

30 maggio 2013/ I.Lab Italcementi – Stezzano (BG)

**Criteri per gli interventi di miglioramento sismico
sugli edifici industriali prefabbricati**



**Prof. Ing. Paolo Riva
Dipartimento di Ingegneria
Università di Bergamo
paolo.riva@unibg.it**

INTRODUZIONE

INTRODUZIONE: DIAGNOSI SUGLI EDIFICI ESISTENTI

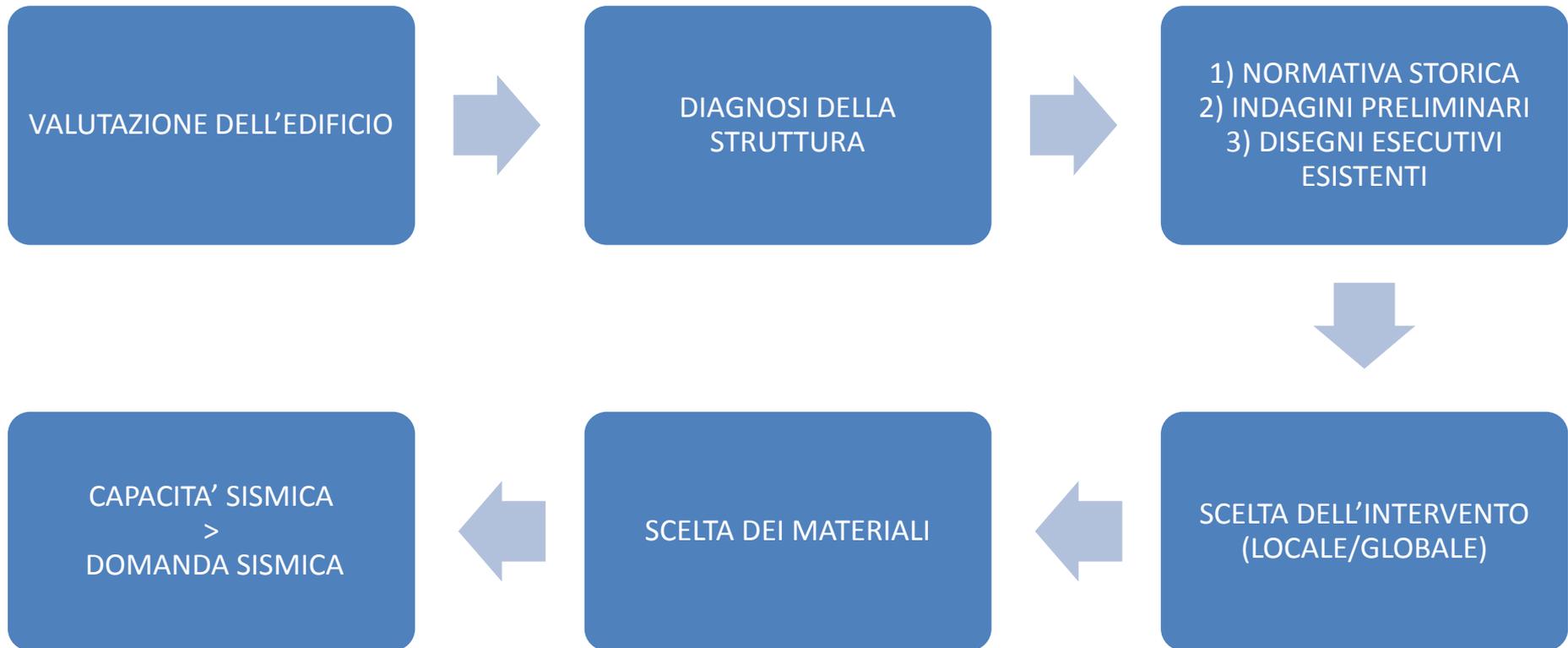
Indagini diagnostiche su numerosi edifici esistenti sull'intero territorio nazionale:

- Scarsa resistenza e duttilità della struttura e dei collegamenti;
- Collasso collegamenti pannello-struttura;
- Martellamento fra elementi adiacenti;
- Mancanza di confinamento e instabilità delle barre d'armatura;



**NECESSITÀ DI INTERVENTI DI
ADEGUAMENTO SISMICO E MIGLIORAMENTO SISMICO**

INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA



TECNICHE DI RINFORZO: PRINCIPI

PRINCIPI E OBIETTIVI

La messa in sicurezza di edifici prefabbricati si base sui seguenti interventi strategici

- ➔ **Confinare la sezione di base dei pilastri – solo se strettamente indispensabile**
- ➔ **Limitare gli spostamenti in sommità per evitare la perdita di appoggio**
- ➔ **Creare nuovi vincoli efficaci**
- ➔ **Impedire la rotazione fuori piano di travi alte e capriate di copertura**
- ➔ **Inserire sistemi di ritenuta antiribaltamento per i pannelli di facciata**
- ➔ **Offrire stabilita' indipendente dalla struttura per le scaffalature**

SOLO PER EDIFICI DANNEGGIATI DA SISMA ED IN ASSENZA DI VALUTAZIONI APPROFONDE, Gli Interventi Devono Mantere lo Schema Statico e la Rigidezza del Sistema Originale per Evitare l'Incremento di Sollecitazioni e il Rischio di Collasso della Struttura

PRINCIPI DI DIMENSIONAMENTO

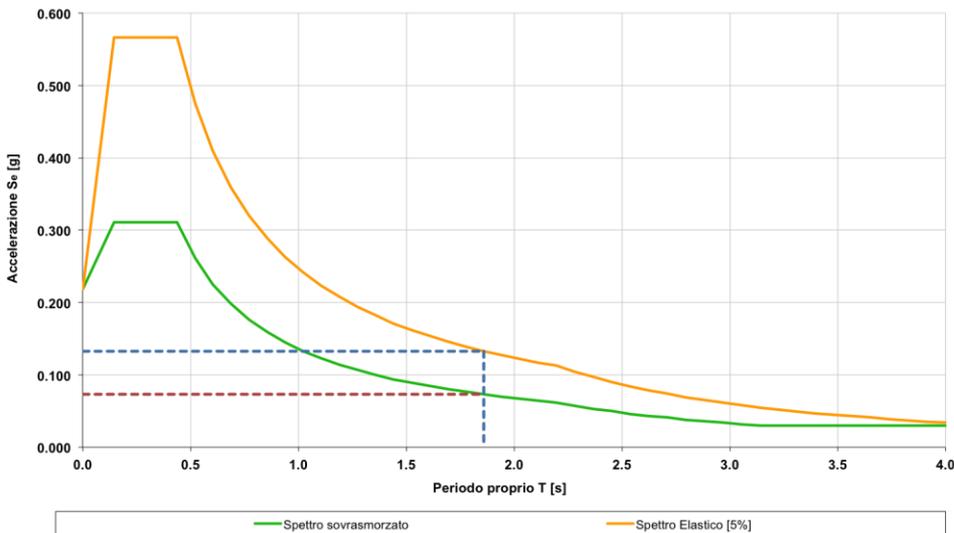
AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: VANTAGGI

- Dispositivi compatibili con la tipologia strutturale tipica della prefabbricazione italiana;
- Il posizionamento dei dispositivi non crea disturbi all'utilizzo;
- Il degrado della resistenza e delle capacità dissipative non sono influenzate dal taglio e di conseguenza da fenomeni del tipo sliding shear e pinching;
- Travi e pilastri non dovrebbero danneggiarsi (ad eccezione della cerniera plastica alla base dei pilastri). Il dispositivo è la fonte principale di dissipazione energetica e pertanto a seguito di un terremoto è l'unico elemento che va sostituito;

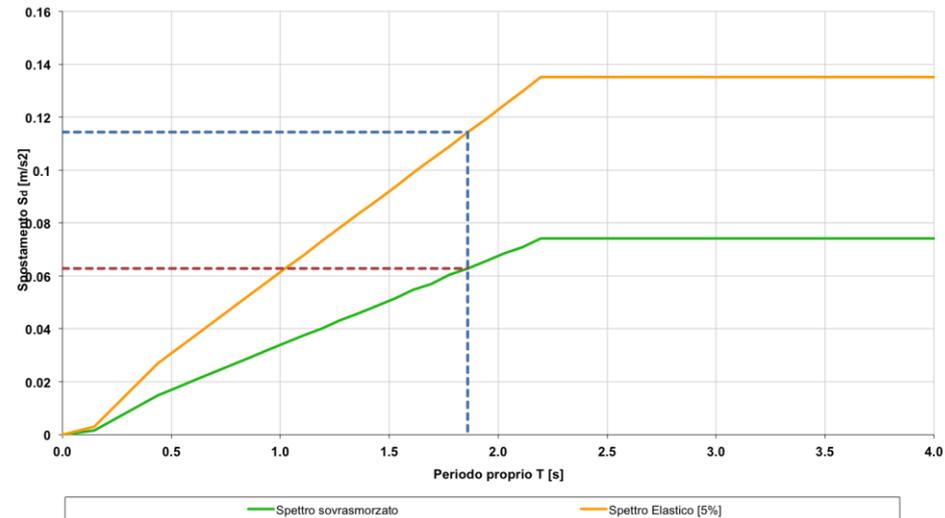
PRINCIPI DI DIMENSIONAMENTO

AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: VANTAGGI

Spettri di risposta in accelerazione (componente orizzontale)



Spettri di risposta in spostamento (componente orizzontale)



