



**Lunedì 5 dicembre ore 14.15  
Cittadella dell'Edilizia**

Via Banchina dell'azoto, 15 - Marghera

in collaborazione con:



**DICEA**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale  
Università di Padova

---

## Interventi di miglioramento sismico su edifici prefabbricati in calcestruzzo



ing. Lorenzo De Stefani

e.mail: [lorenzo.destefani@dicea.unipd.it](mailto:lorenzo.destefani@dicea.unipd.it)

Università di Padova

Dipart. Ingegneria Civile Edile e Ambientale

# Distribuzione geografica degli edifici prefabbricati

- Nel 2010 sono circa 655 mila sul territorio nazionale

Le unità immobiliari della tipologia Capannoni, censite negli archivi catastali nella categoria catastale D/1 e D/7, che comprende gli immobili a destinazione Opifici e Industrie, nel 2010 sono circa 655 mila sul territorio nazionale.

La presenza di Capannoni è preponderante nelle aree del Nord (circa il 60%) e scarsa al Sud e nelle Isole (15,7% e 6,5% rispettivamente), nel Centro si collocano il 18% di questa tipologia di immobili destinati al settore produttivo (Figura 29).

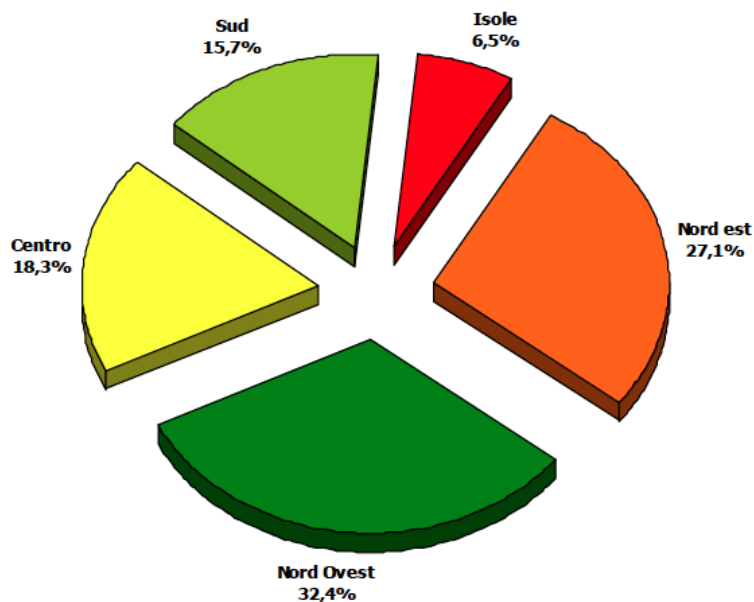
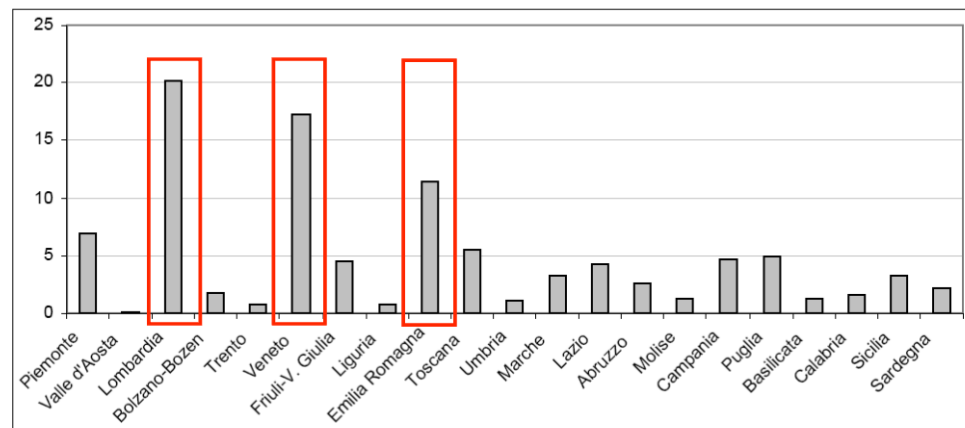
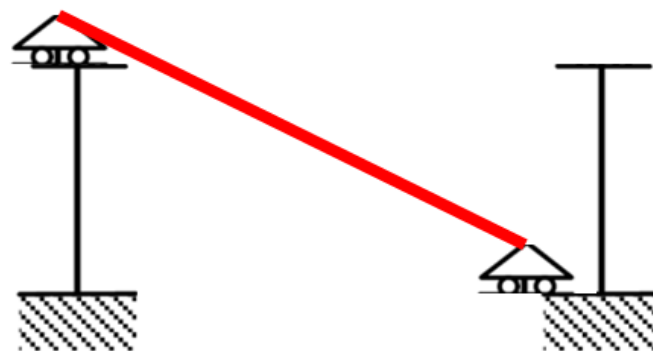


Grafico 3 – Fabbricati non residenziali per regione. Anno 2000 (composizione percentuale)



# Strutture progettate in assenza di azioni orizzontali sismiche



Coperture prefabbricate semplicemente appoggiate sulle strutture perimetrali

# Strutture progettate in assenza di azioni orizzontali sismiche

Nonostante la diffusione e la varietà degli edifici industriali, è possibile individuare delle carenze comuni:

- ✓ Assenza di unione meccanica tra gli elementi strutturali, ricorrendo sovente all'attrito con meccanismo molto vulnerabile nei confronti del sisma e strutture molto sensibili ai fenomeni di perdita di appoggio:
  - connessione elementi orizzontali-verticali (trave-pilastro)
  - connessione tra elementi orizzontali (copertura-trave)
- ✓ Collegamento meccanico trave-pilastro poco efficace (ad esempio spessori di copriferro ridotti nel caso di utilizzo di spinotto metallico)

# Strutture progettate in assenza di azioni orizzontali sismiche

...

- ✓ Inadeguatezza della connessione del sistema di tamponatura esterna degli edifici prefabbricati (pannelli prefabbricati in c.a. ed alleggeriti) alla struttura
- ✓ Crollo di sistemi di scaffalatura tipicamente contenuti negli edifici industriali o danni indotti alle strutture che li ospitavano in quanto privi di sistemi di controventamento o perché indotti al collasso dal loro contenuto
- ✓ Carenze in termini di resistenza e/o duttilità nei sistemi resistenti verticali e nei sistemi di fondazione a causa di progettazione in accordo a norme obsolete o, comunque, non sismiche

# Quadro Normativo

- **D.M. 14/01/2008** *“Norme tecniche per le costruzioni”*
- **Circolare 2 febbraio 2009** - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- **OPCM 3274/2003 – 3431/2005 – All.2** - *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*
- **CNR 10025/98** - *Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per strutture costruite con sistemi industrializzati*
- **D.M. LL.PP. 03/12/1987** *“Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”*
- **Circ. LL.PP 16/03/1989** *“Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”*
- **CNR 10025/84** *“Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per strutture costruite con sistemi industrializzati”*



# Quadro Normativo

## DM 1987 – Circ. 1989

**D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987:** *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*

**Circolare LL.PP. 16 Marzo 1989:** *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*

Consente appoggi basati sull'attrito in  
zona non sismica.

### Appoggi (2.4.1)

*Gli appoggi vanno calcolati tenendo conto delle condizioni peggiori (tolleranza di produzione e montaggio, resistenze elementi collegati), tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti. Per elementi di solaio o simili deve essere garantita una profondità dell'appoggio, a posa avvenuta, non inferiore a 3 cm se e' prevista in opera la formazione della continuita' dell'unione, e non inferiore a 5 cm se definitivo. Per appoggi discontinui (nervature, denti) i valori precedenti vanno raddoppiati.*

*Per le travi, la profondità minima dell'appoggio definitivo deve essere non inferiore a 8 cm +  $L/300$ , con  $L$  la luce netta della trave.*

$$\left\{ \begin{array}{ll} > L=10\text{m} & \rightarrow \geq l_p \approx 11,33 \\ > L=20\text{m} & \rightarrow \geq l_p \approx 15 \end{array} \right.$$

*In zona sismica non sono consentiti appoggi nei quali la trasmissione di forze orizzontali sia affidata al solo attrito. Appoggi di questo tipo sono consentiti ove non venga messa in conto la capacità di trasmettere azioni orizzontali; l'appoggio deve consentire spostamenti relativi secondo quanto previsto dalle norme sismiche.*

*Per le costruzioni in zona sismica le unioni tra elementi devono essere in grado di assicurare all'insieme strutturale una adeguata duttilità di comportamento.*

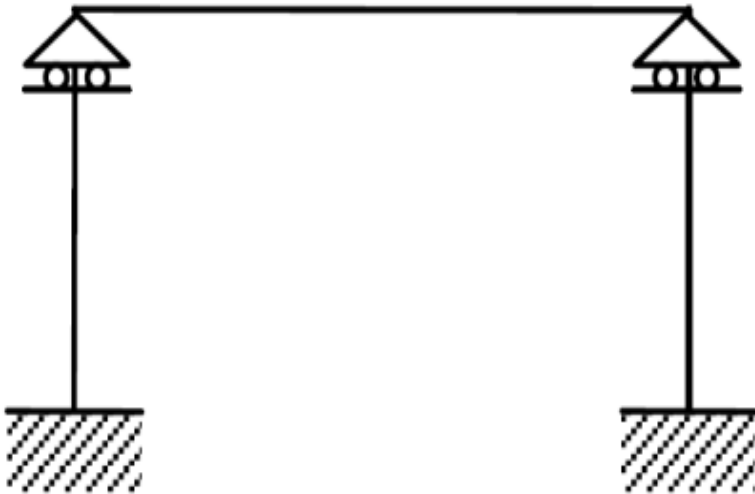
*Per gli orizzontamenti in zona sismica, gli elementi prefabbricati devono avere almeno un vincolo che sia in grado di trasmettere le forze orizzontali a prescindere dalle resistenze di attrito. Non sono ammessi vincoli a comportamento fragile. Quando si assuma l'ipotesi di comportamento a diaframma gli elementi dovranno essere adeguatamente collegati tra di loro e con le travi o i cordoli di testata e laterali.*

# Quadro Normativo

## Appoggio per attrito

**CNR 10025/98** *“Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per strutture costruite con sistemi industrializzati”*

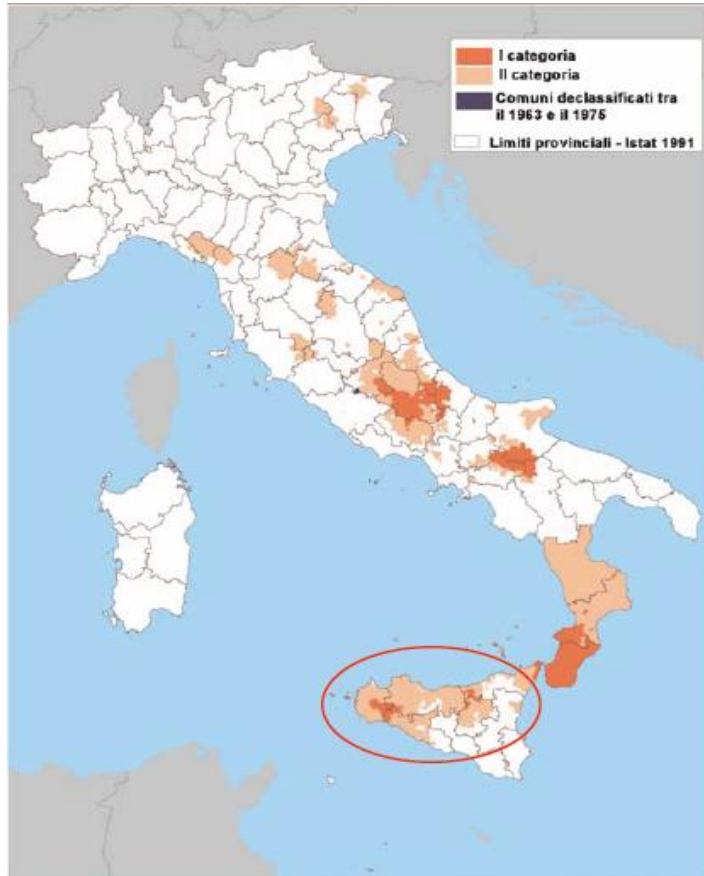
Consente appoggi basati sull'attrito in zona non sismica



