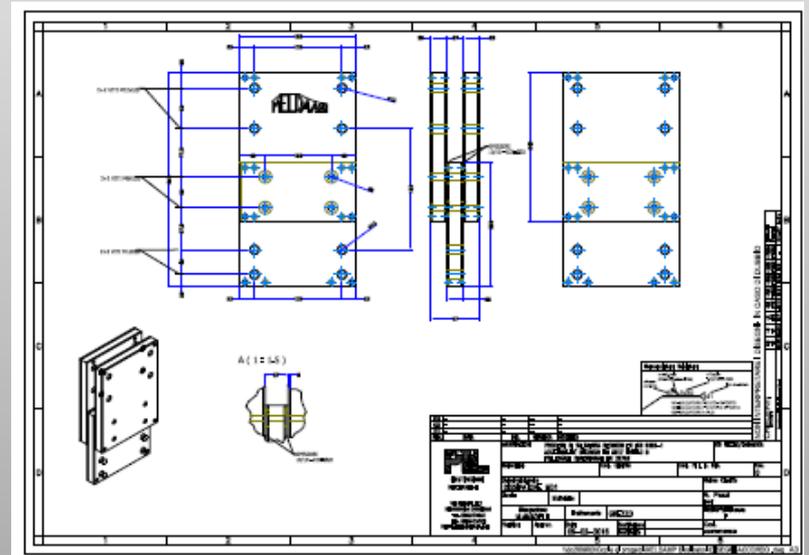
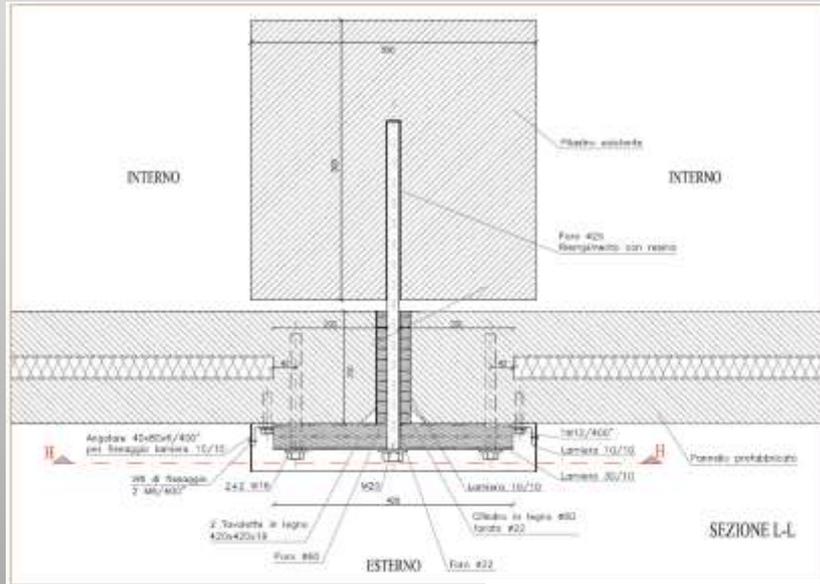


Modellazione dinamica sistema controventante dissipativo tramite modello FEM elementi tridimensionali e Prove di Laboratorio POLITECNICO DI MILANO

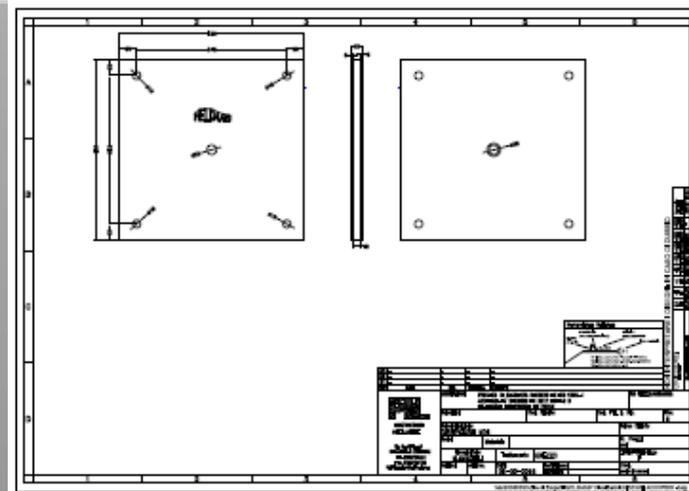
- Convenzione con Università degli Studi di Parma e Collaborazione POLIMI
- Prof. Daniele Ferretti UNIPR



Applicazione su diverse tipologie



Applicazione su
elementi di
tamponamento
esterni.