- DIMINUIZIONE DELLA PSEUDO ACCELERAZIONE



- DIMINUIZIONE DEL TAGLIO ALLA BASE

- DIMINUIZIONE DELLO SPOSTAMENTO SPETTRALE



- MINORE RICHIESTA DI CAPACITA' DI SPOSTAMENTO

PRINCIPI DI DIMENSIONAMENTO

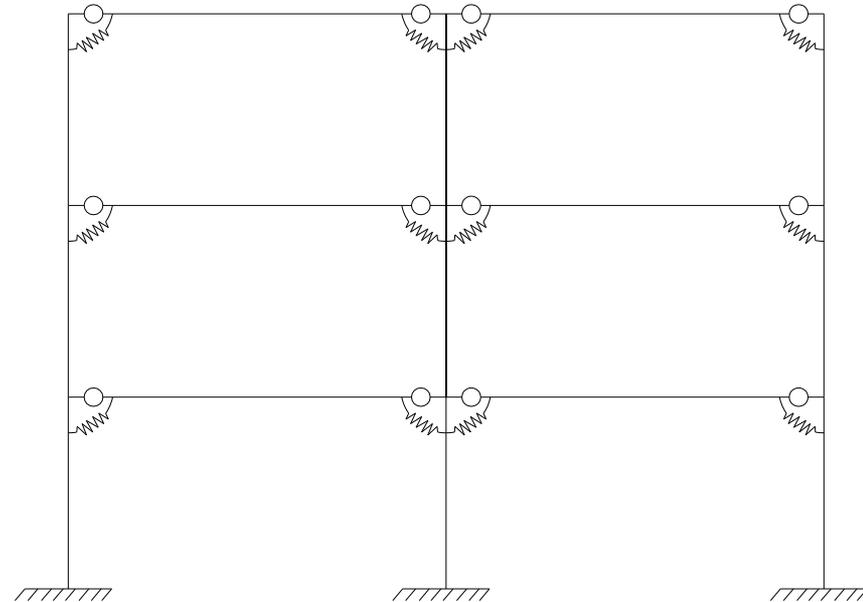
AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE

I giunti ad emulazione del calcestruzzo gettato in opera non si prestano per l' utilizzo di questa tipologia di dissipatori:

- Prefabbricati a emulazione di telai monolitici poco diffusa in Italia;
- Danni causati dalla formazione di cerniere plastiche in alcuni elementi;
- Il dispositivo entra in funzione soltanto una volta raggiunte sufficienti deformazioni (con conseguenti danni) nelle estremità delle travi;



**PREFABBRICATI A TELAIO
 INCERNIERATO**



PRINCIPI DI DIMENSIONAMENTO

AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: OSSERVAZIONI

MAGGIORE RIGIDEZZA

**INCREMENTO DI ENERGIA
DISSIPATA**



- Diminuzione dei valori di spostamento in testa del telaio
- Diminuzione delle sollecitazioni alla base del pilastro
- Soddisfacimento delle verifiche di θ



- Diminuzione del periodo proprio della struttura;
- Aumento delle sollecitazioni nella struttura compensato dal cambio di schema statico

TIPOLOGIE DI COLLEGAMENTO

- ➔ • Collegamento tra pilastro e pavimento industriale
- ➔ • Rinforzo dei pilastri alla base
- ➔ • Collegamento orizzontale in sommità' dei pilastri
- ➔ • Collegamento tra pilastri e travi
- ➔ • Collegamento di elementi in copertura
- ➔ • Ritenute dei pannelli di facciata
- ➔ • Controventamento nel piano di copertura

RINFORZO PILASTRO - FONDAZIONE

RINFORZO PILASTRO - FONDAZIONE

- PROBLEMI:

CEDEVOLEZZA ROTAZIONALE
ELEVATA PER I PLINTI A BICCHIERE



- Mancanza di collegamento fra i plinti
- Liquefazione del terreno

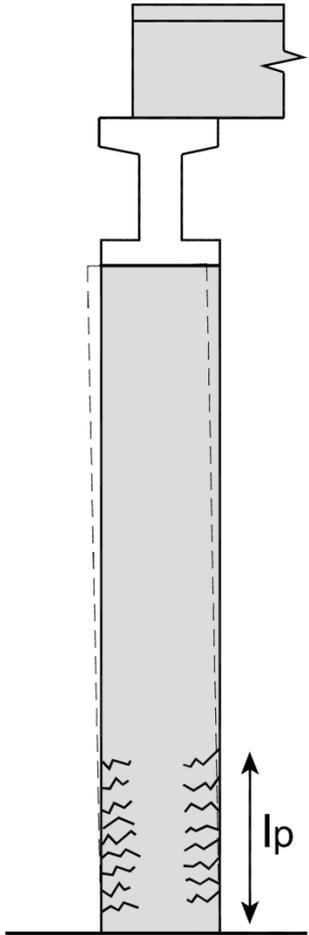
CASI DI APPLICAZIONE:

- Evidente rotazione rigida del pilastro
- Pavimentazione a contatto con il pilastro danneggiata
- Pavimentazione non in battuta contro il pilastro per la presenza di un giunto

RINFORZO DI PILASTRI

RINFORZO DI PILASTRO

- POSSIBILI DANNI



- Strutture prefabbricate con dissipazione concentrata nei pilastri;
- Possibile formazione di una cerniera plastica alla base dopo un' azione sismica;
- Necessità di riparazione o di aumento di duttilità;

RINFORZO DI PILASTRO

- TECNICHE PER L' ADEGUAMENTO E IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEI PILASTRI
 - **STRISCE IN FRP:**
Problemi legati alla perdita di aderenza tra il substrato in calcestruzzo e il nuovo materiale
 - **INCAMICIATURA IN HPFRC:**
Spessore della camicia di dimensioni contenute pari a 30-40 mm
 - **INCAMICIATURA IN C.A.:**
Spessore della camicia, governato dal copriferro, anche maggiore di 70-100 mm, con aumento della geometria delle sezioni

RINFORZO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-PILASTRO

RINFORZO DEL COLLEGAMENTO IN COPERTURA

• PROBLEMI IN COPERTURA



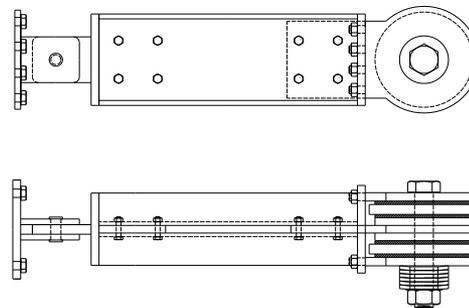
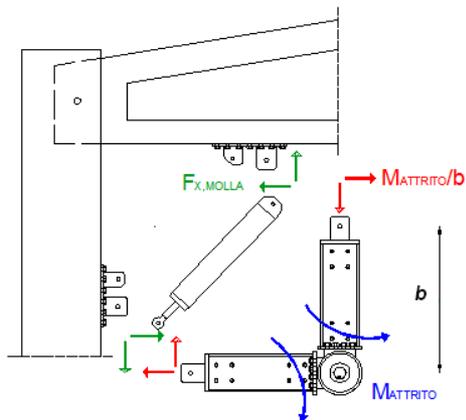
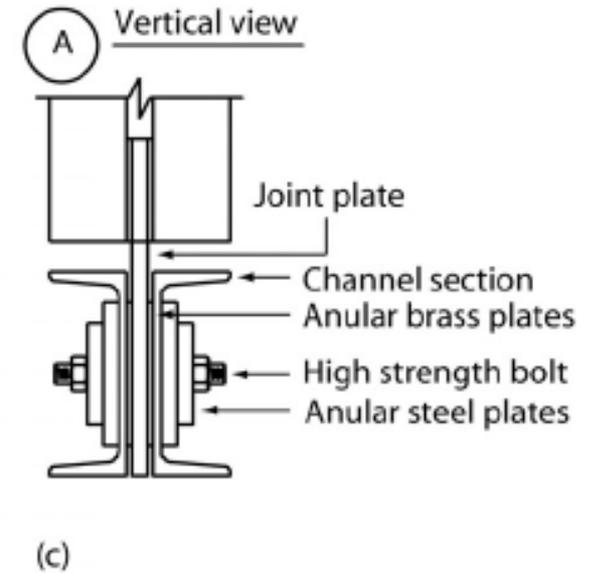
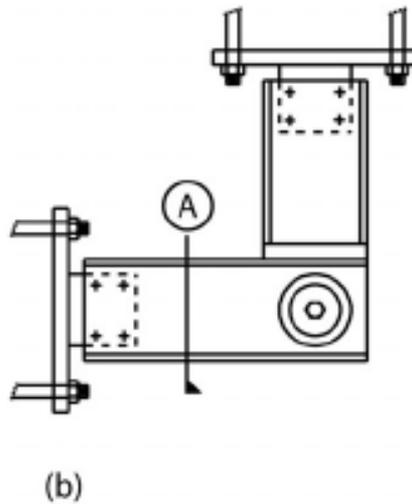
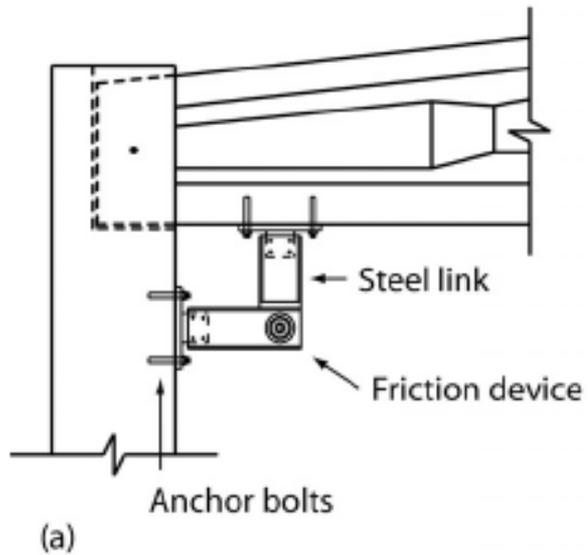
**MASSA PREVALENTEMENTE
CONCENTRATA IN COPERTURA**