copertura semplicemente  
appoggiata

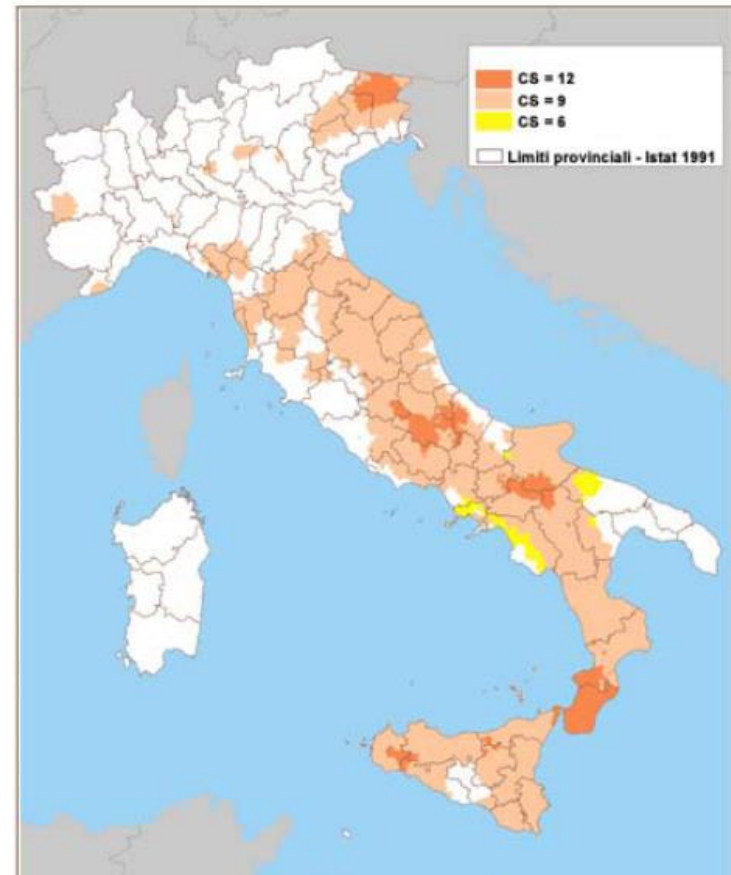


# EVOLUZIONE ZONE SISMICHE



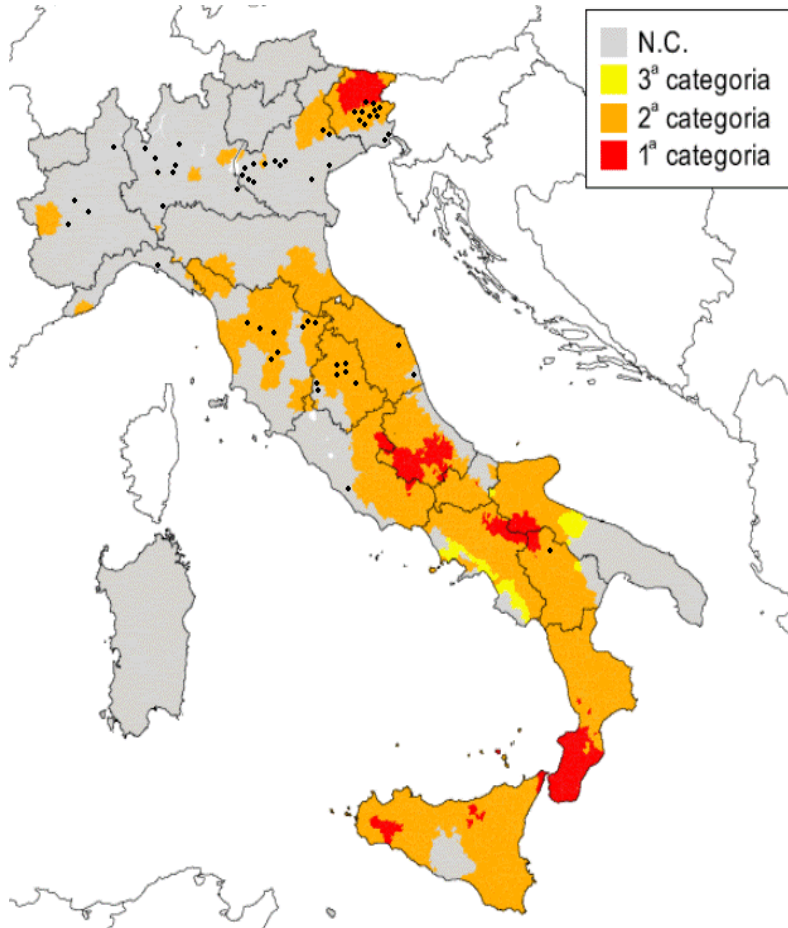
1963-75

...

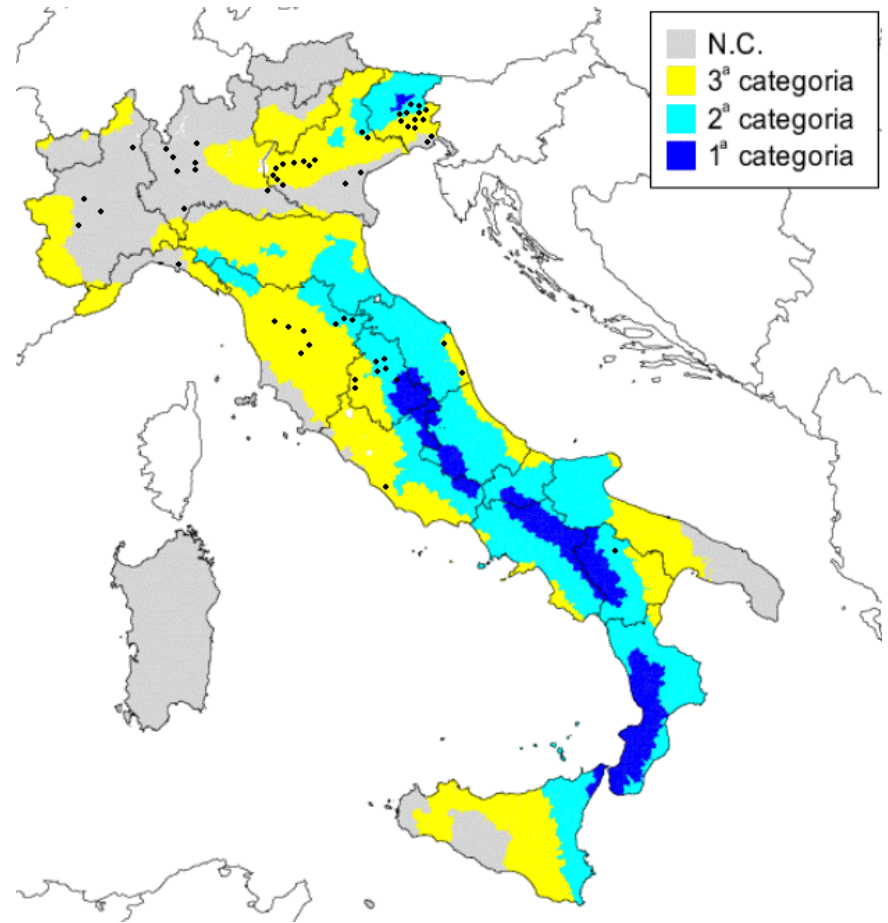


1980

# EVOLUZIONE ZONE SISMICHE

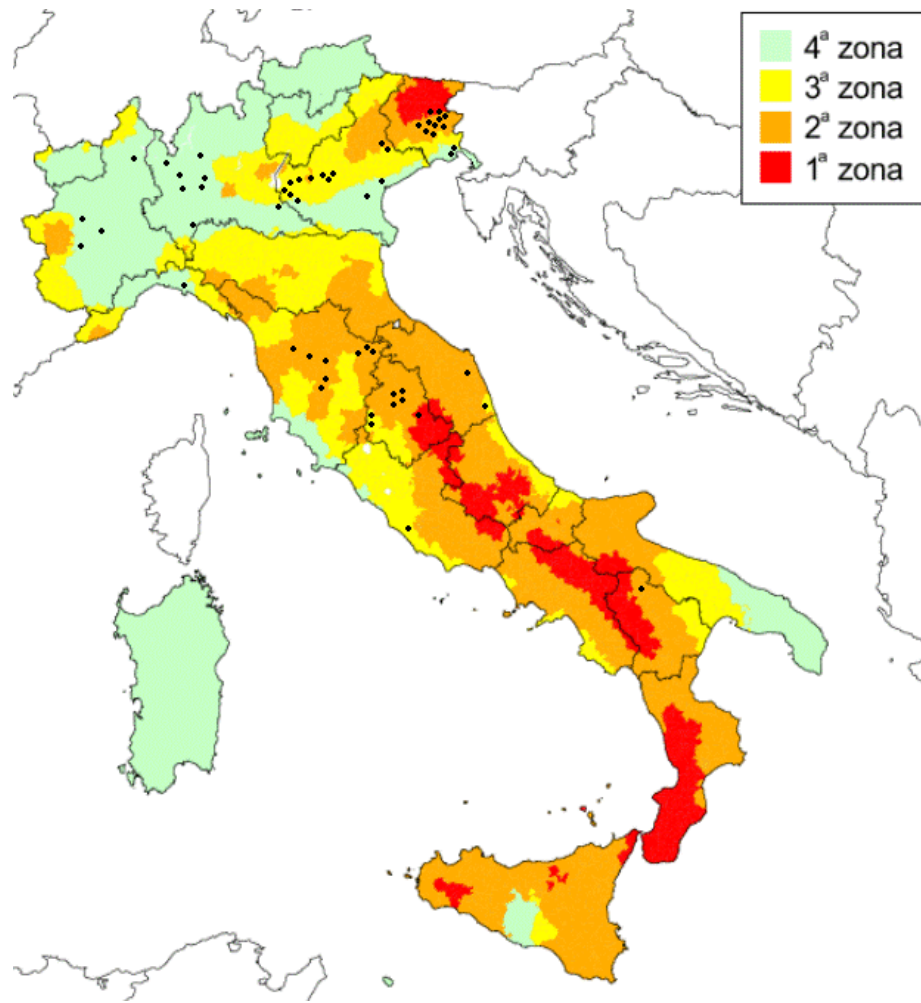


1984

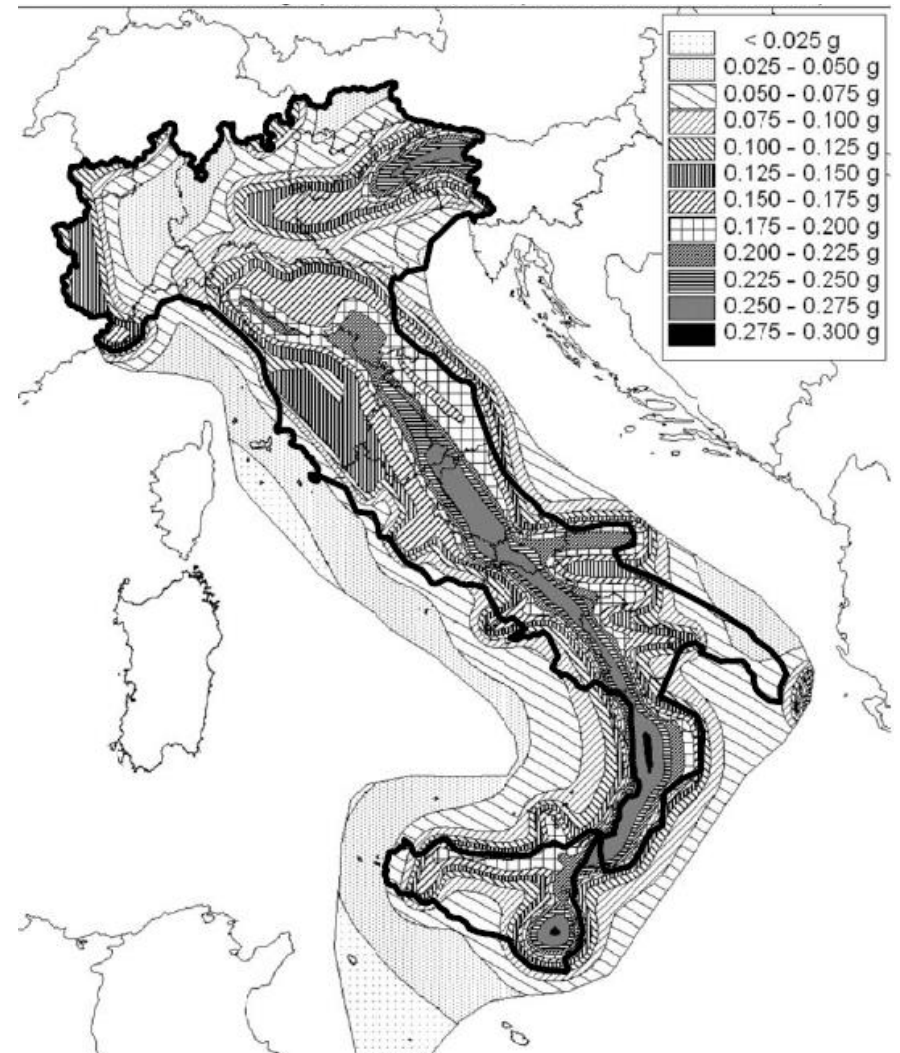


1998 (mai approvata)

# EVOLUZIONE ZONE SISMICHE



2003



2006

# Componenti verticali del sisma

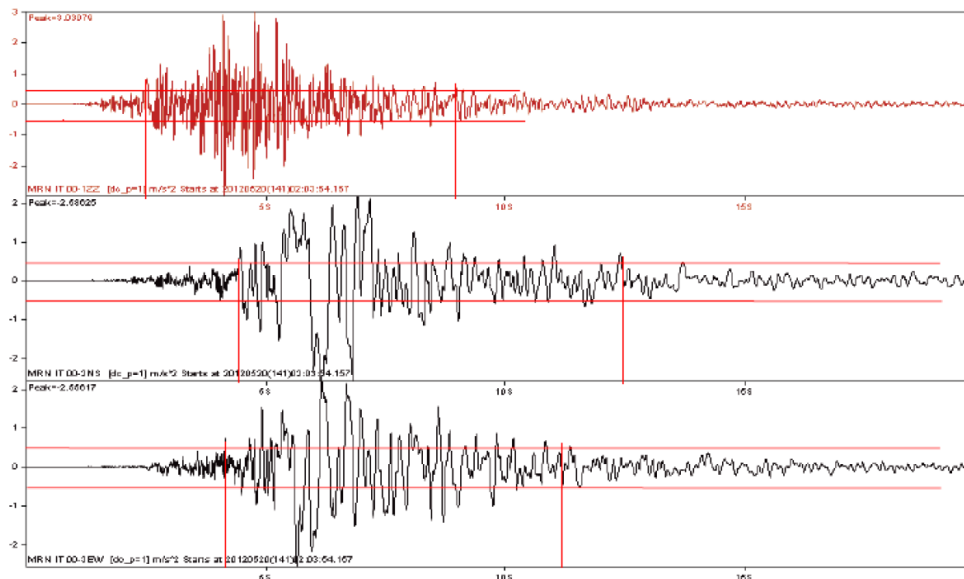
**Le componenti verticali del sisma non consentono di far affidamento sull'attrito**