Applicazione per
elementi
controventanti

Basi Teoriche Applicative : (punto 7.7.3. D.M. 14 Gennaio 2008 e CNR DT 206 punto 7.8) – Vedi articolo di Progettazione Sismica 02.2015

Progettazione Sismica

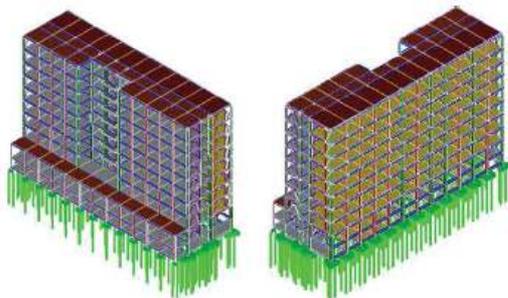


Figura 67
Politecnico Modena, modello tridimensionale

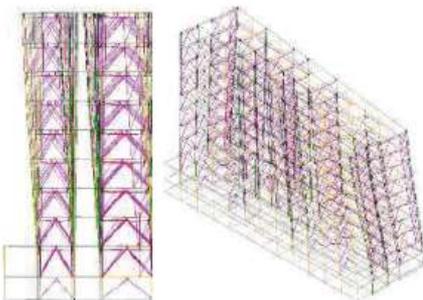


Figura 68
Principali risultati dall'analisi modale condotta sul modello ad elementi finiti del Politecnico di Modena: direzione trasversale (angolo di ingresso 90°), modo n. 2, periodo di vibrazione T2=1.50 s, massa partecipante 44%.

segue:

$$K_c = \frac{F_y}{d_y} = \frac{55.62 \text{ kN}}{0.118 \text{ cm}} = 470.3 \text{ kN/cm}$$

$$K_{sec} = \frac{F_u}{d_u} = \frac{120.6 \text{ kN}}{1.5 \text{ cm}} = 80.4 \text{ kN/cm}$$

(6)

5.3 Valutazione preliminare semplificata della risposta delle singole maglie dissipative

Come detto in precedenza, la funzione di queste nuove maglie è di conferire alla struttura un incremento di capacità dissipativa, e conseguentemente di smorzamento, tale da soddisfare i requisiti di sicurezza pari al 60% di quelli di una nuova costruzione. Per fare una prima stima di tale beneficio, anche in considerazione delle scarse indicazioni fornite dalla normativa sulla valutazione delle prestazioni sismiche di strutture

esistenti con dissipatori, si è ritenuto significativo sviluppare un calcolo, ancorché in via approssimata e semplificata, dello smorzamento totale equivalente ξ_{eq} della singola maglia.

A tal fine è stata determinata la curva forza – spostamento dell'unione bullonata valutandone la resistenza caratteristica a snervamento F_y ed il relativo spostamento d_y . Fissato poi il livello di spostamento massimo pari a 15 mm (compatibilmente con lo spostamento di piano massimo individuato per l'edificio sulla base di analisi non lineari), si ricava la forza F_u ad esso corrispondente.

La resistenza caratteristica del collegamento bullonato tra i pannelli in legno è calcolata seguendo le indicazioni della norma CNR DT 206-2007, cap. 7.8 "Resistenza di collegamenti con mezzi di unione metallici a gambo cilindrico". Per le caratteristiche geometriche e meccaniche

Valutazione numerica del comportamento di un edificio ad uso ospedaliero in cemento armato con sistemi dissipativi aggiunti

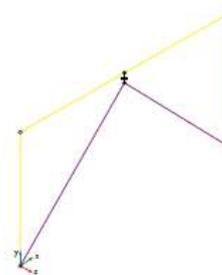


Figura 69
Modalizzazione della maglia trasversale interna.