**COLLEGAMENTI NON PROGETTATI
PER SOPPORTARE LE AZIONI
ORIZZONTALI**

- Miglioramento del vincolo trave-pilastro per impedire la caduta della trave dal pilastro
- Sostituzione del perno esistente nel caso in cui esso non sia sufficiente
- Inserimento di un vincolo nel caso in cui la trave fosse semplicemente appoggiata

AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: DISSIPATORE AD ATTRITO



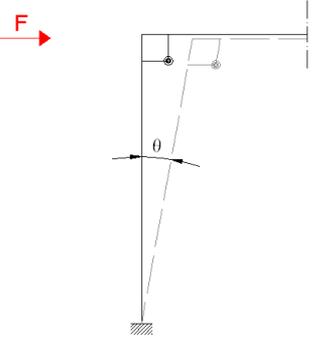
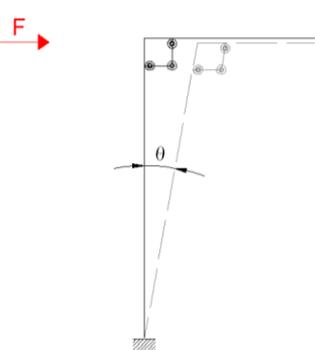
Belleri et. Al. (2010)

VANTAGGI

- Semplicità;
- Sostituibilità;
- Possibilità di aggiungere un elemento di ricentraggio nella diagonale;

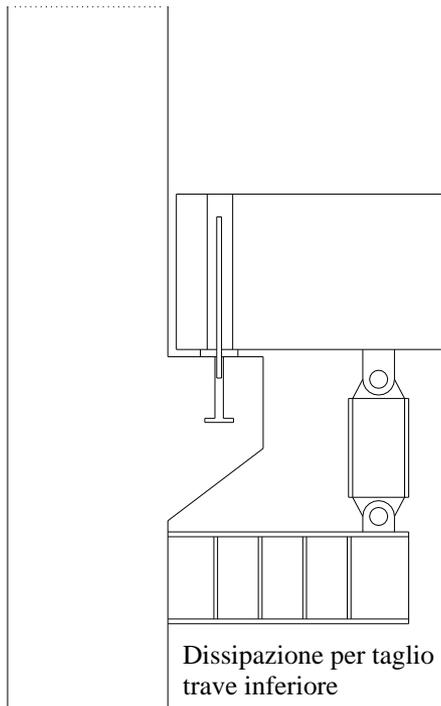
AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: DISSIPATORE AD ATTRITO

POSSIBILI CONFIGURAZIONI

<p>1.</p> 	<p>UN UNICO ELEMENTO AD ATTRITO</p> <p>L'elemento ad attrito posto sulla congiungente i due bracci determinerà un momento di connessione crescente fino al valore dettato dall'attrito statico. Una volta oltrepassato tale valore si potranno avere dei movimenti relativi mantenendo un momento di connessione associato al coefficiente di attrito dinamico.</p>
<p>2.</p> 	<p>DUE O TRE ELEMENTI AD ATTRITO</p>

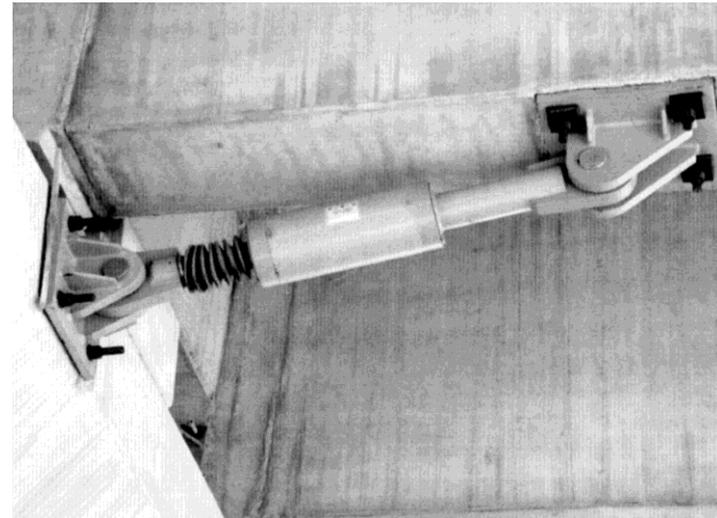
AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE: DISSIPATORE AD ATTRITO

SISTEMA DI DISSIPAZIONE A TAGLIO



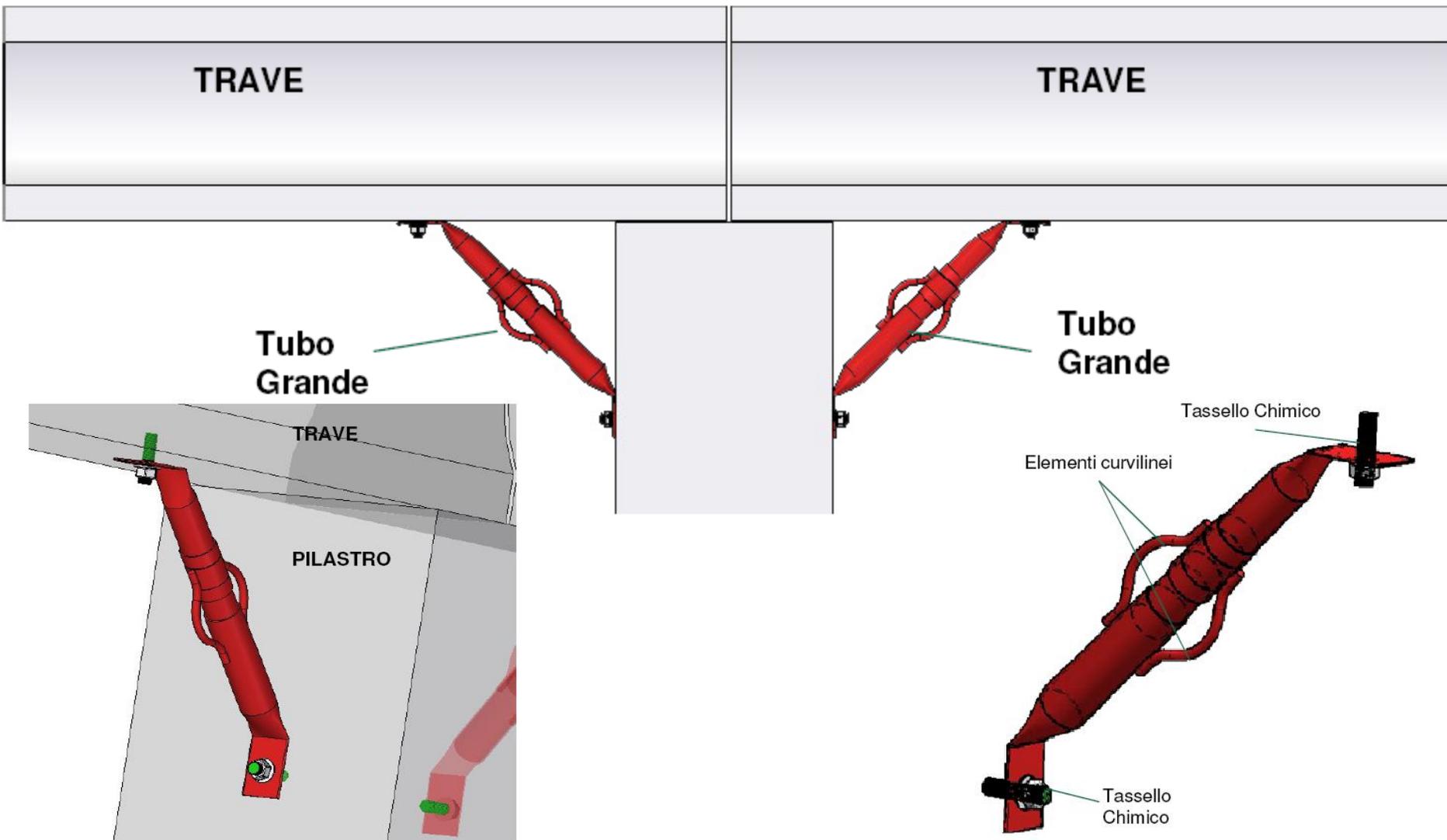
- Dispositivi attivati dallo spostamento;