Codice Stazione ed Ubicazione	Categoria Suolo Dist. Epicentrale	Componente	PGA (g)	PGV (cm/sec)	PGD (cm)	I <sub>H-RAN</sub> [cm]
<b>AQG L'Aquila</b> Valle Aterno - Colle Grilli	A 4.3 km	Nord - Sud	0.52	35.54	4.09	81
		Est - Ovest	0.47	31.20	5.91	97
		Verticale	0.24	10.41	1.97	25
<b>AQA L'Aquila</b> Valle Aterno - Fiume Aterno	B 5.8 km	Nord - Sud	0.44	26.82	3.72	66
		Est - Ovest	0.40	32.03	5.46	71
		Verticale	0.47	9.39	1.67	25
<b>AQV L'Aquila</b> Valle Aterno - Centro Valle	B 4.8 km	Nord - Sud	0.55	42.83	3.35	82
		Est - Ovest	0.66	40.44	6.84	110
		Verticale	0.52	12.48	2.47	33
<b>AQK L'Aquila</b> Parking	B 5.6 km	Nord - Sud	0.35	36.21	12.50	109
		Est - Ovest	0.33	32.38	7.65	107
		Verticale	0.37	19.80	4.04	55

**L'Aquila 2009**

**componente verticale**  
**PGA = 0.52 g**

[Chiauzzi & al., 2009]



**Mirandola 2012**

**componente verticale**  
**PGA = 0.31 g**

[Crespellani & al., 2012]



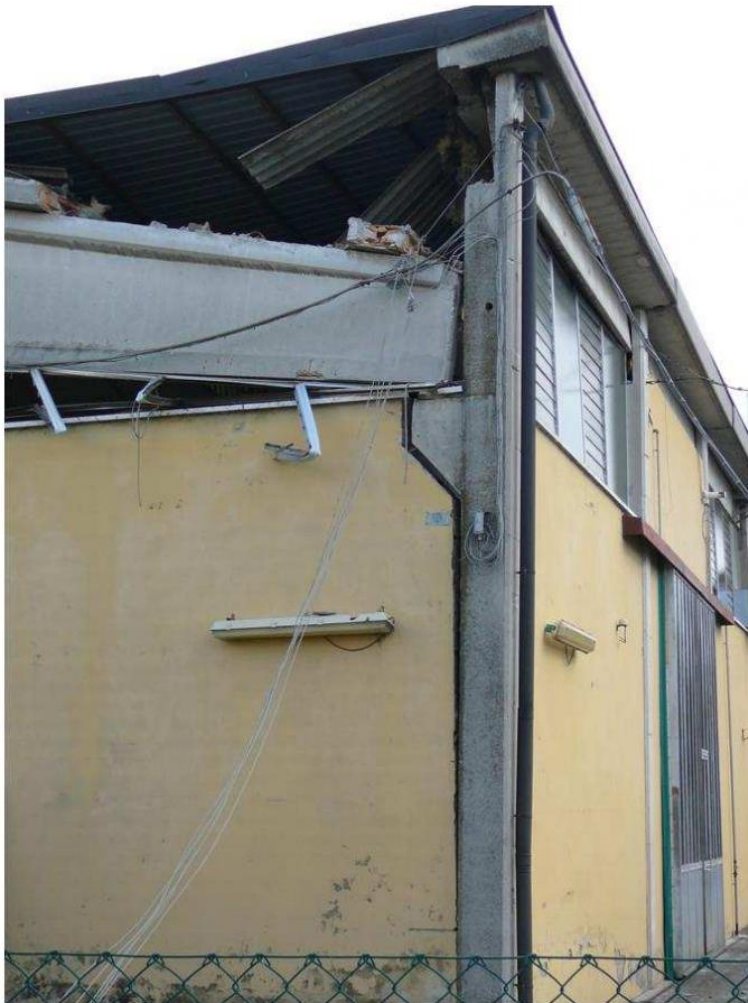
# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Perdita di appoggio travi



# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Perdita di appoggio travi



perdita totale dell'appoggio e  
caduta della trave



# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Perdita di appoggio travi



perdita parziale dell'appoggio e danno alla trave o all'appoggio

# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Perdita di appoggio travi



## Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Rottura connessione esistente



## Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Collasso degli elementi di copertura (tegoli, shed, ...)





# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Collasso pannelli di tamponatura



# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Collasso pannelli di tamponatura





# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Collasso pannelli di tamponatura



# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati

- Collasso pannelli di tamponatura e rottura pilastri tozzi



# Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali – Danni riscontrati



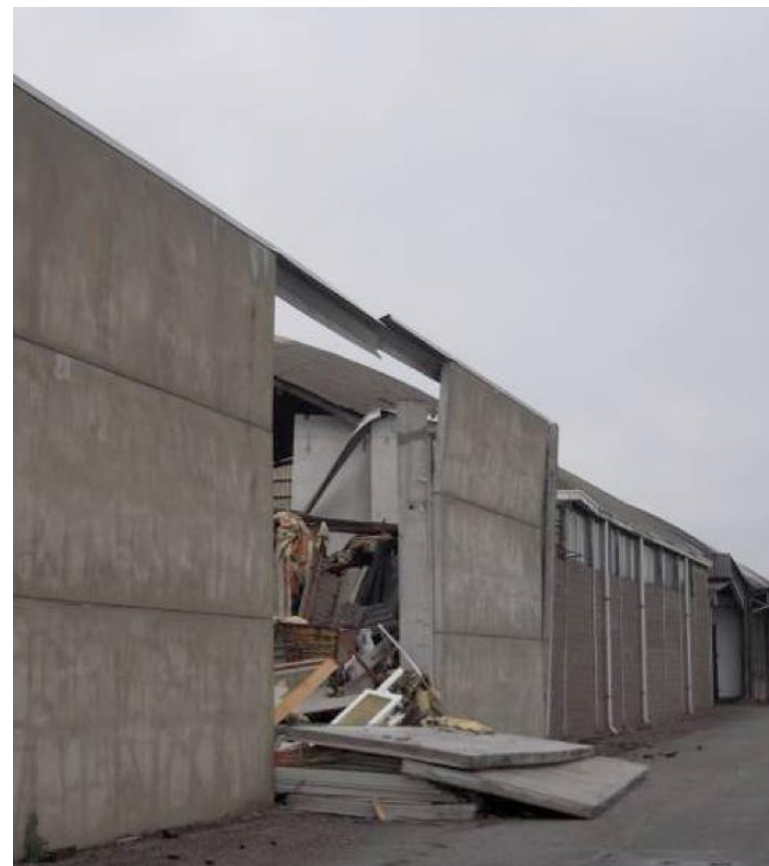
Rottura dei vincoli laterali - Forcelle



## Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali



fuoriuscita delle travi



caduta dei pannelli

## Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali



Collasso globale di un edificio con evidente perdita di verticalità dei pilastri

## Il Sisma dell'Emilia – Edifici Industriali

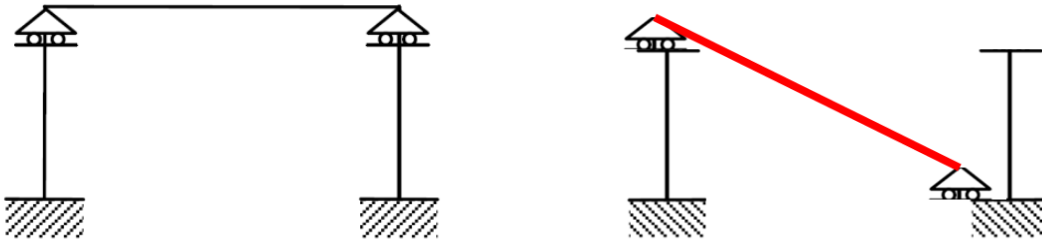


Danneggiamenti alla base di un pilastro (insufficiente staffatura)

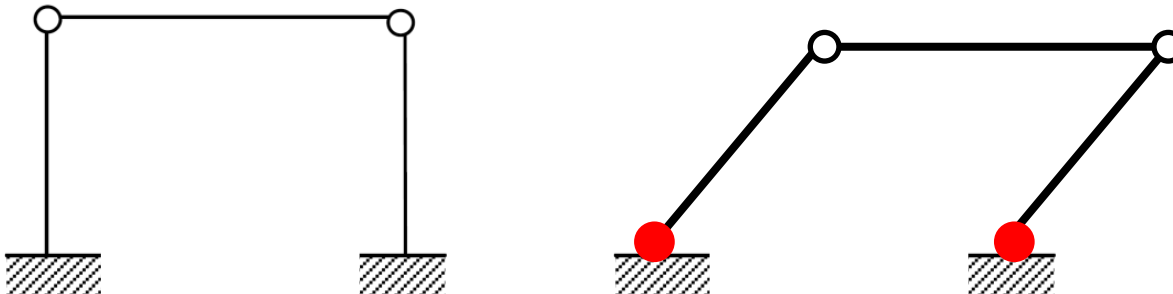


# I media...

Ci deve far riflettere l'eccessiva facilità con cui si introduce nel linguaggio comune il concetto che un rimedio efficace sia semplicemente quello di collegare gli elementi di copertura al telaio verticale



Ciò è una parte della verità. L'altra parte è che occorre verificare, una volta collegata la copertura al telaio verticale, la capacità di resistenza delle colonne (e delle fondazioni) ed eventualmente rinforzarle appositamente.



## Linee Indirizzo (Protezione Civile – Reluis – CNI – Assobeton)



- Principi fondamentali per messa in sicurezza speditiva
- Eliminazione di carenze macroscopiche che possono presentarsi
- Forniti criteri di progettazione, funzionali a una speditiva procedura di dimensionamento degli interventi di messa in sicurezza
- In linea con la prima fase descritta all'art. 8 del DL 74/2012
- Successivamente, l'edificio dovrà comunque essere sottoposto a verifica sismica che indichi eventuali ulteriori interventi volti all'ottenimento dell'atteso livello di sicurezza

### Linee Indirizzo (Protezione Civile – Reluis – CNI – Assobeton)

Il documento ha la **finalità di indicare un percorso operativo** che consenta di combinare l'esigenza di sicurezza a breve termine – agibilità sismica – con quelle a medio lungo termine – miglioramento e/o adeguamento sismico.

Esso può rappresentare un **supporto per i tecnici operanti sul patrimonio costruito prefabbricato** nell'impostazione – **nel pieno e assoluto rispetto dell'autonomia e della titolarità delle scelte progettuali** – di un percorso coerente con il quadro normativo vigente e finalizzato a restituire alla collettività piani di intervento sostenibili sotto il profilo economico e sociale, nonché compatibili con le esigenze di sicurezza e di operatività in una fase di emergenza sismica.

# Principi e criteri di intervento - Linee guida 2012

Primaria è l'esigenza di correggere le carenze relative all'assenza di collegamento tra gli elementi.

L'obiettivo nel contesto della **prima fase di messa in sicurezza** deve essere quello di **preservare lo schema statico iniziale** e intervenire sui collegamenti inadeguati in modo da rendere efficace il vincolo, nel rispetto della distribuzione delle azioni orizzontali tra le membrature e dei livelli di resistenza delle stesse.

Le modifiche dello schema statico, ad esempio, possono determinare incrementi rilevanti della rigidezza della struttura, con il conseguente incremento delle azioni sismiche correlato ad una riduzione del periodo proprio di vibrare principale. D'altro canto, per le strutture non progettate per azioni sismiche, i pilastri non possono avere adeguate resistenze e duttilità e quindi l'incremento delle azioni sismiche legato ad un incremento di rigidezza può comportare la crisi per resistenza delle sezioni alla base dei pilastri.