Figura 70
Determinazione della curva di capacità mediante modello biforcuto equivalente.

Figura 71
Rottura del collegamento in modo rifollamento del legno e snervamento del connettore.

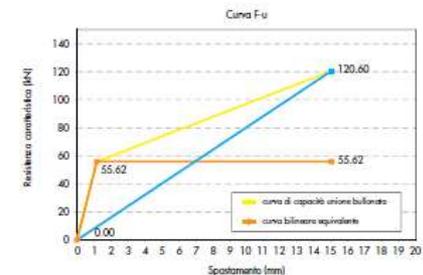
dei connettori e degli elementi connessi (pannelli MDF), si assume che la rottura del sistema dissipativo avvenga per rifollamento del legno e snervamento del connettore con formazione di due o più cerniere plastiche (Figura 71). La resistenza del singolo connettore, per un solo piano di taglio, va incrementata $F_{ax,Rk}/4$ per considerare l'effetto tirante, dove il numeratore della precedente formula corrisponde alla resistenza caratteristica all'estrazione. La forza di snervamento F_y dell'intero collegamento, quindi, è valutata in Tabella 13 per il caso di 4 connettori e 2 piani di taglio.

Il passo successivo consiste nella determinazione dello spostamento di snervamento d_y al fine di calcolare la rigidità del collegamento. La CNR 206-2007 individua al §7.11 la rigidità K_{wp} per singolo connettore e singolo piano di taglio

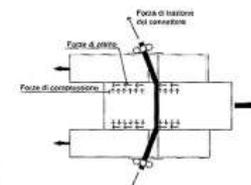
attraverso la relazione: $K_{wp} = \rho^{1.5} d/20$, dove d è il diametro efficace della barra in mm, mentre ρ_k è la massa volumica caratteristica del legno in kg/m³. I valori calcolati sono riassunti in Tabella 14.

Imposto lo spostamento ultimo d_u pari a 15 mm, facendo riferimento ai dati sperimentali ricavati dal lavoro di Polastri (2010) e nota la resistenza allo spostamento massimo di progetto $F_{u,d}$, è possibile costruire la curva di capacità della connessione e la bilineare corrispondente (Tabella 15).

Ipotizzando la risposta simmetrica dell'acciaio in trazione e compressione (a meno di fenomeni indesiderati), si estende il grafico relativo alla curva di capacità come rappresentato in Figura 72 relativamente ad una singola maglia composta da 4 bulloni, 3 pannelli, 2 piani di taglio.



Modi di rottura	Valori caratteristici di resistenza a taglio
I	$R_t = f_{a,33} t_p d$
II	$R_t = 0.5 \cdot f_{a,33} t_p d$
III	$R_t = 1.5 \sqrt{\frac{2E}{1+\beta}} \sqrt{2M_{p,33} f_{a,33} d}$



Sistema dissipativo



Progettazione Sismica

Tabella 13 - Calcolo della resistenza complessiva per i 4 connettori su due piani di taglio (collegamento legno-legno, due sezioni resistenti)

	Modo Ia	Modo Ib	Modo IIa	Modo III
Metodo Johansen	[kN] 5.47	2.73	3.91	5.56
Effetto funa/affetto tirante	[kN]		0.98	1.39
Resistenza caratteristica a taglio (1 piano di taglio)	[kN] 5.47	2.73	4.88	6.95
Resistenza caratteristica a taglio (2 piani, 1 connettore)	[kN] 10.93	5.47	9.77	13.91
Resistenza caratteristica a taglio totale (n=4 connettori)	[kN] 43.73	21.87	39.07	55.62
Resistenza di progetto Rd	[kN] 43.73	21.87	39.07	55.62

Tabella 14 - Calcolo della rigidezza del collegamento

Rigidità iniziale (1 bullone, 1 piano di taglio)	K_{ser}	6.63	[kN/mm]
Rigidità iniziale (1 bullone, 2 piani di taglio)	$K_{ser,2}$	13.25745	[kN/mm]
Rigidità iniziale complessiva (4 bulloni, 2 piani di taglio)	$K_{ser,tot}$	53.03	[kN/mm]