SISTEMA DI SMORZAMENTO VISCOSO

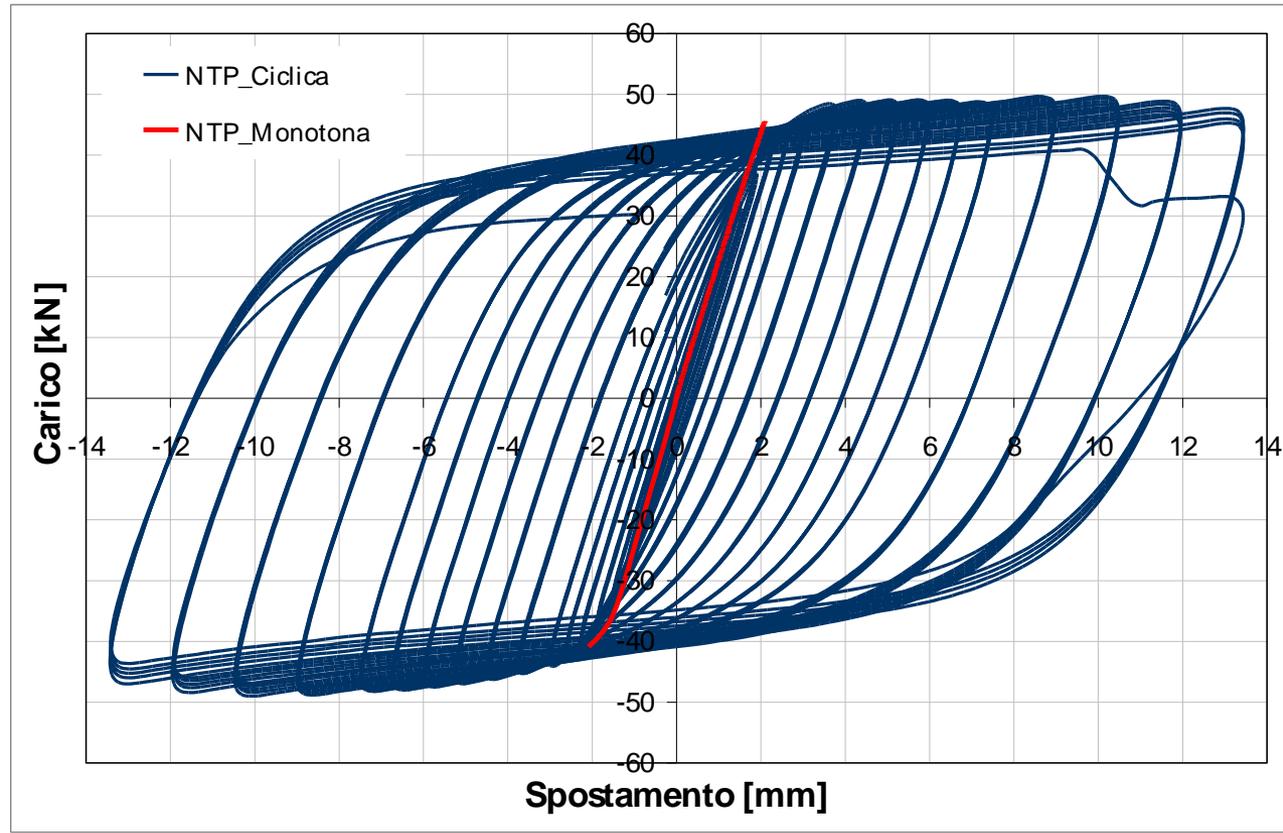
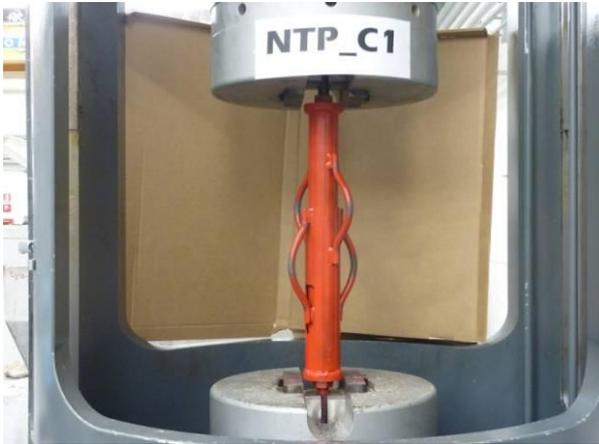


- Dispositivi attivati dalla velocità relativa tra due punti;
- La risposta forza-spostamento dipende solitamente dalla frequenza del moto;
- le forze generate nelle strutture che li ospitano sono usualmente fuori fase rispetto alle forze interne risultanti dall'azione dell'evento sismico;

COLLEGAMENTO MEDIANTE ELEMENTI LINEARI DISSIPATIVI



COLLEGAMENTO MEDIANTE ELEMENTI LINEARI DISSIPATIVI



RINFORZO CONNESSIONE TRAVE - TEGOLO

RINFORZO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-TEGOLO

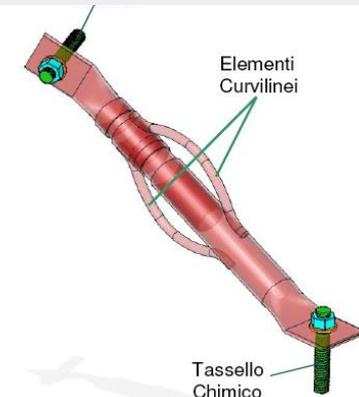
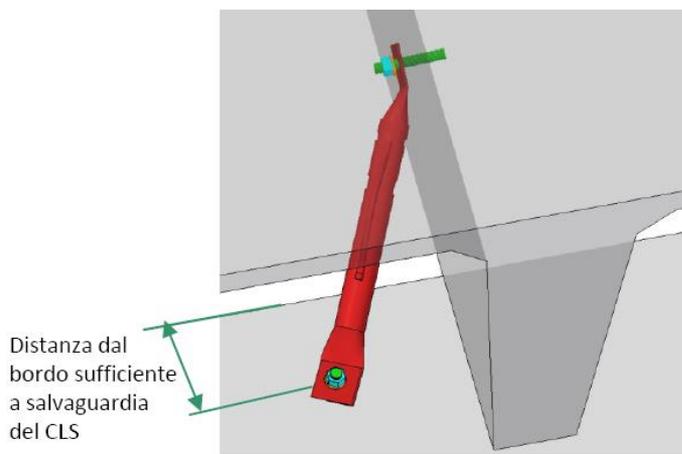
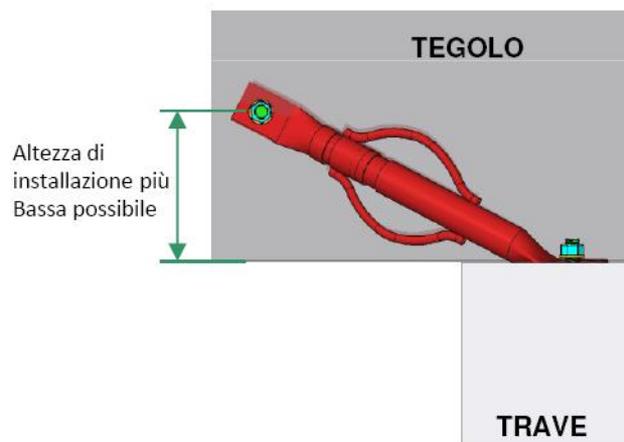
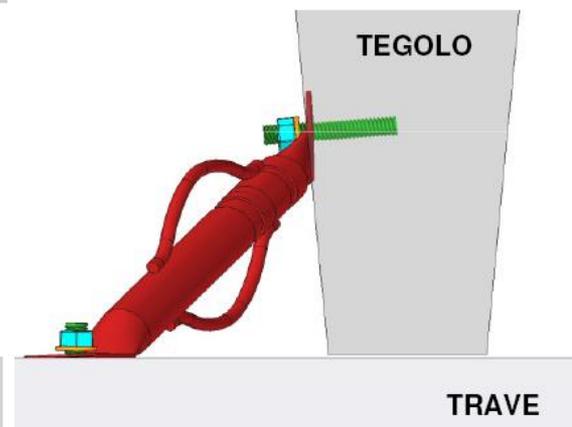
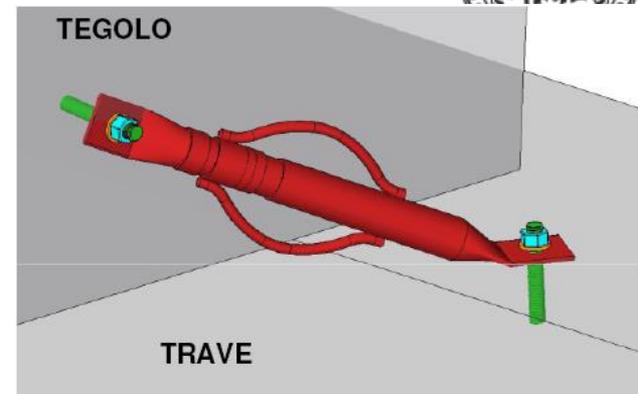
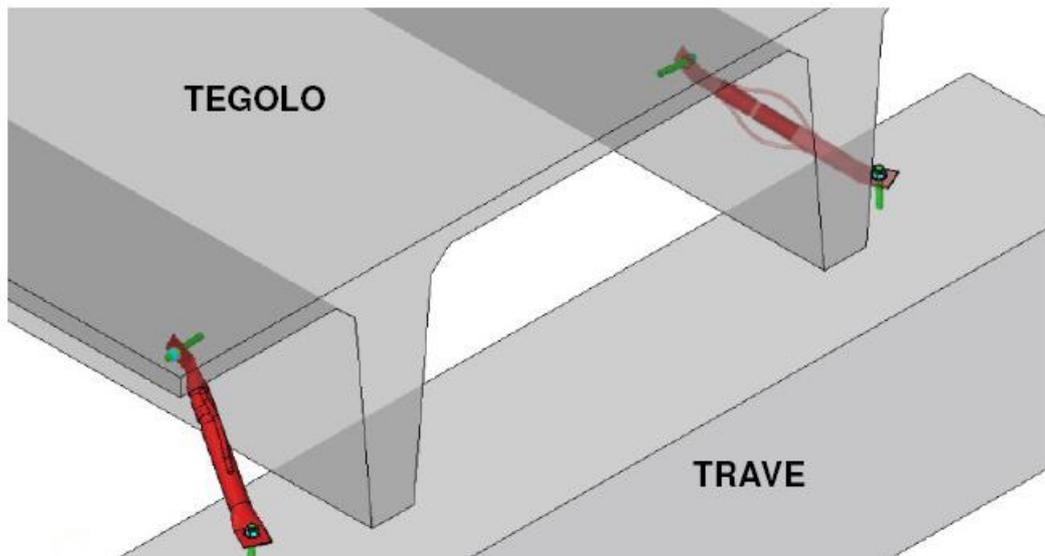
- PROBLEMI DI PERDITA DELL'APPOGGIO