***Da ciò discende che la modifica sostanziale dello schema statico della struttura fa scattare l'obbligo di verifica di sicurezza sismica altrimenti differibile nella seconda fase.***

*NOTA: Nel caso di interventi di miglioramento sismico eseguiti non in fase post-sisma, possono quindi essere valutate soluzioni diverse a patto di eseguire la relativa verifica di sicurezza a dimostrazione del miglioramento raggiunto*

Le Linee guida forniscono esempi di intervento per:

- *Collegamenti tegolo-trave*
- *Collegamenti trave-pilastro*
- *Collegamenti dei tamponamenti perimetrali*
- *Rinforzo alla base dei pilastri e delle fondazioni*

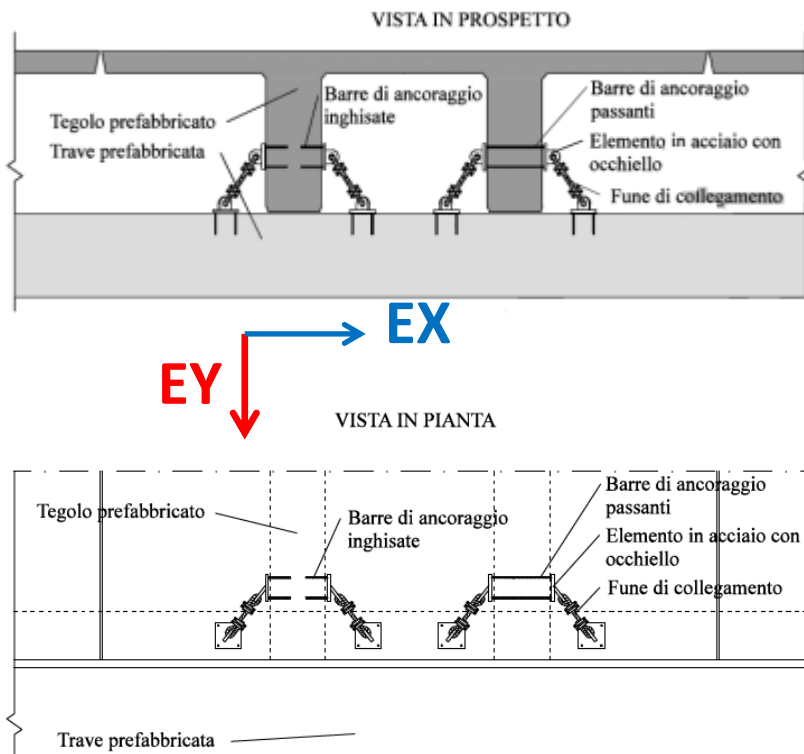
# **Collegamento Tegolo-Trave**



# Collegamento Tegolo-Trave

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.TT-1: Collegamento mediante funi ancorate sui lati delle gambe



## Vantaggi:

- Lascia la struttura libera termicamente

## Svantaggi:

- Bassa efficacia nel limitare gli **spostamenti trasversali**
- In **direzione longitudinale** tutto il carico viene distribuito su una sola trave di appoggio



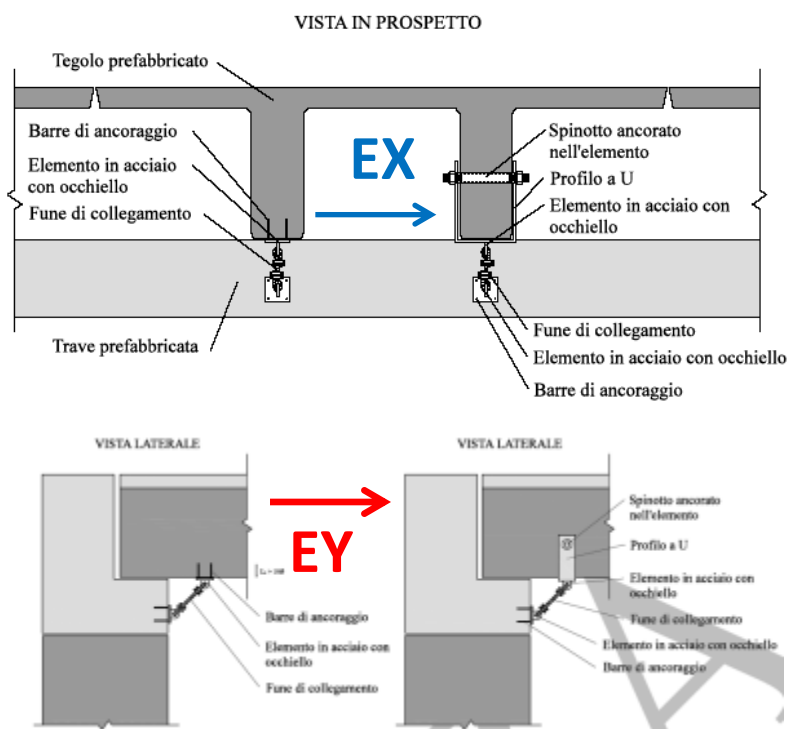
**Da ricordare:**

- Le travi non sono dimensionate per lavorare fuori piano
- Il fissaggio di entrambe le gambe del tegolo crea azioni aggiuntive dovute all'effetto incastro quando l'impalcato si deforma

# Collegamento Tegolo-Trave

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

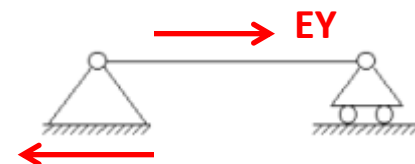
Rif: N.ID.TT-2: Collegamento mediante funi ancorate al di sotto delle gambe



Direzione laterale



Direzione longitudinale



## Vantaggi:

- Lascia la struttura libera termicamente

## Svantaggi:

- In **direzione longitudinale** tutto il carico viene distribuito su una sola trave di appoggio
- nessuna efficacia in **direzione trasversale** - pericolosa nei **tegoli di estremità** che possono perdere appoggio se posti al limite della trave

**Da ricordare:**

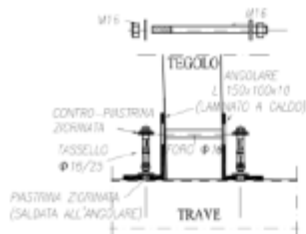
- Le travi non sono dimensionate per lavorare fuori piano
- Il fissaggio di entrambe le gambe del tegolo crea azioni aggiuntive dovute all'effetto incastro quando l'impalcato si deforma

# Collegamento Tegolo-Trave

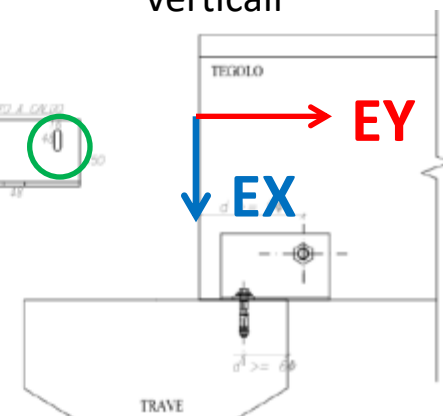
Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.TT-3: Collegamento mediante angolari bullonati

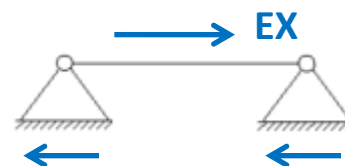
**Foro asolato:** lascia libere le dilatazioni termiche



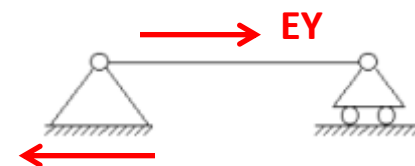
**Foro asolato:** lascia liberi gli spostamenti verticali



Direzione laterale



Direzione longitudinale

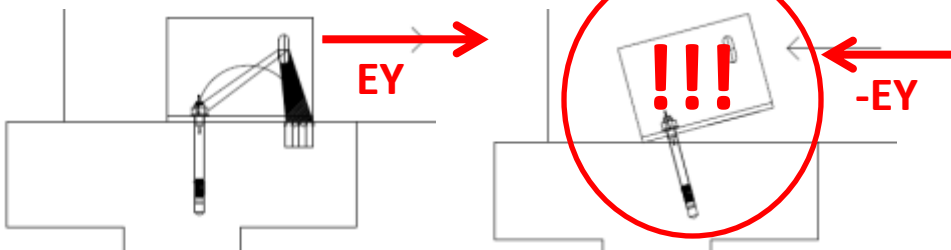


**Vantaggi:**

- Lascia la struttura libera termicamente (solo se è presente un **foro asolato** delle dimensioni di circa 10mm)

**Svantaggi:**

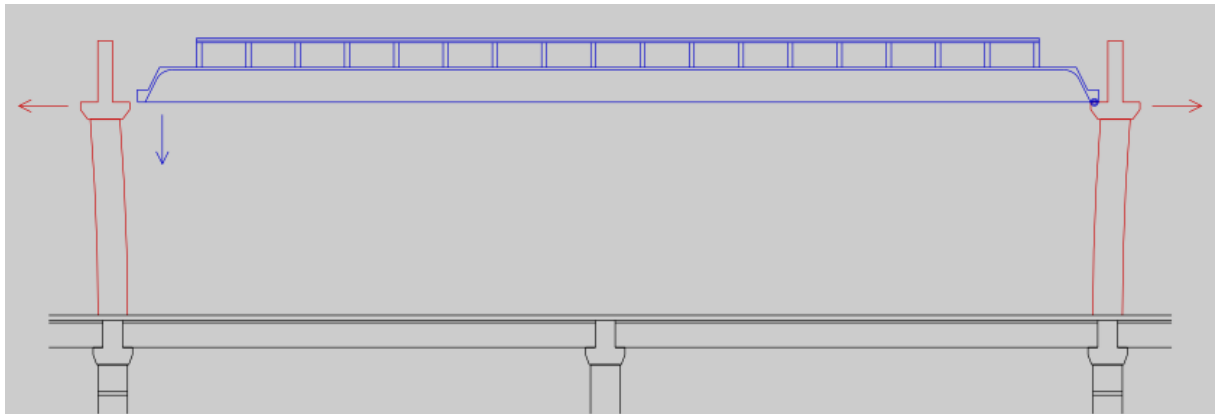
- In **direzione longitudinale** tutto il carico viene distribuito su una sola trave di appoggio
- Difficoltoso rispettare distanze dai bordi dei tasselli di fissaggio per evitare rotture cls



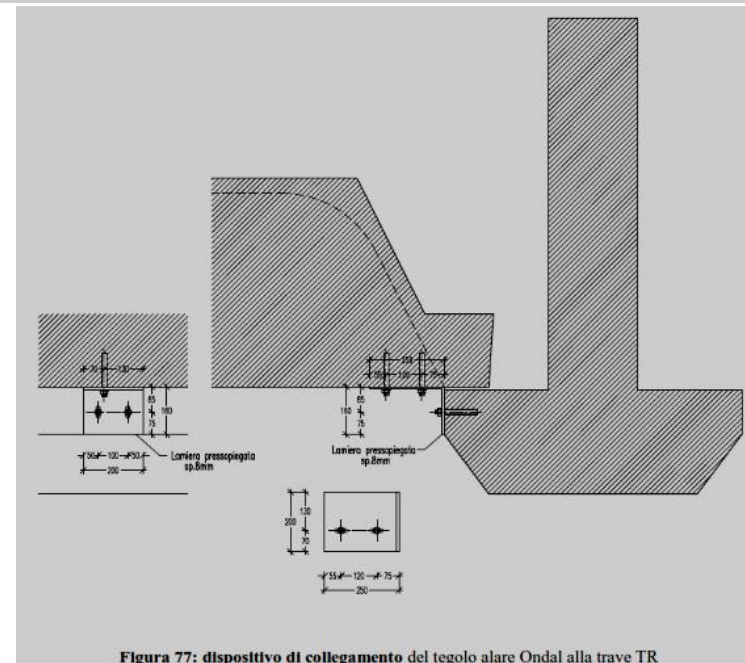
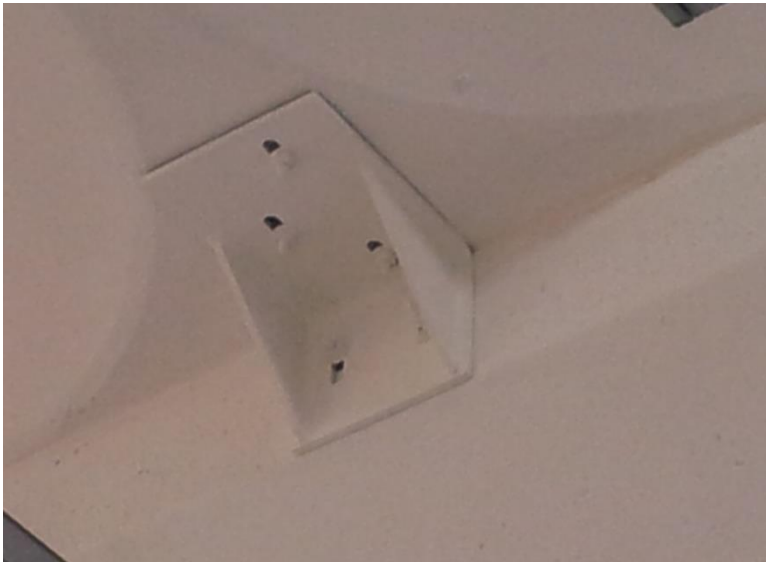
**Da ricordare: - Le travi non sono dimensionate per lavorare fuori piano**

# Collegamento Tegolo-Trave

Esempi  
progettati/realizzati



**Figura 72:** schema del cinematismo che provoca la labilità del tegolo di copertura per perdita di appoggio (vista in sezione) per azione sismica nella direzione del tegolo