Tabella 15 - Calcolo degli spostamenti

Spostamento al limite elastico	u_y	1.18	[mm]
Spostamento max di progetto	u_d	15.00	[mm]
Resistenza di innesamento	F_y	55.62	[kN]
Resistenza allo spostamento max di progetto	$F_{d,14}$	120.60	[kN]

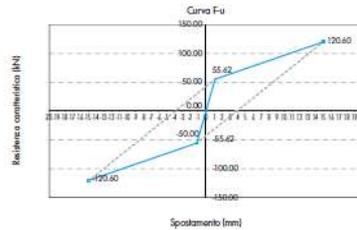


Figura 72 Estensione del curva di capacità dalla connessione in considerazione della capacità dell'incastro.

Per ottenere l'energia dissipata dall'intero edificio lungo una data direzione, in via approssimativa, si moltiplica l'energia dissipata dalla singola maglia per il numero di maglie di un piano e per il numero di piani.

I valori ottenuti dalla stima dell'energia dissipata lungo le due direzioni ortogonali sono riassunti

in Tabella 16.

La componente di smorzamento isterico ξ_{eq} relativa al ciclo di ampiezza massima è stata calcolata come (Priestley et al., 2007):

$$\xi_{eq} = \frac{A_d}{2\pi \cdot F_{max} \cdot u_d} \quad (7)$$

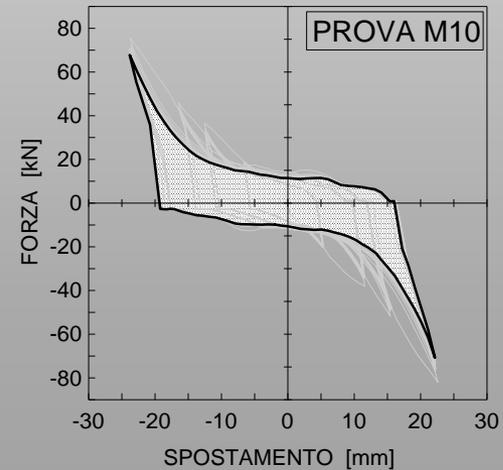
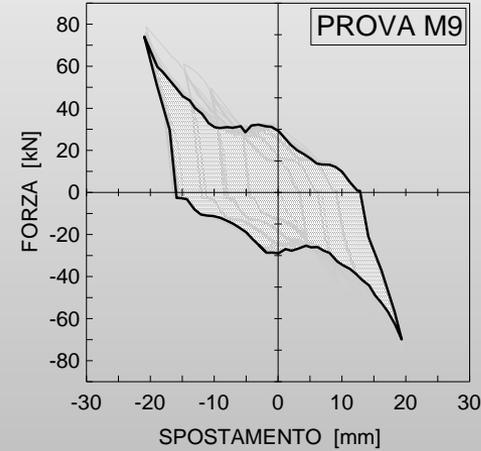
Tabella 16 - Prima stima dell'energia dissipata dall'intero edificio lungo le due direzioni trasversale e longitudinale

	Energia dissipata Unitaria	n° maglie	n° piani	Energia dissipata
	[kN mm]	[]	[]	[kN mm]
Trasversale	1363.3	8	10	110657
Longitudinale	1282.1	4	10	51282

CONFRONTO TRA PREVISIONE TEORICA

(punto 7.7.3. D.M. 14 Gennaio 2008 e CNR DT 206 punto 7.8)

E RISULTATI SPERIMENTALI



PROVA	Energia min dissipata kN mm
M9	2469.261
M10	1902.078

Prove di Laboratorio 2018 presso POLITECNICO DI MILANO

Si utilizzano di prova realizzate in conformità alle norme BS EN 12512

RAPPORTO DI PROVA

Prove su dispositivi MELDAMP in accordo con la procedura indicata nella Norma BS EN 12512 "Timber structures – Test methods – Cyclic testing of joints made with mechanical fasteners, Edizione 2001.