GLI ELEMENTI NON SONO IN GRADO DI SOSTENERE GLI SPOSTAMENTI IMPOSTI DAL SISMA

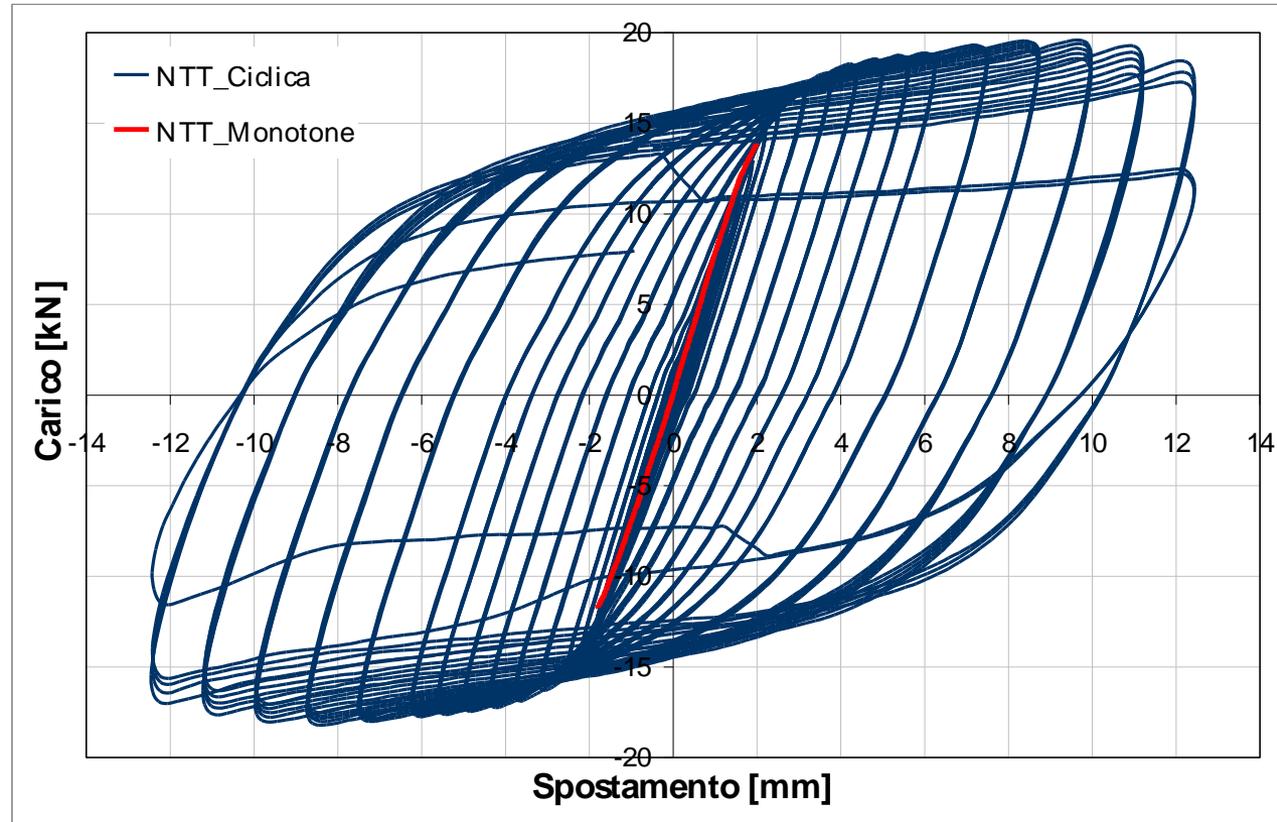
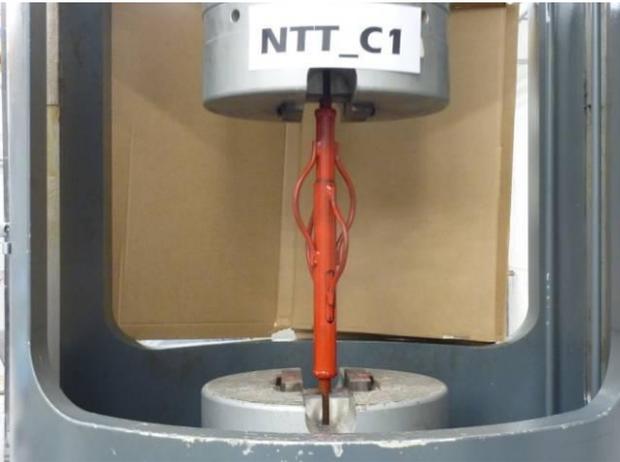
- Miglioramento del vincolo trave-pilastro per impedire la caduta del tegolo dalla trave
- Sostituzione del perno esistente nel caso in cui esso non sia sufficiente
- Inserimento di un vincolo nel caso in cui il tegolo fosse semplicemente appoggiato

COLLEGAMENTO TRAVE-TEGOLO UTILIZZO DI ELEMENTI DISSIPATIVI



COLLEGAMENTO TRAVE-TEGOLO

UTILIZZO DI ELEMENTI DISSIPATIVI



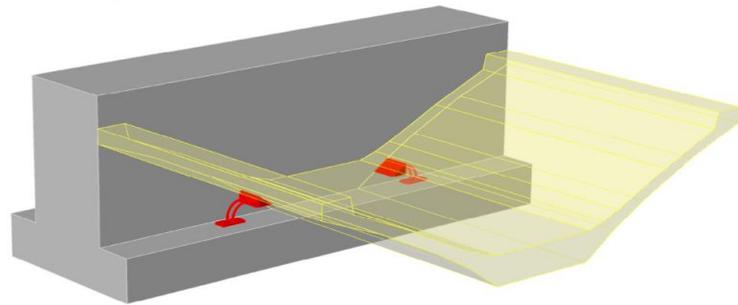
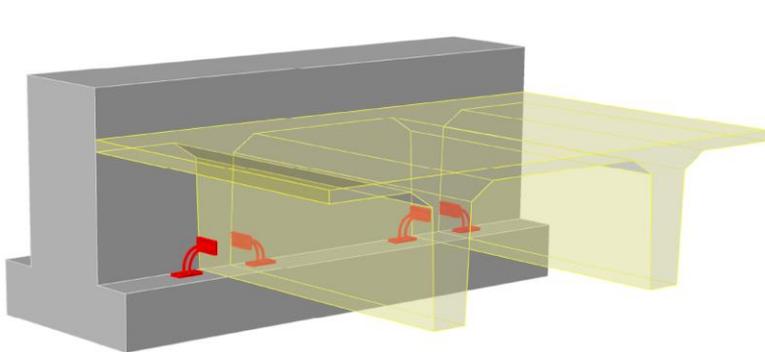
COLLEGAMENTO TRAVE-TEGOLO

- AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE

DISSIPATORE METALLICO

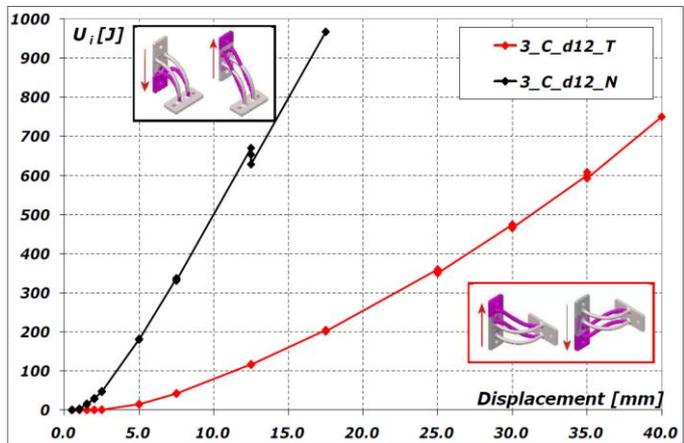
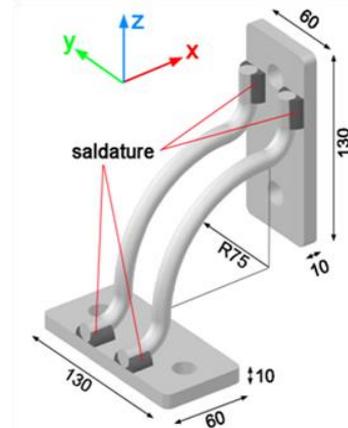
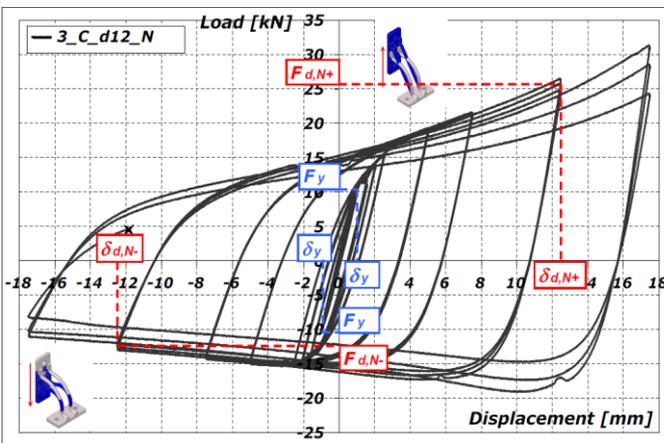
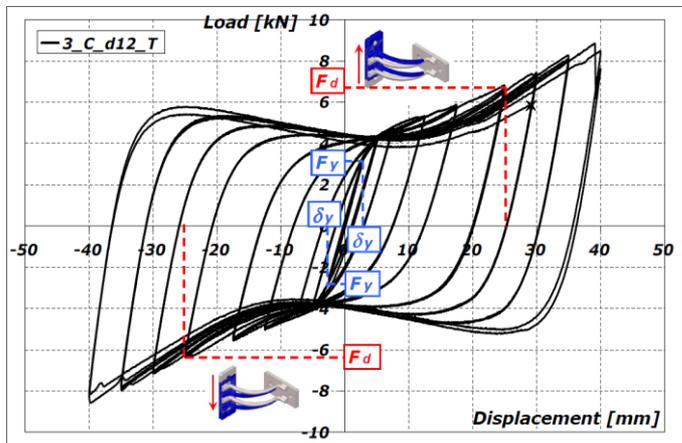


la plasticizzazione degli elementi curvilinei garantisce la possibilità di sviluppare elevate deformazioni tra gli elementi collegati, limitando allo stesso tempo l'azione trasmessa dal tegolo alla trave in caso di un evento sismico