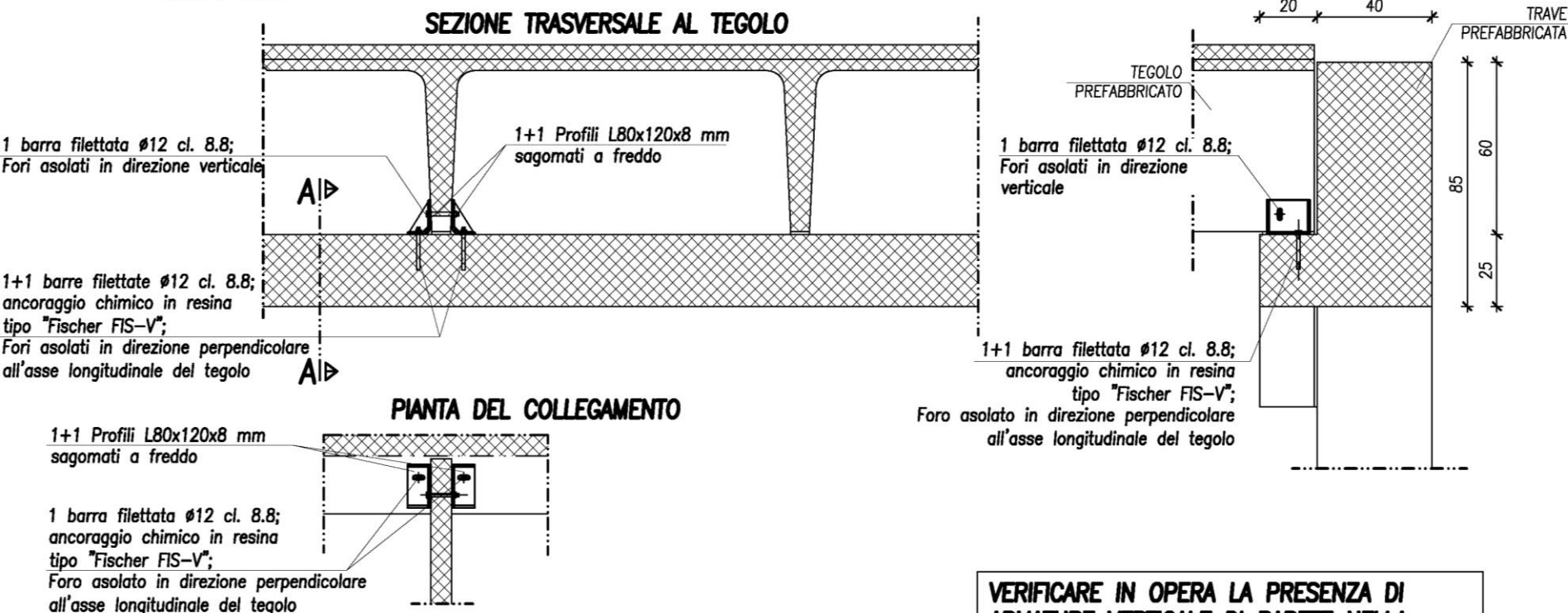
**Figura 77:** dispositivo di collegamento del tegolo alare Ondal alla trave TR



# Collegamento Tegolo-Trave

## Esempi progettati/realizzati

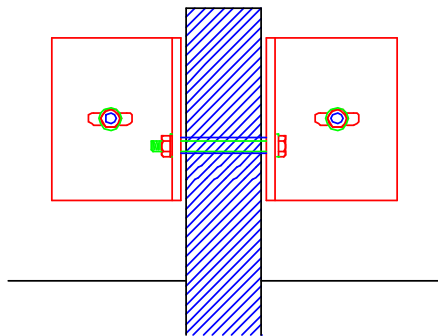
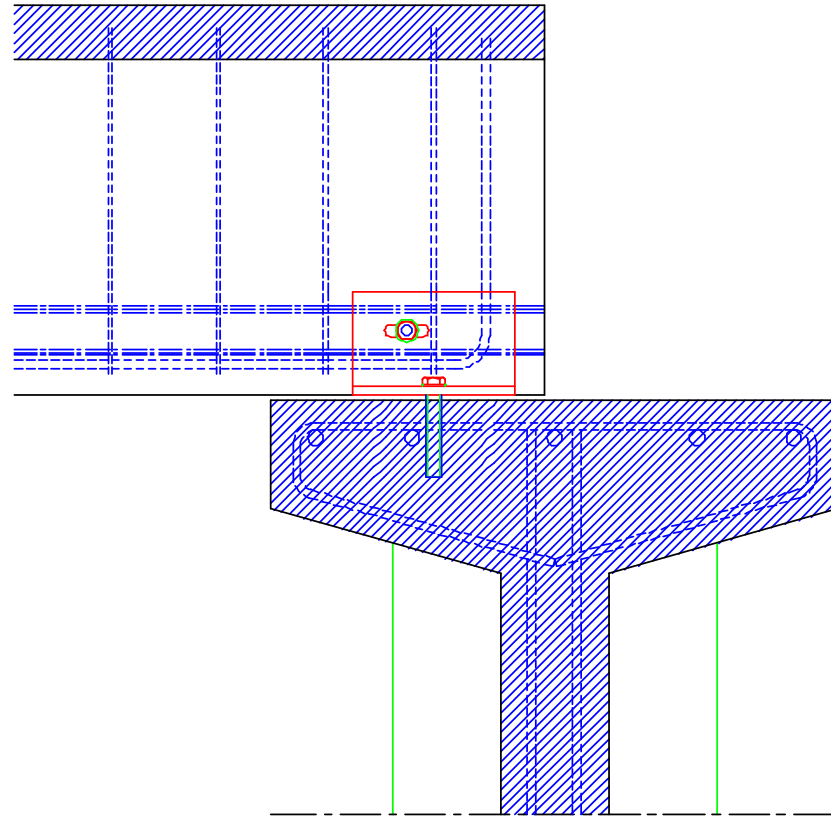
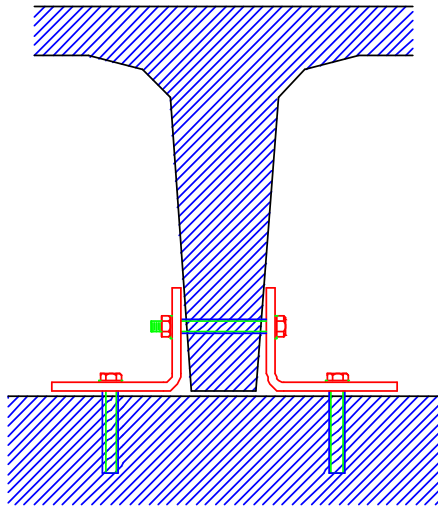
### INTERVENTO TIPO 2 - - - COLLEGAMENTO TEGOLI PI-GRECO DI COPERTURA-TRAVI AD L SCALA 1:20



VERIFICARE IN OPERA LA PRESENZA DI  
ARMATURE VERTICALE DI PARETE NELLA  
NERVATURA DEL TEGOLO

# Collegamento Tegolo-Trave

## Esempi progettati/realizzati

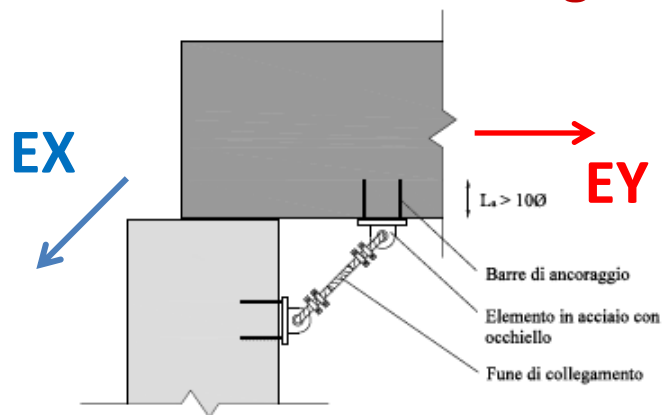


# **Collegamento Trave-Pilastro**

# Collegamento Trave-Pilastro

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

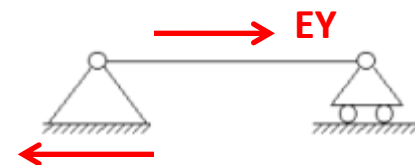
Rif: N.ID.TP-3: Collegamento mediante funi



Direzione laterale



Direzione longitudinale



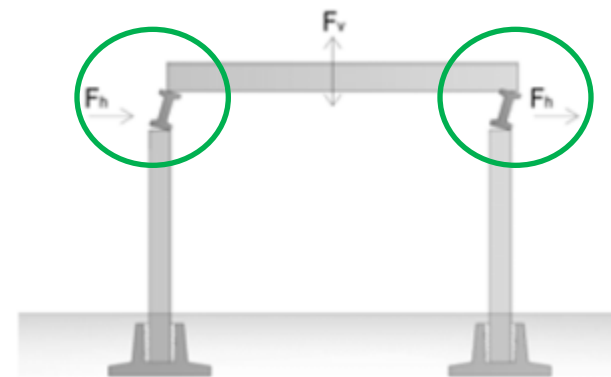
## Vantaggi:

- Lascia la struttura libera termicamente
- Si può realizzare su travi perimetrali in cui si attaccano i pannelli

## Svantaggi:

- Nessuna efficacia in **direzione trasversale**
- Necessità di combinazione con interventi mirati al contrasto delle **rotazioni torsionali** della trave – **problemi di ribaltamento!!**
- Necessità di forare l'intradosso dell'elemento (zona con trefoli)

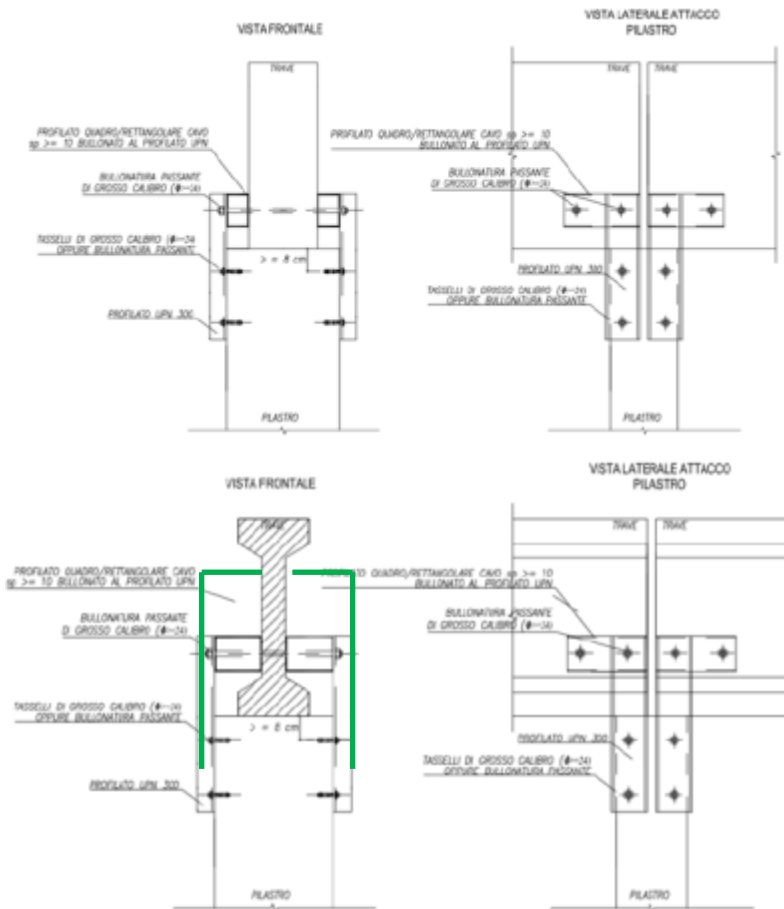
## Ribaltamento delle travi!!!



# Collegamento Trave-Pilastro

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.TP-4: Collegamento mediante connettori di acciaio bullonato con eventuale confinamento



## Svantaggi:

- Problemi di dilatazioni termiche per travi di lunghezza rilevante (anche 10mm) - lasciare un'asolatura sui fori x bulloni in anima trave!!
- **Difficile da realizzare su travi perimetrali in cui si attaccano i pannelli!!!**
- **Problemi di ribaltamento!!:** Per impedire le rotazioni torsionali della trave **deve essere preso più in alto** (vicino all'estradosso dove entra l'azione sismica) ma in quel caso diventa molto flessibile - **effetto leva grande sui tasselli sui pilastri!!**

Direzione laterale/longitudinale

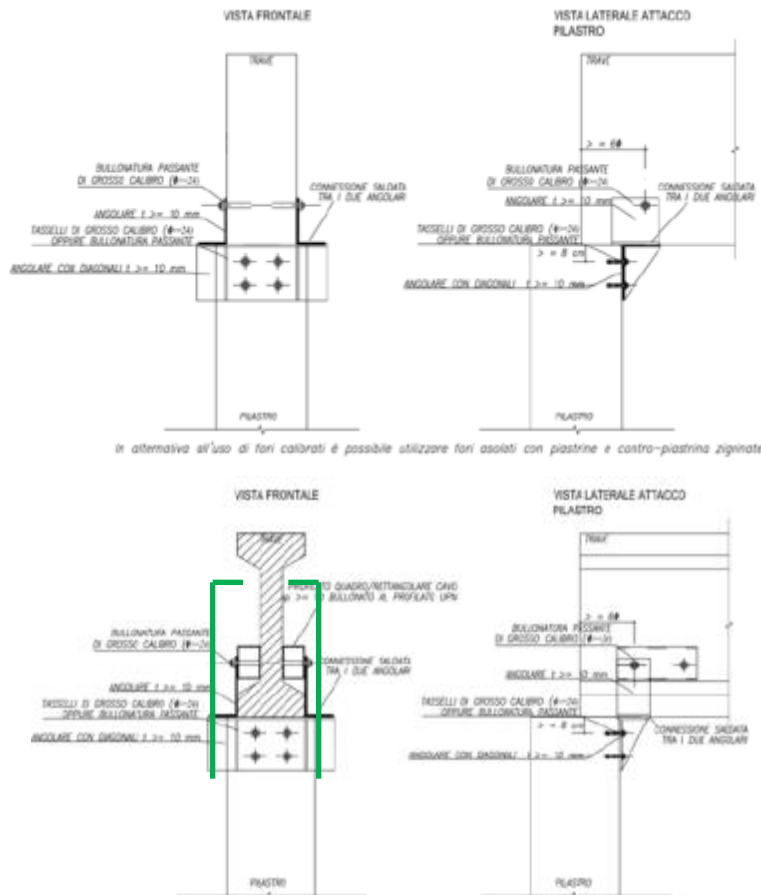




# Collegamento Trave-Pilastro

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.TP-5: Collegamento mediante connettori di acciaio bullonato con eventuale confinamento