Le pagine seguenti riportano:

- Data dei test;
- Descrizione dei campioni e della procedura di prova;
- Risultati dei test.

I risultati dei test si applicano solo agli articoli testati.

Questo rapporto di prova è composto da 52 pagine.

Questo rapporto di prova può essere riprodotto solo integralmente e deve essere sottoposto a bollo da utilizzare secondo la legge italiana D.P.R. 642/72.

IL CAPO SERVIZIO

Roberto Minerva

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente

Politecnico di Milano

Laboratorio Prove Materiali

Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 Milano

Sede di Milano: Ufficio Accettazione materiale e Certificazione: via Celoria, 3 – tel. 02/2399 4210 - fax 02/2399 4211

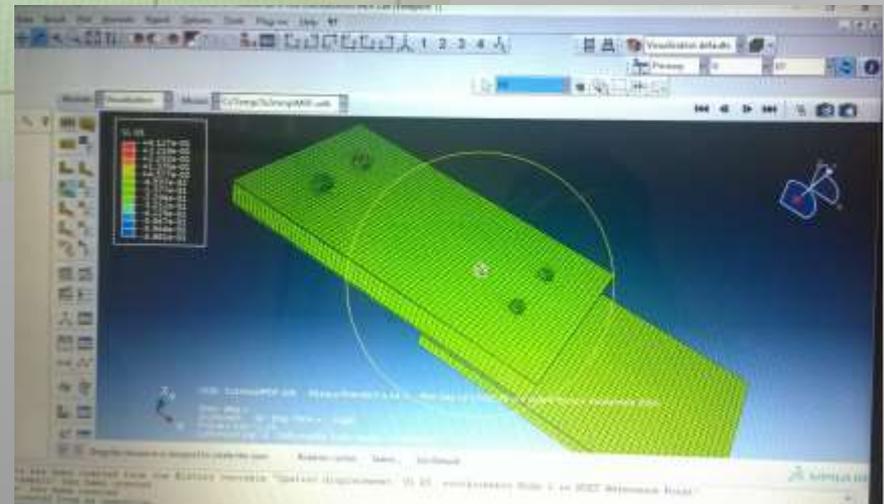
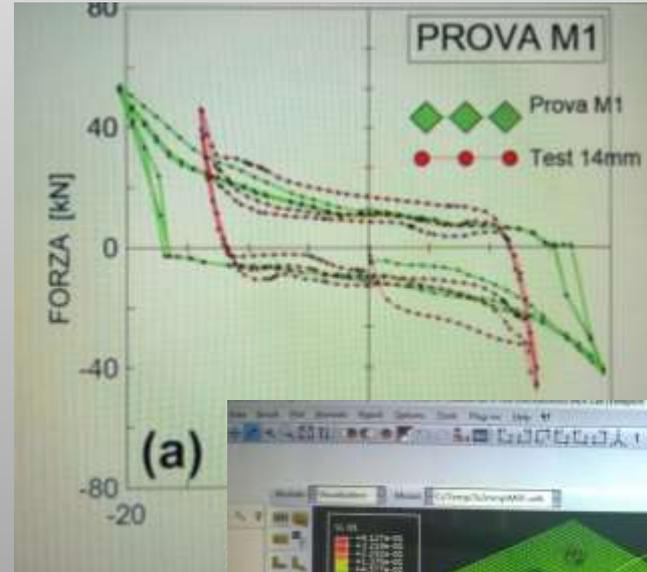
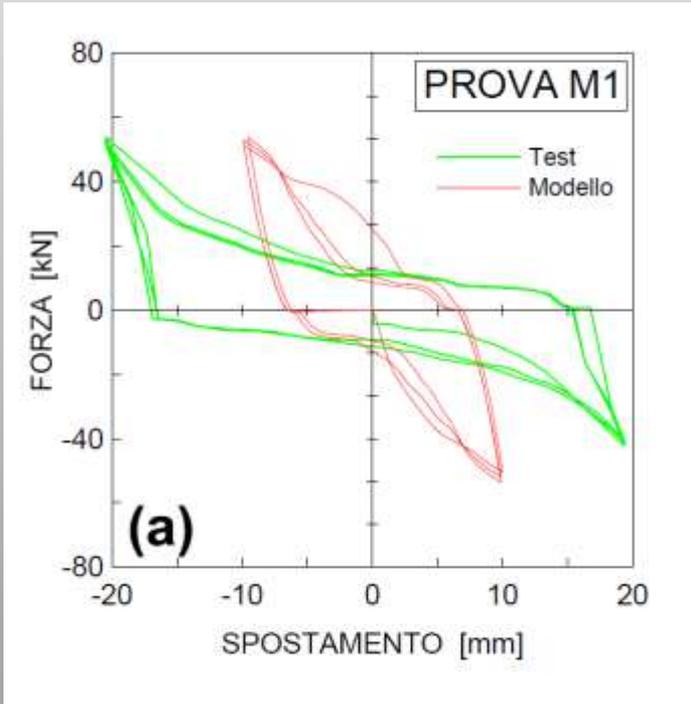
Sede di Lecco: via Gaetano Prevati 1/C - 23900 Lecco – tel. 0341/48 8793 - fax 0341/48 8771