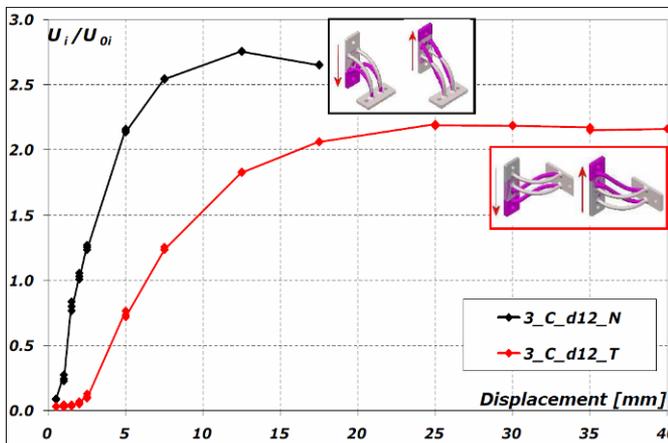


COLLEGAMENTO TRAVE-TEGOLO

- AGGIUNTA DI MECCANISMI DI DISSIPAZIONE



Energia dissipata assoluta

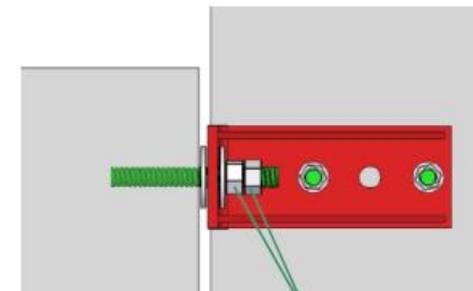
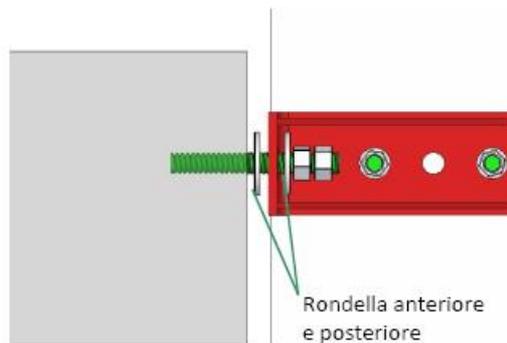
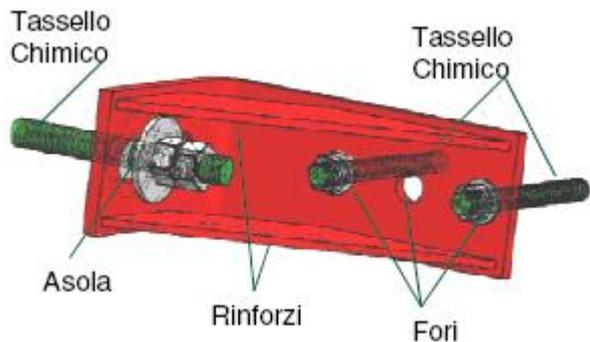
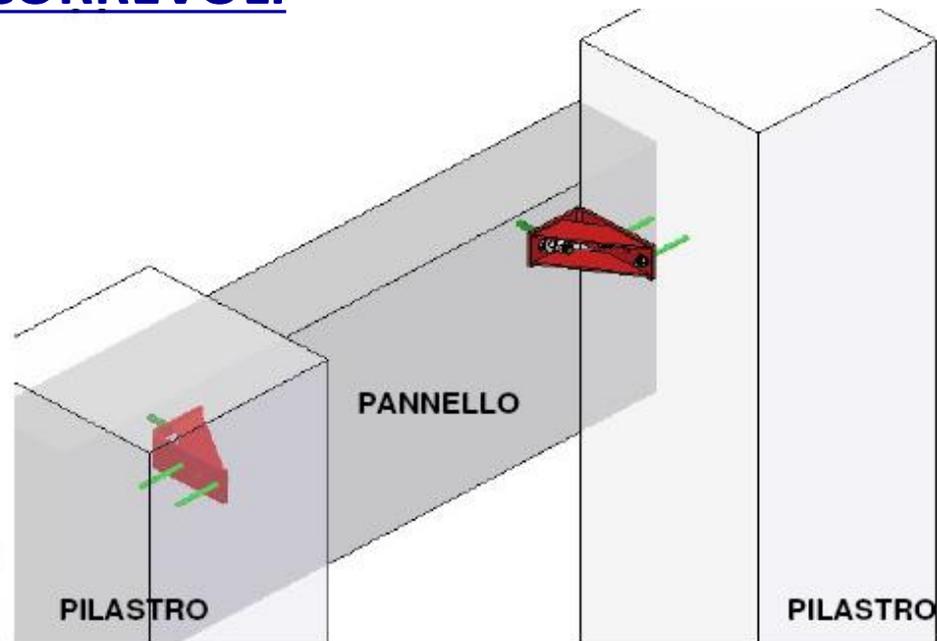
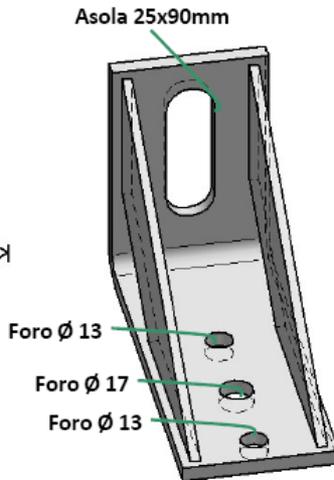
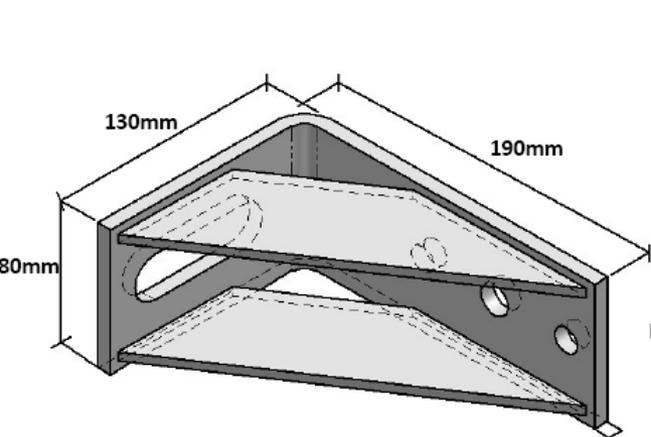


Energia dissipata adimensionalizzata

RINFORZO DEL COLLEGAMENTO DI PANNELLI

COLLEGAMENTO DI PANNELLI ORIZZONTALI MEDIANTE SQUADRETTE IN ACCIAIO SCORREVOLI

Geometria di base

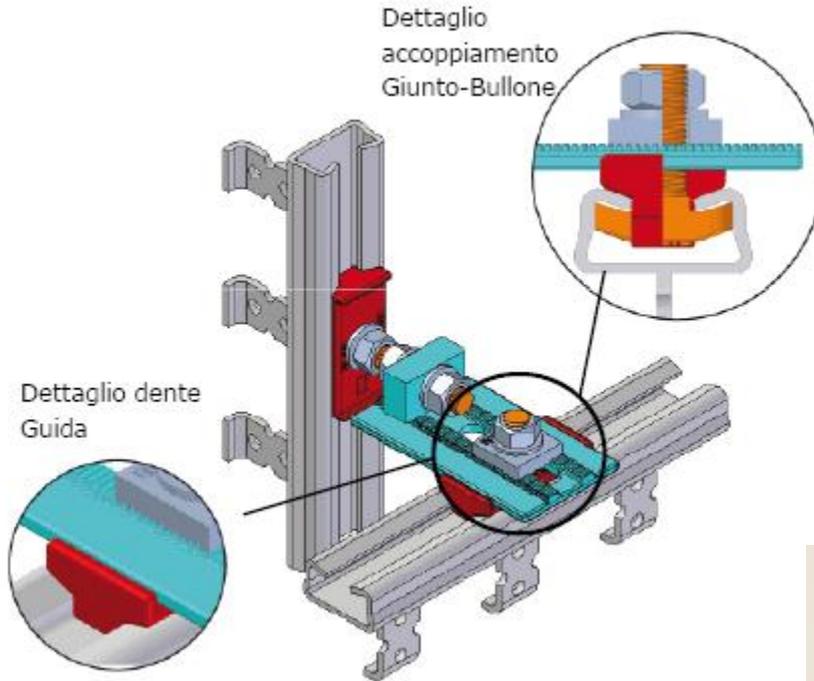


Messa in sicurezza del serraggio con doppio dado

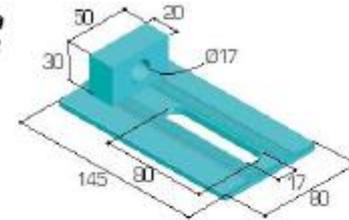
COLLEGAMENTO DI PANNELLI

ORIZZONTALI O VERTICALI

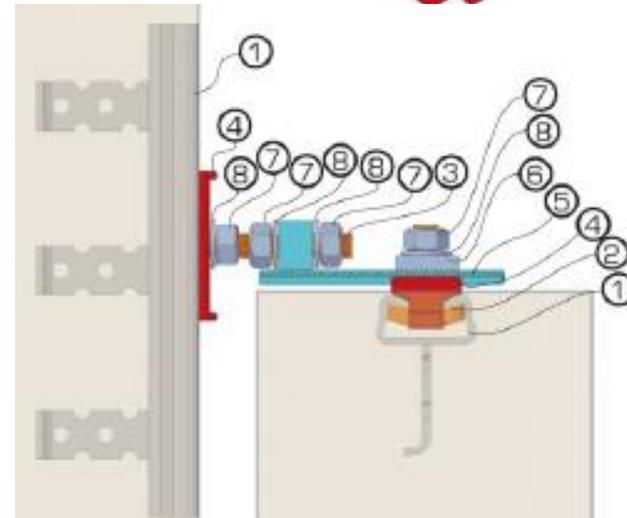
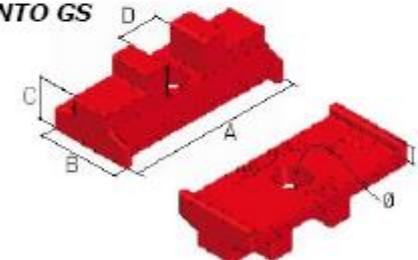
MEDIANTE VINCOLI IN ACCIAIO SCORREVOLI