## Svantaggi:

- Problemi di dilatazioni termiche per travi di lunghezza rilevante (circa 10mm) - lasciare un'asolatura sui fori x bulloni in anima trave!!
- **Difficile da realizzare su travi perimetrali in cui si attaccano i pannelli!!!**
- **Problemi di ribaltamento!!!** Per impedire le rotazioni torsionali della trave **deve essere preso più in alto** (vicino all'estradosso dove entra l'azione sismica) ma in quel caso diventa molto flessibile - **effetto leva grande sui tasselli sui pilastri!!**

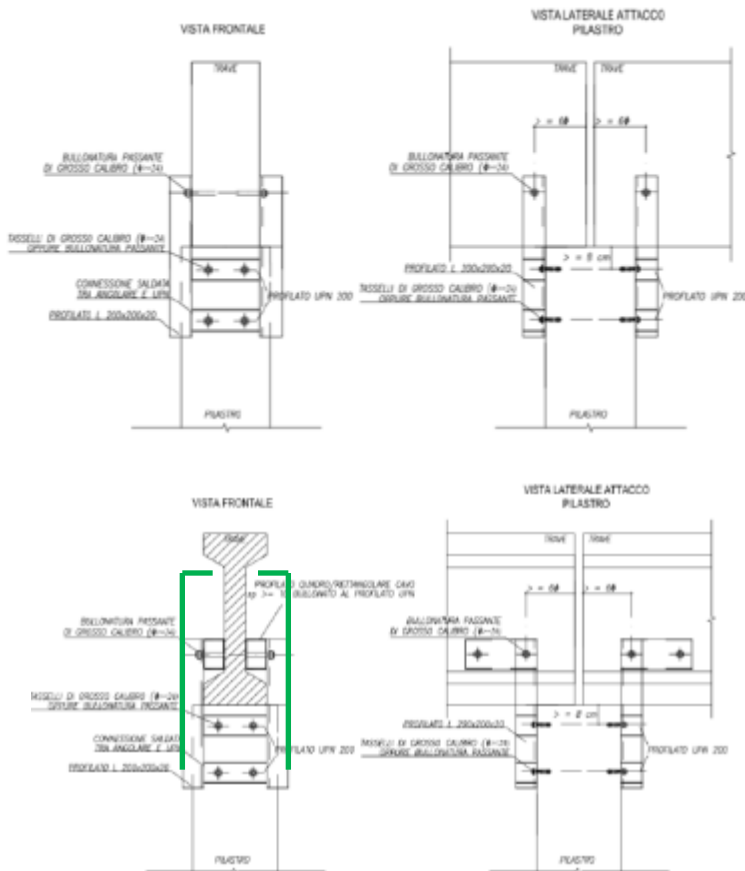
Direzione laterale/longitudinale



## Collegamento Trave-Pilastro

## Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.TP-6 : Collegamento mediante connettori di acciaio bullonato con eventuale confinamento



## Svantaggi:

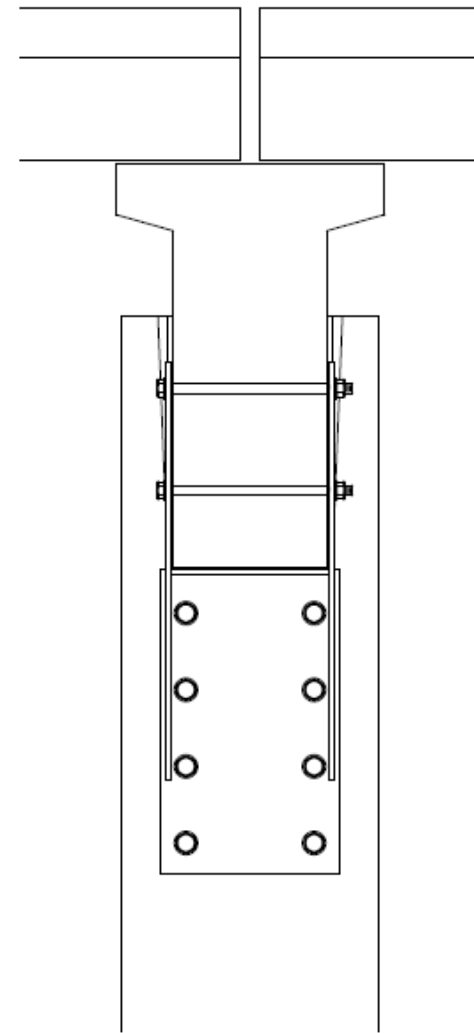
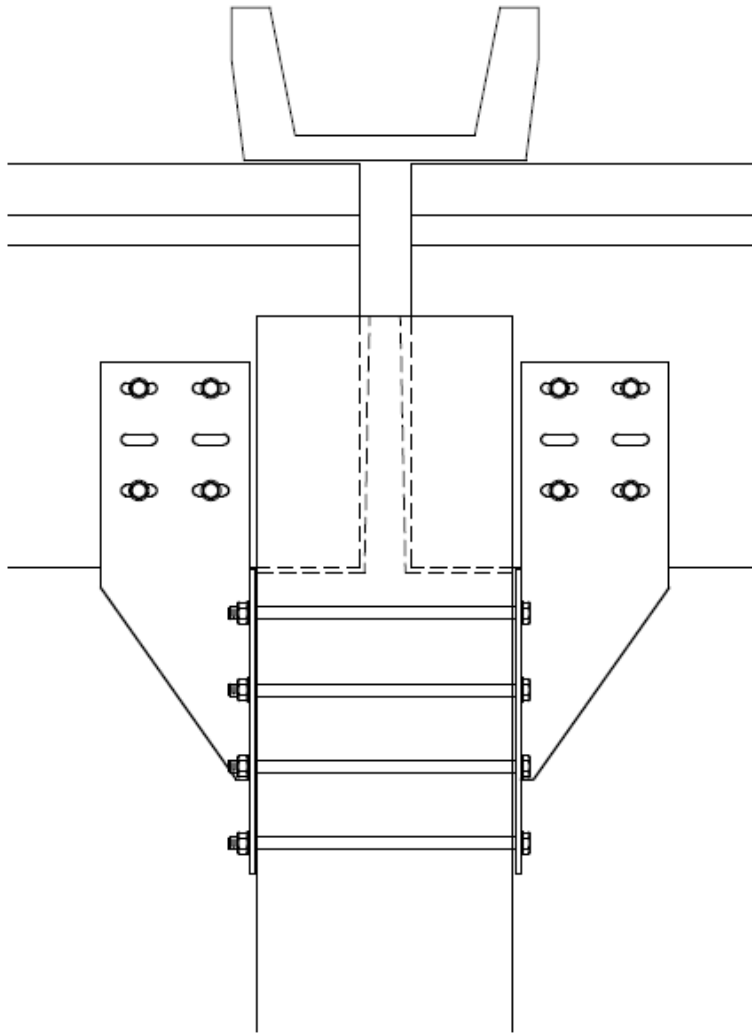
- Problemi di dilatazioni termiche per travi di lunghezza rilevante (circa 10mm) - lasciare un'asolatura sui fori x bulloni in anima trave!!
- **Difficile da realizzare su travi perimetrali in cui si attaccano i pannelli!!!**
- **Problemi di ribaltamento!!!** Per impedire le rotazioni torsionali della trave **deve essere preso più in alto** (vicino all'estradosso dove entra l'azione sismica) ma in quel caso diventa molto flessibile - **effetto leva grande sui tasselli sui pilastri!!**

## Direzione laterale/longitudinale



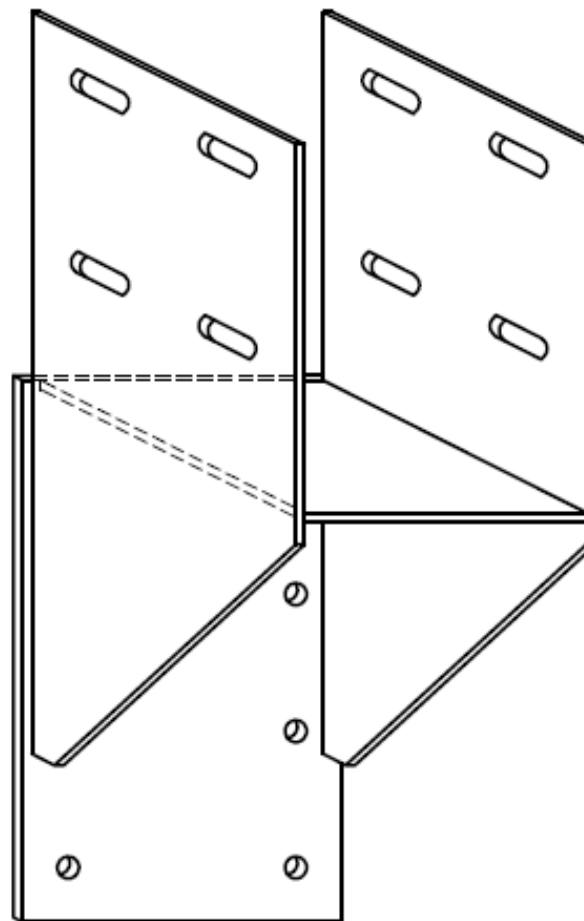
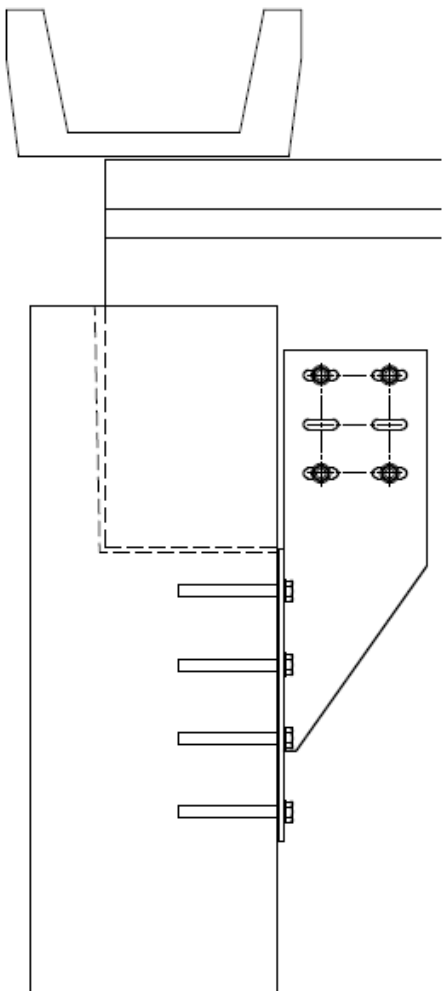
# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati



# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

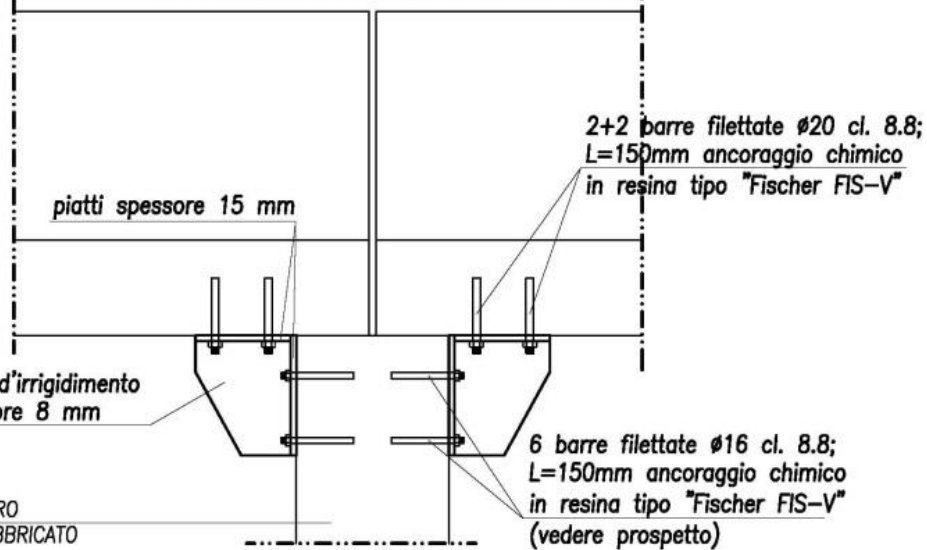


# Collegamento Trave - Pilastro

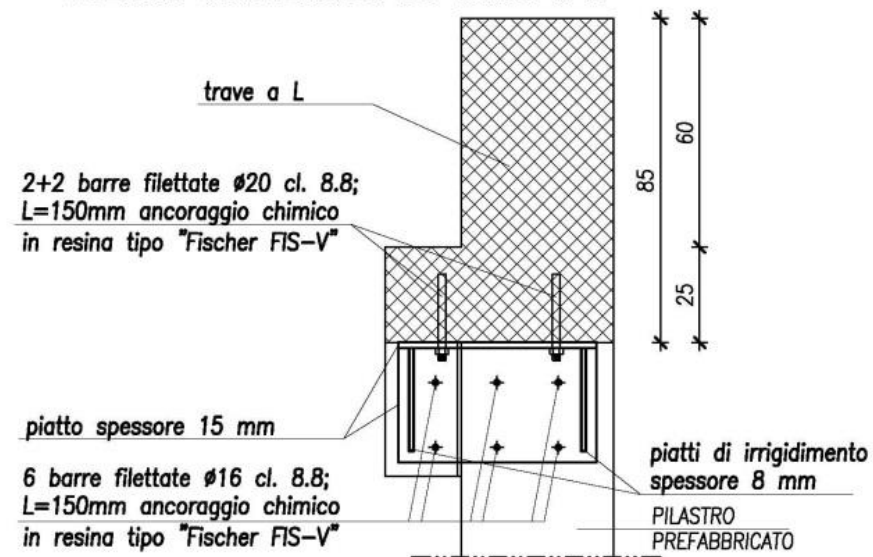
## Esempi progettati/realizzati

### INTERVENTO 4: COLLEGAMENTO TRAVI A L-PILASTRI SCALA 1:20

VISTA PARALLELA ALLE TRAVI A L



SEZIONE TRASVERSALE SU TRAVE A L

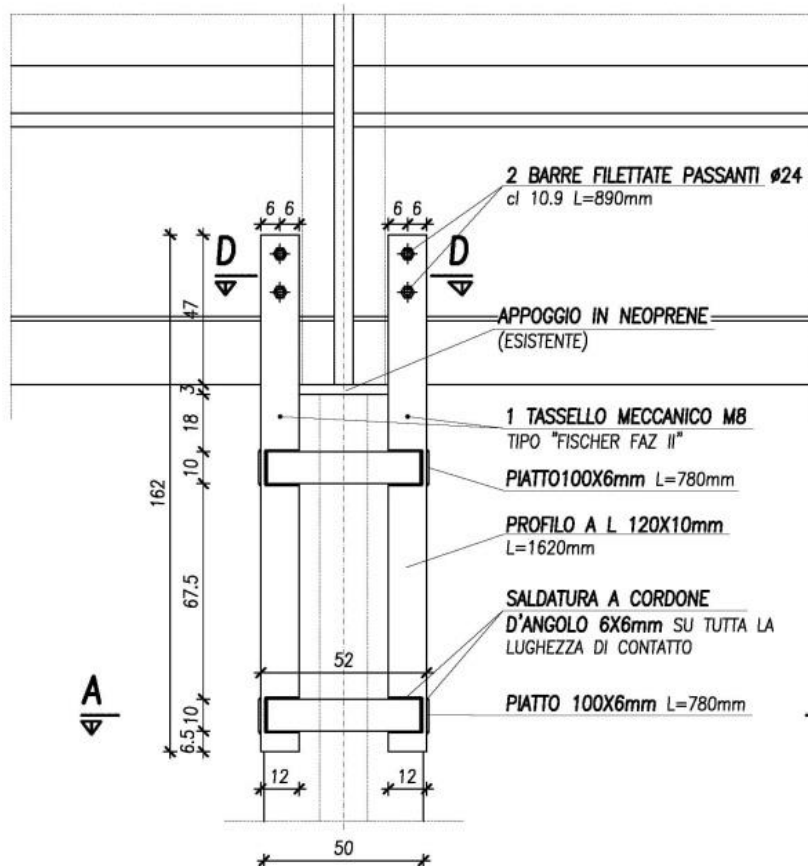




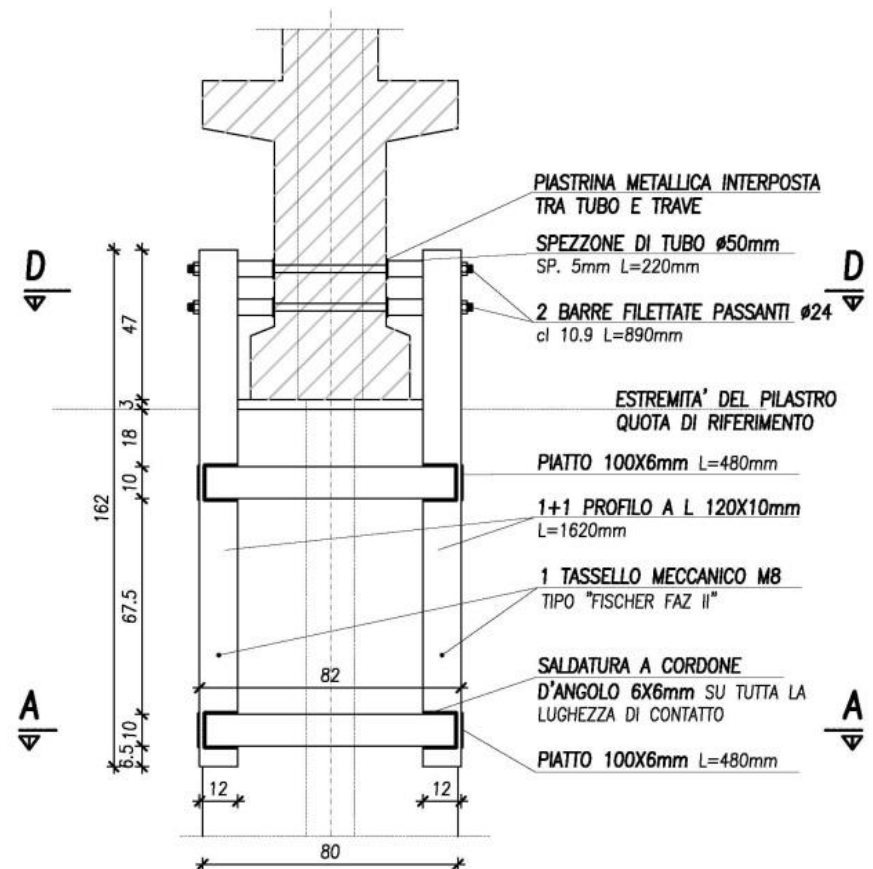
# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

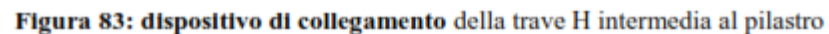
INTERVENTO 5B:  
VISTA LATERALE C-C  
SCALA 1:20



SEZIONE B-B  
SCALA 1:20



## Esempi progettati/realizzati



# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

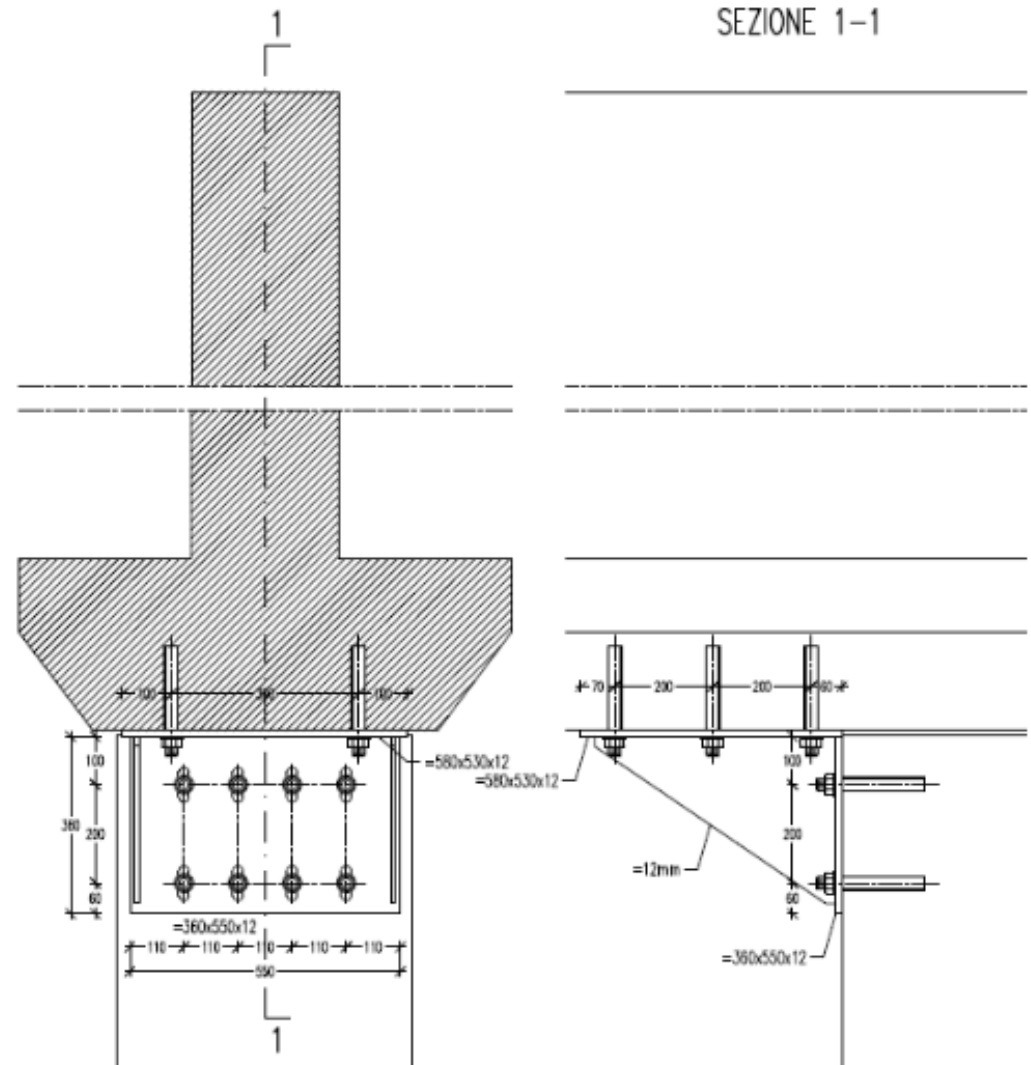
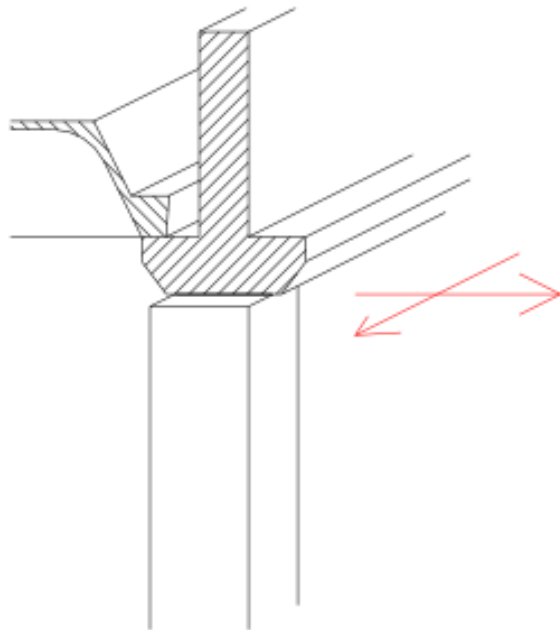