Codice fiscale: 80057930150 - Partita Iva: 04376620151

Laboratorio Ufficiale (art. 29 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011

SIMULAZIONI ANALITICHE

Mediante modellazioni con software non lineari (ABACUS elementi brick con contatti alla Coulomb in regime di grandi spostamenti) che considerino anche gli effetti di attrito tra gli elementi accoppiati.



RICERCHE SPERIMENTALI ED ANALITICHE

Studio Prof. Daniele Ferretti dell'Università di PARMA Analitico Sperimentale del Sistema dissipativo Isteretico



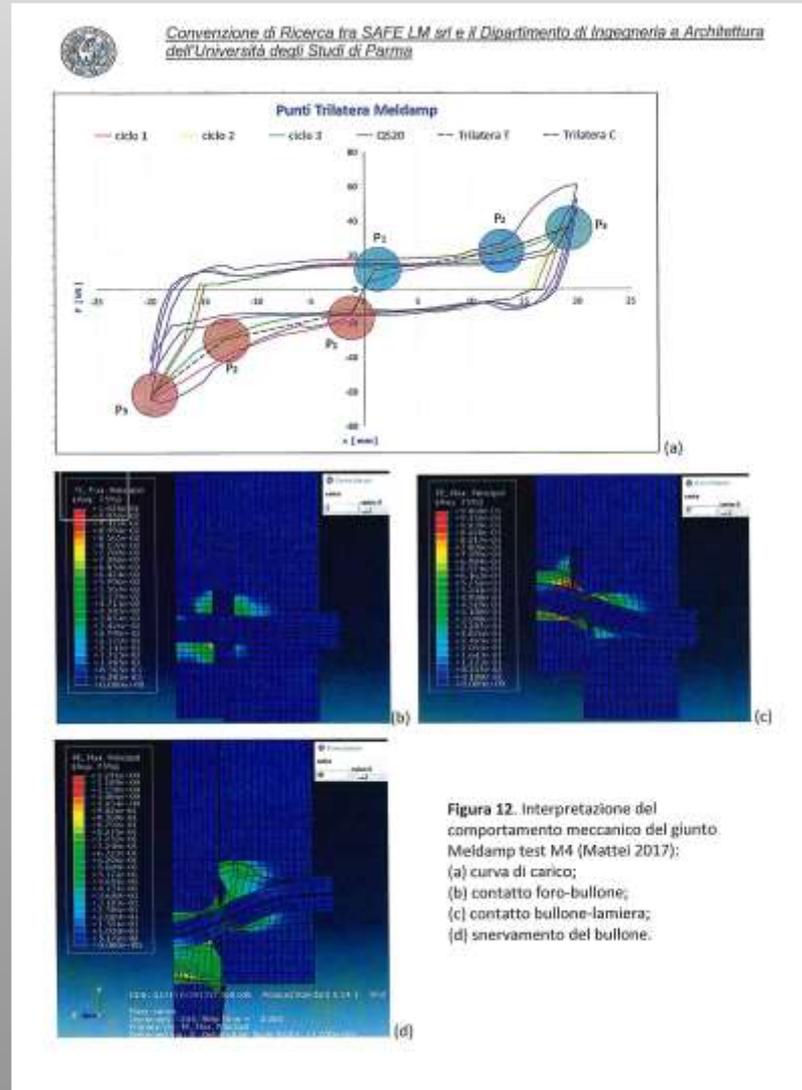
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Dipartimento Ingegneria e Architettura - DIA