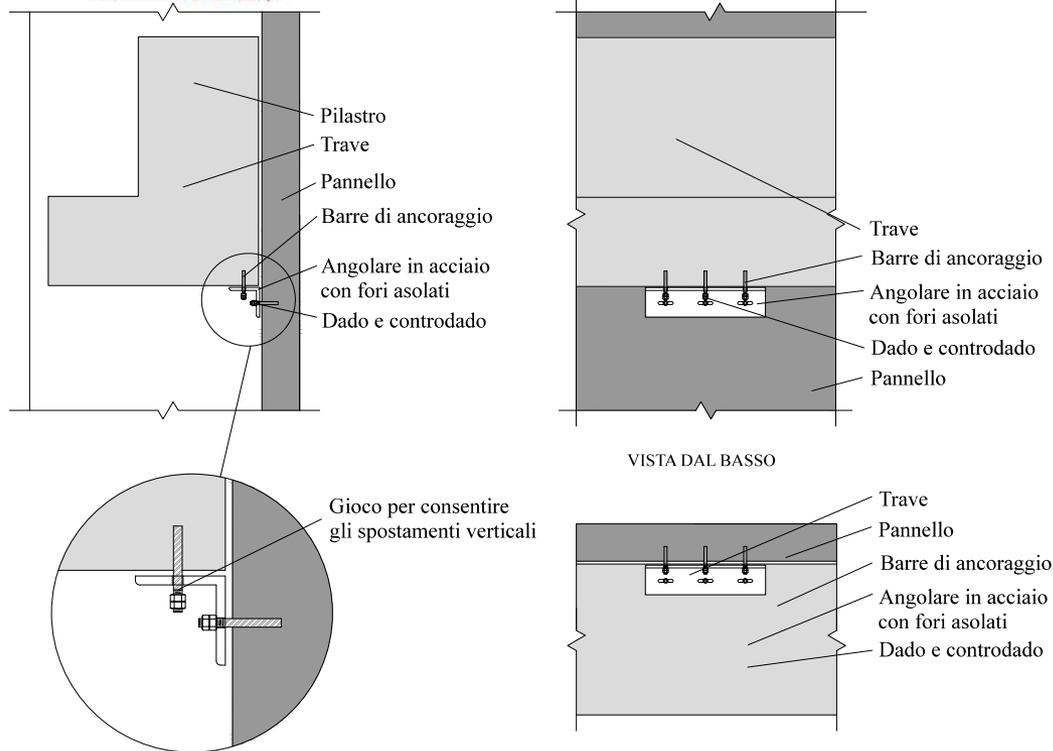
Piastra EDIL S



GIUNTO GS



COLLEGAMENTO DI PANNELLI VERTICALI MEDIANTE SQUADRETTE IN ACCIAIO SCORREVOLI



Vantaggi

- Semplicità esecutiva.
- Velocità di messa in opera.
- Mantenimento dello schema statico originale.
- Utilizzabile come soluzione di pronto intervento.

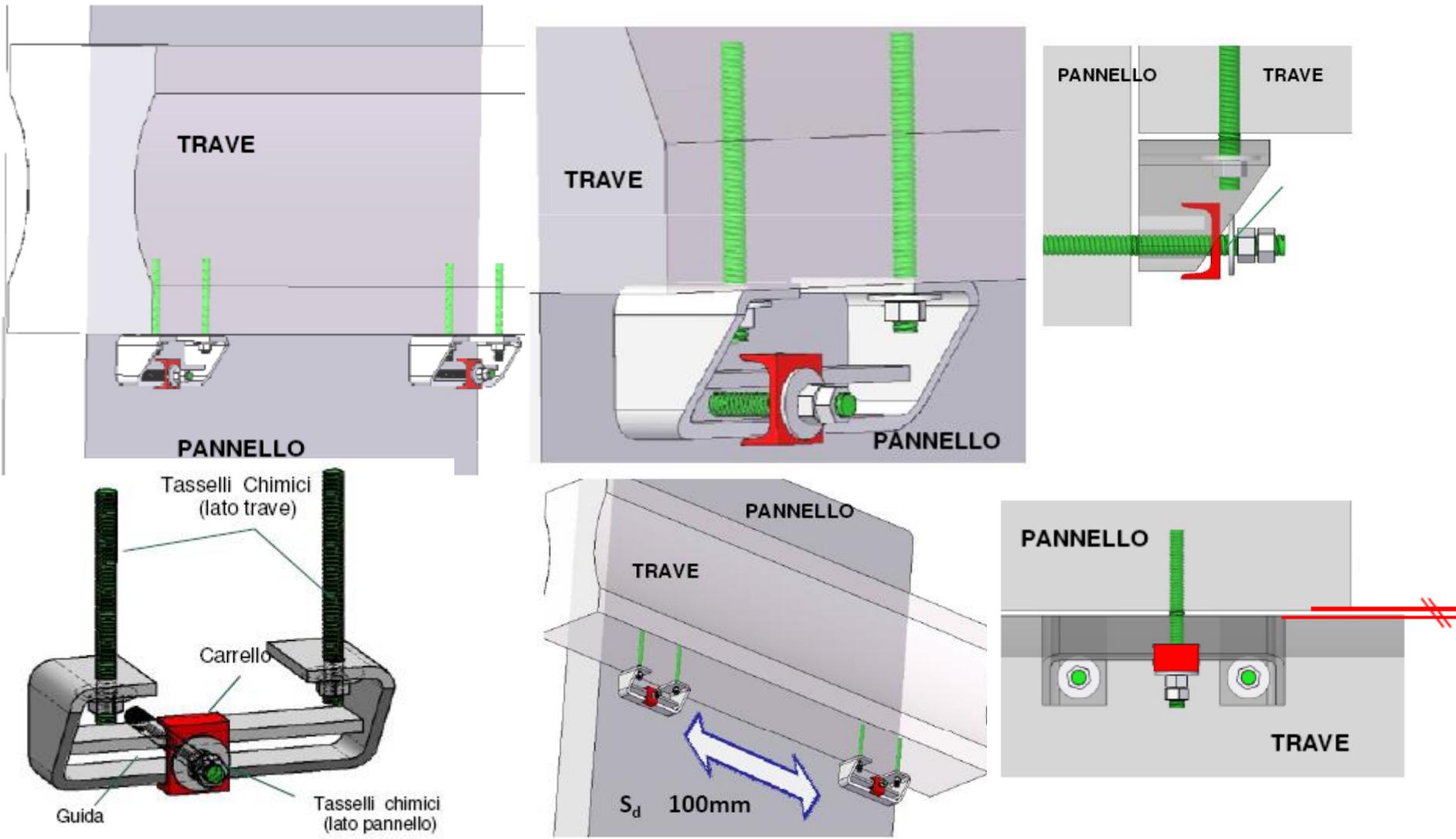
Svantaggi

- Data la presenza di fori asolati, le squadrette risultano piuttosto ampie, e di costo relativamente elevato