Parco Area delle Scienze 181/a - 43124 PARMA (Italy) Tel. +39-0521-905914

**RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA SUL COMPORTAMENTO
 SPERIMENTALE DI UN DISSIPATORE SISMICO ISTERETICO IN
 ACCIAIO E LEGNO DENOMINATO MELDAMP® SOGGETTO A
 TAGLIO CICLICO**

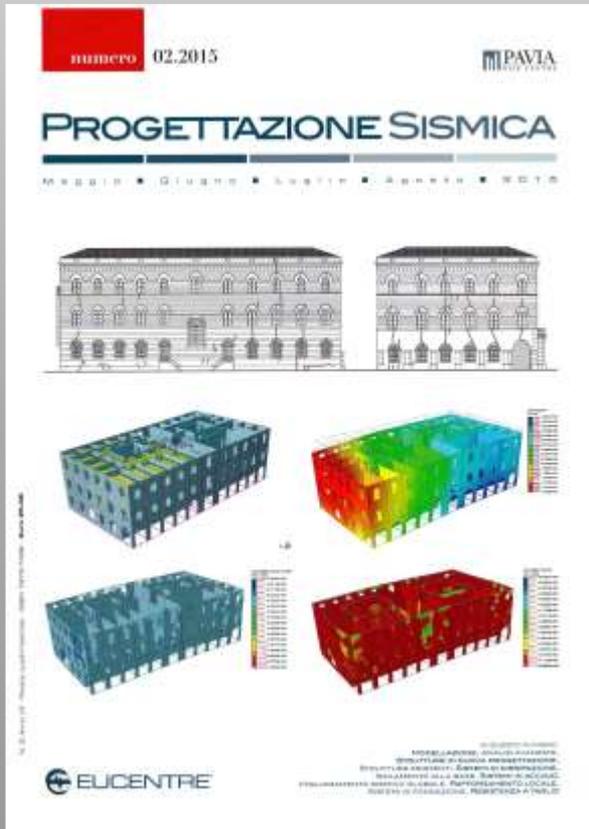
Responsabile scientifico:
 Prof. Ing. Daniele Ferretti
 Prof. Daniele Ferretti

Committente:
 SAFE LM srl

Publicazione Articolo

Le analisi condotte sul sistema MELDAMP sono state pubblicate in un articolo, redatto in collaborazione con l'Eucentre di Pavia, sul numero 02.2015 della rivista **Progettazione Sismica**.





Studio Ingegneria PARMA
Ing. Luca Melegari

MLGLCU59P28F257C P.IVA 01634900342
Stradello Boito, 1 bis 43100 PARMA ITALY
tel + 39 0521 386153 fax. +39 0521 228360

http://: www.studiomelegari.it

E-Mail : lucamelegari@studiomelegari.it



SAFE LM S.R.L.
Società di Ingegneria
REA PR-267306

P.IVA /C.F. 02792160349

Pec: safe_lm@pec.it

MIGLIORAMENTO SISMICO OTTENUTO MEDIANTE DISSIPAZIONE ENERGETICA

INFORMAZIONI E APPROFONDIMENTI

**Valutazioni personalizzate e contestualizzate
di casi specifici
Pianificazione Finanziaria intervento**

CONTATTI :

E-mail : studio@studiomelegari.it
lucamelegari@safelmsrl.eu

Website : <http://studiomelegari.it>

Str.llo Boito 1 bis 43121 PARMA ITALY

Tel. + 39 0521 386153

Brevetto nr. MO2014A00250

Marchio registrato