Dimensionamento

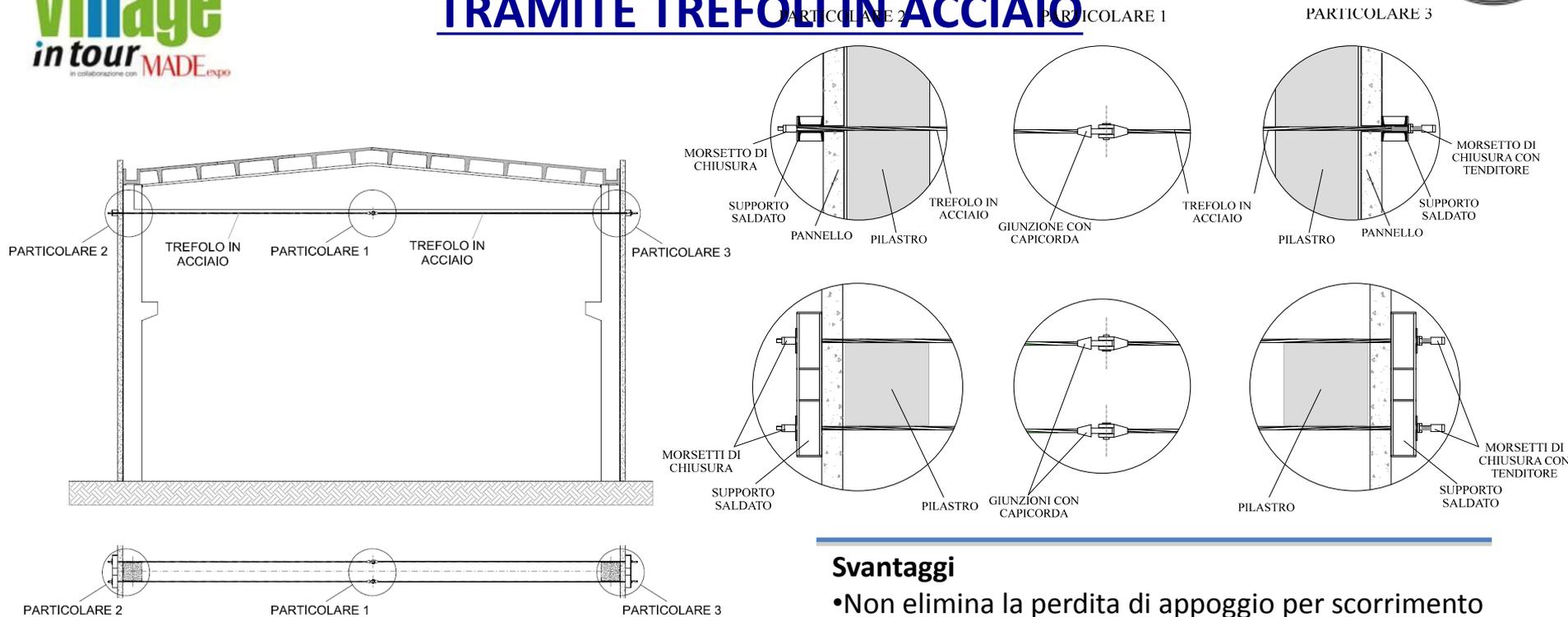
- Le asole dovrebbero avere lunghezza pari al doppio dello spostamento relativo previsto tra pannelli e elemento di supporto
- Si utilizza metà della massa del pannello per il dimensionamento della forza di progetto
- $f_i = w_i / 2 \cdot S_a(T_1) / g$ La forza f_i deve quindi essere suddivisa per il numero di elementi presenti sullo stesso pannello

COLLEGAMENTO DI PANNELLI VERTICALI MEDIANTE ELEMENTI IN ACCIAIO SCORREVOLI



INTERVENTI GLOBALI

COLLEGAMENTO TRA PILASTRO E PILASTRO TRAMITE TREFOLI IN ACCIAIO



Vantaggi

- E' impedita la perdita di appoggio della trave causata da eventuali spostamenti relativi dei due pilastri collegati dalla trave stessa.

Dimensionamento

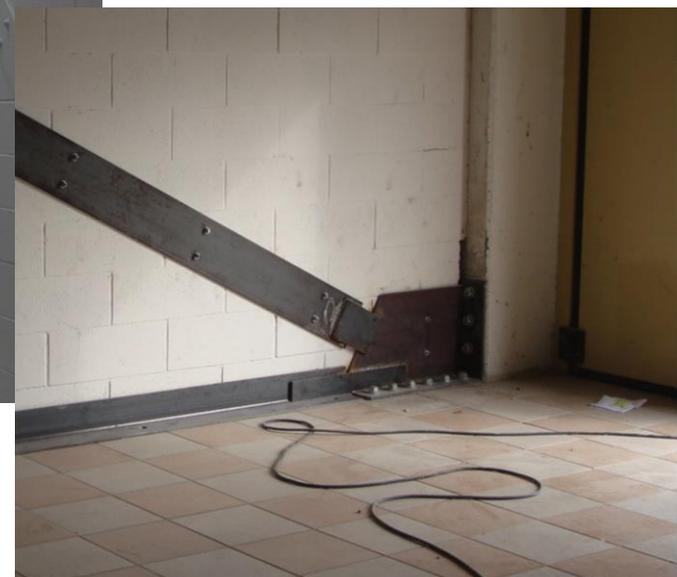
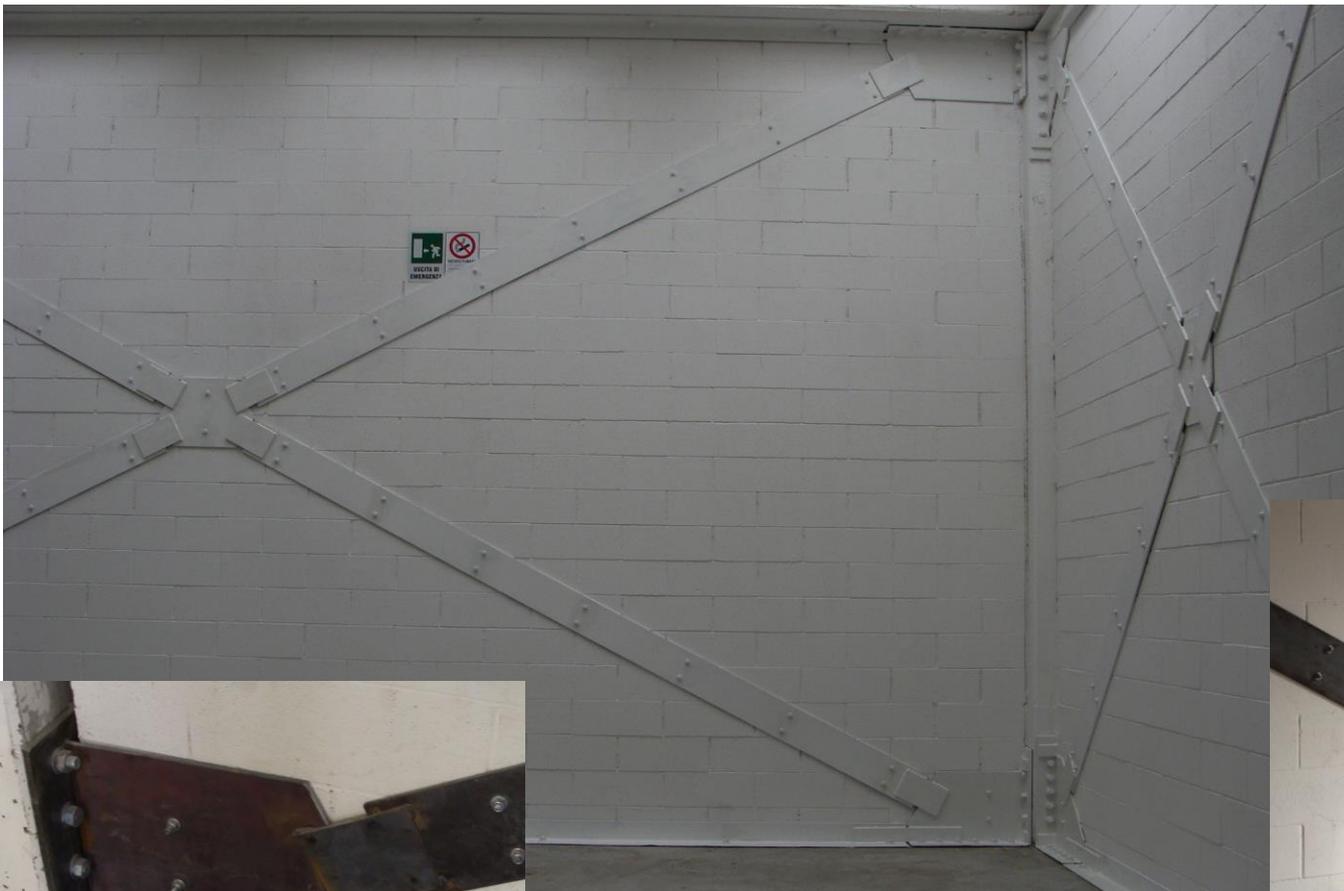
- Tesatura solo per il recupero dei fuori piombo
- $f_i = w_i \cdot S_a(T_1) / g$

Svantaggi

- Non elimina la perdita di appoggio per scorrimento della trave
- Può aumentare la collaborazione pannelli-struttura
- Non è efficace per strutture con più di una campata nella direzione di sviluppo della catena
- Il pannello potrebbe subire azioni di punzonamento
- Non si assicura il ribaltamento di tutti i pannelli
- Induce un'azione orizzontale aggiuntiva al pilastro
- Si prefigura come un intervento temporaneo

ESEMPIO DI INTERVENTO

Utilizzo di pareti in blocchi come controventi



Riparazione Appoggi Travi



Connessione tegolo-pannello



Connessione tegolo-tegolo (dalla copertura)



Connessione Tegolo-Trave



Connessione Trave-Pilastro ed utilizzo di Trefoli



REFERENZE

- **Belleri A., Riva P., Bolognini D., Nascimbene R. 2010.** *“Metodi di protezione sismica di strutture prefabbricate mediante dispositivi di dissipazione”*, 18° Congresso C.T.E. Brescia 11–13 Novembre 2010.
- **Paolo Riva, Andrea Belleri, Mauro Torquati, 2010.** *“Progettazione di strutture prefabbricate monopiano”*, Industrie manufatti cementizi, Vol. 16, pp. 10-16.
- **Paolo Riva, Andrea Belleri, Mauro Torquati, 2011.** *“Problematiche progettuali legate al comportamento sismico di alcune tipologie di connessioni di strutture prefabbricate”*, Industrie manufatti cementizi, Vol. 18, pp. 26-34.
- **Paolo Riva, Andrea Belleri, Mauro Torquati, 2011.** *“Analisi sismica di strutture prefabbricate”*, Industrie manufatti cementizi, Vol. 20, pp. 28-37.
- **Mauro Torquati, Andrea Belleri, Paolo Riva, 2012.** *“Progettazione degli impalcati prefabbricati per il trasferimento di forze orizzontali”*, Industrie manufatti cementizi, Vol. 23, pp. 20-29. ISSN 2225-6040.
- **Zheng W., Oliva M. G. 2005.** *“A Practical Method to Estimate Elastic Deformation of Precast Pretopped Double-Tee Diaphragms”*, PCI Journal, March-April 2005, pp. 1-12.