Figura 87: dispositivo di collegamento della trave TR al pilastro centrale

# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

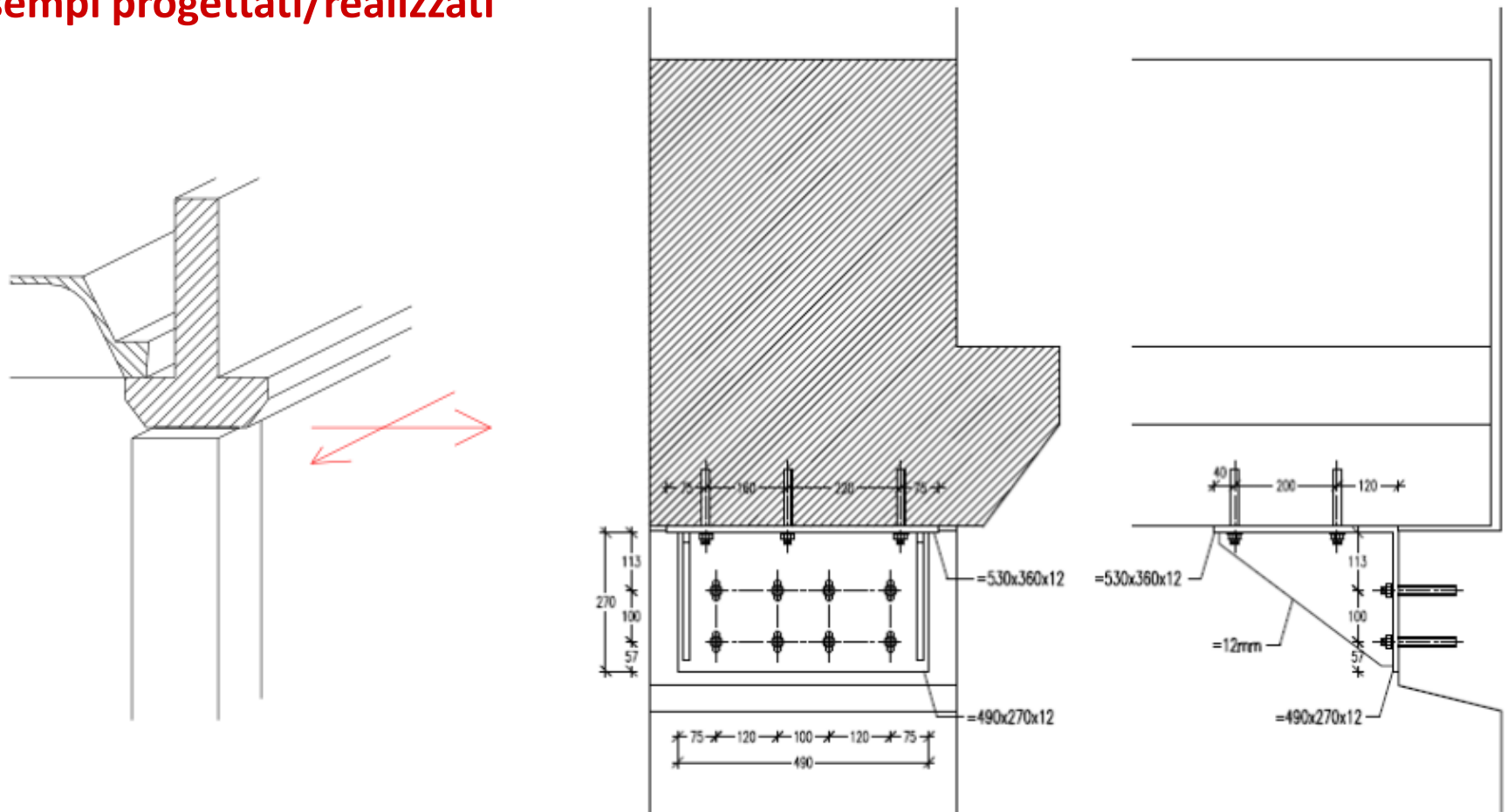
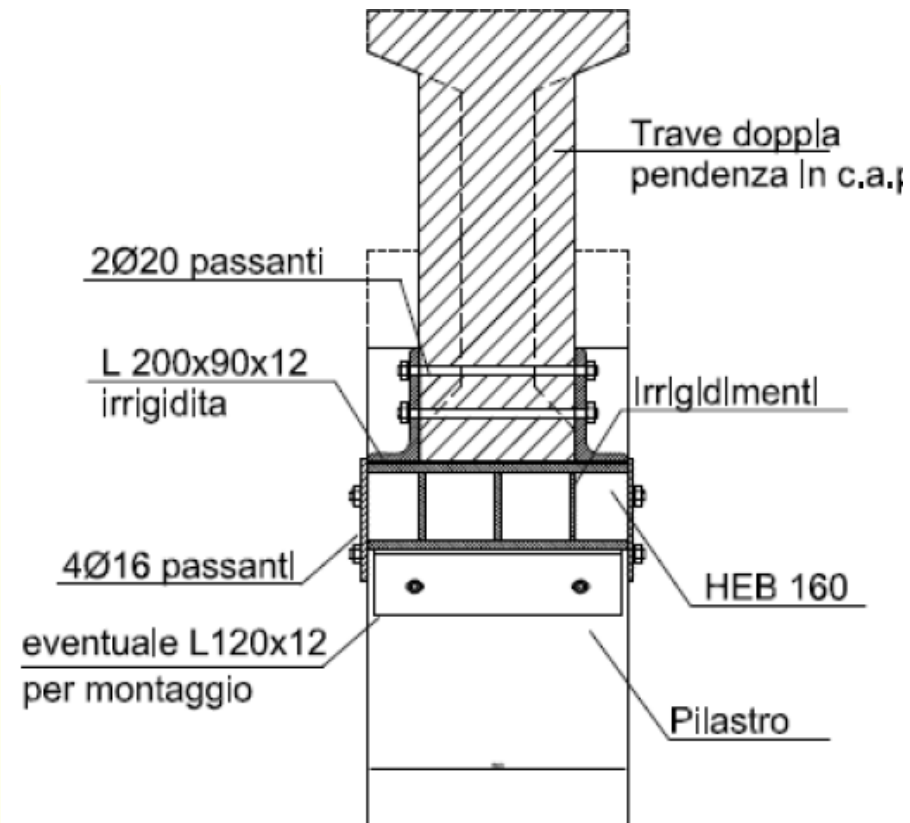
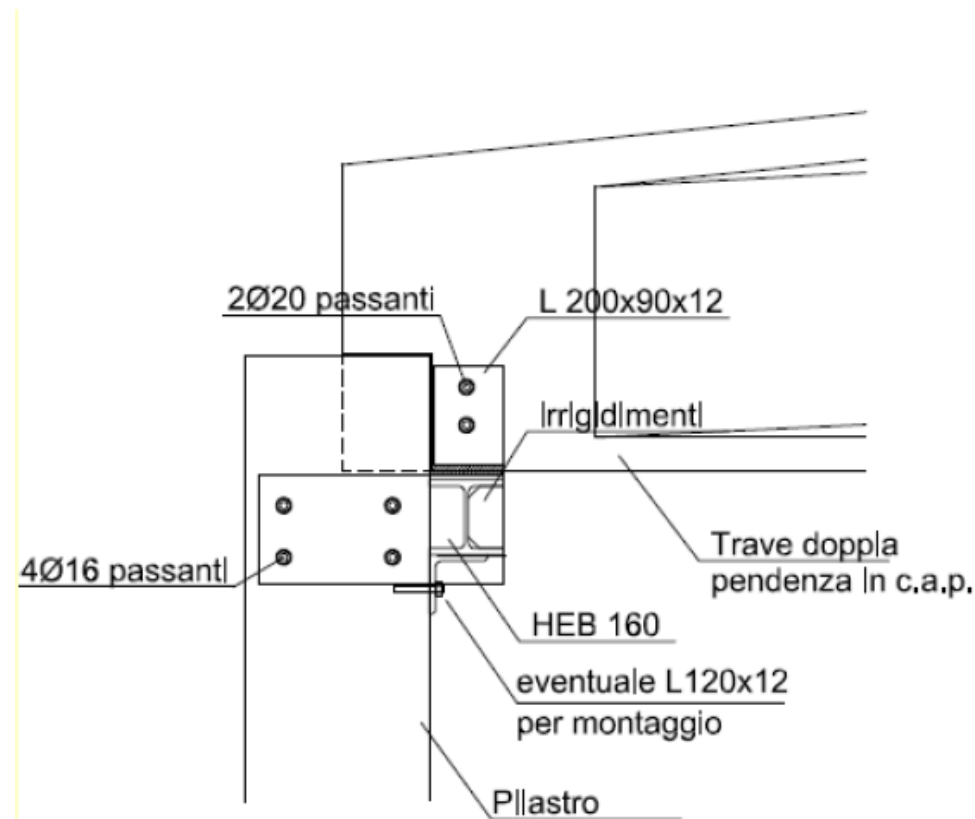


Figura 88: dispositivo di collegamento della trave L di bordo al pilastro (sulla mensola)

# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

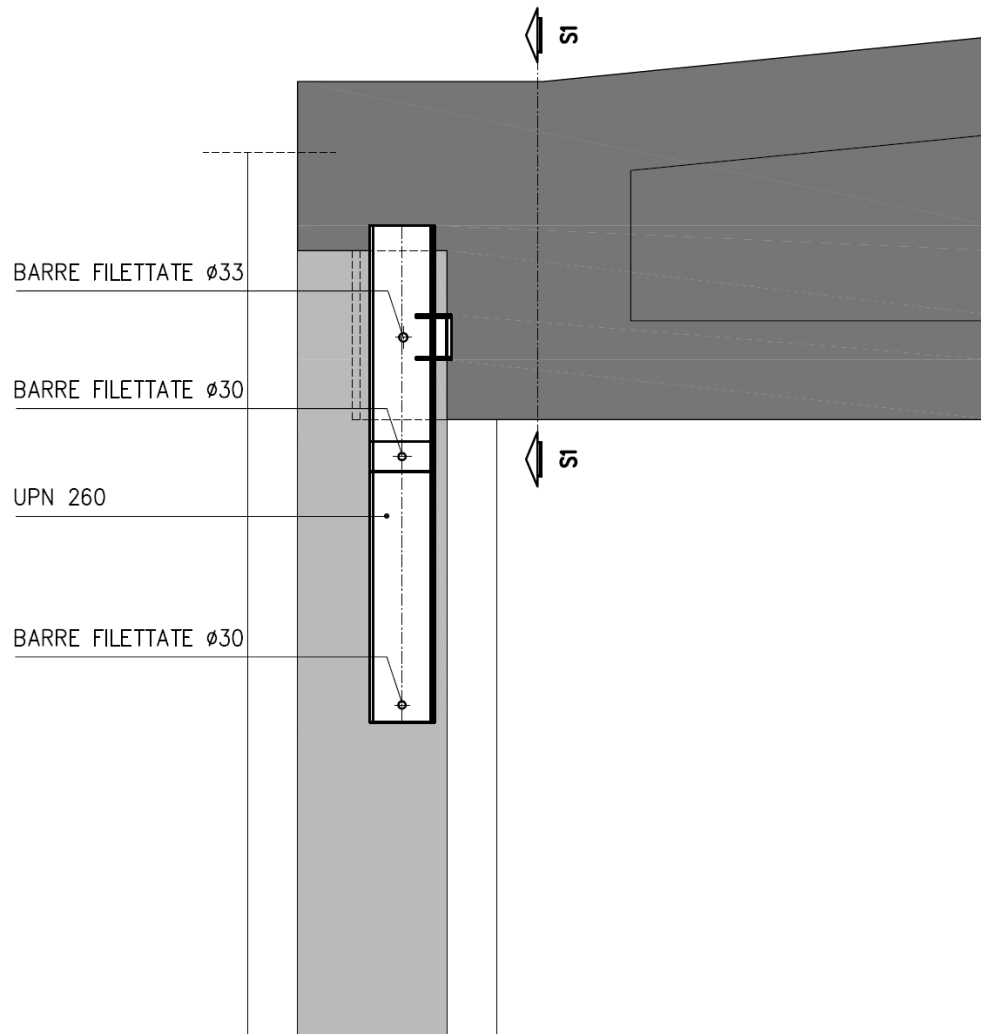




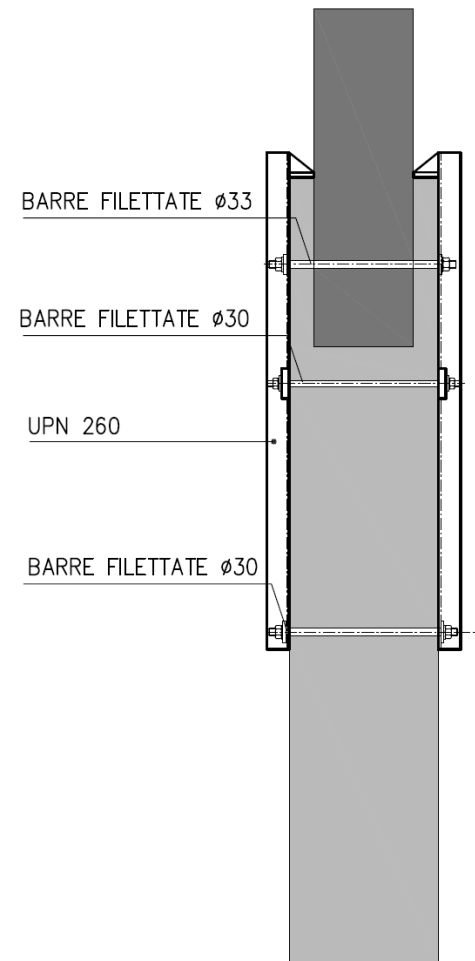
# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

VISTA IN PROSPETTO



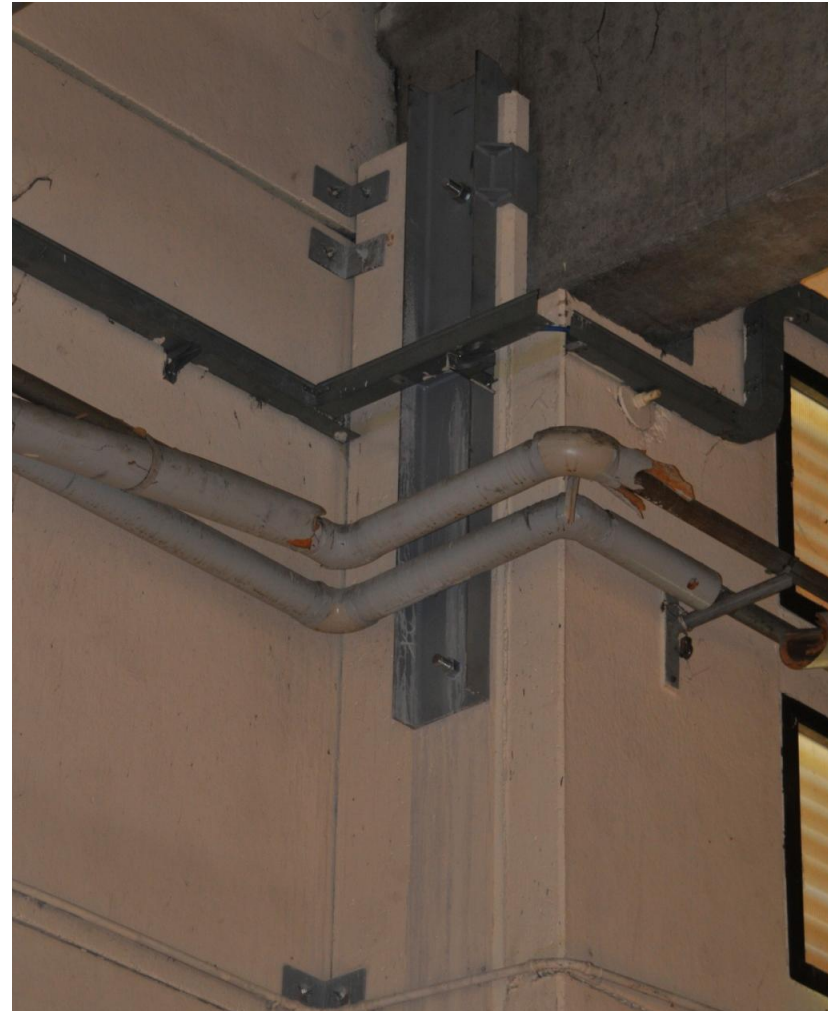
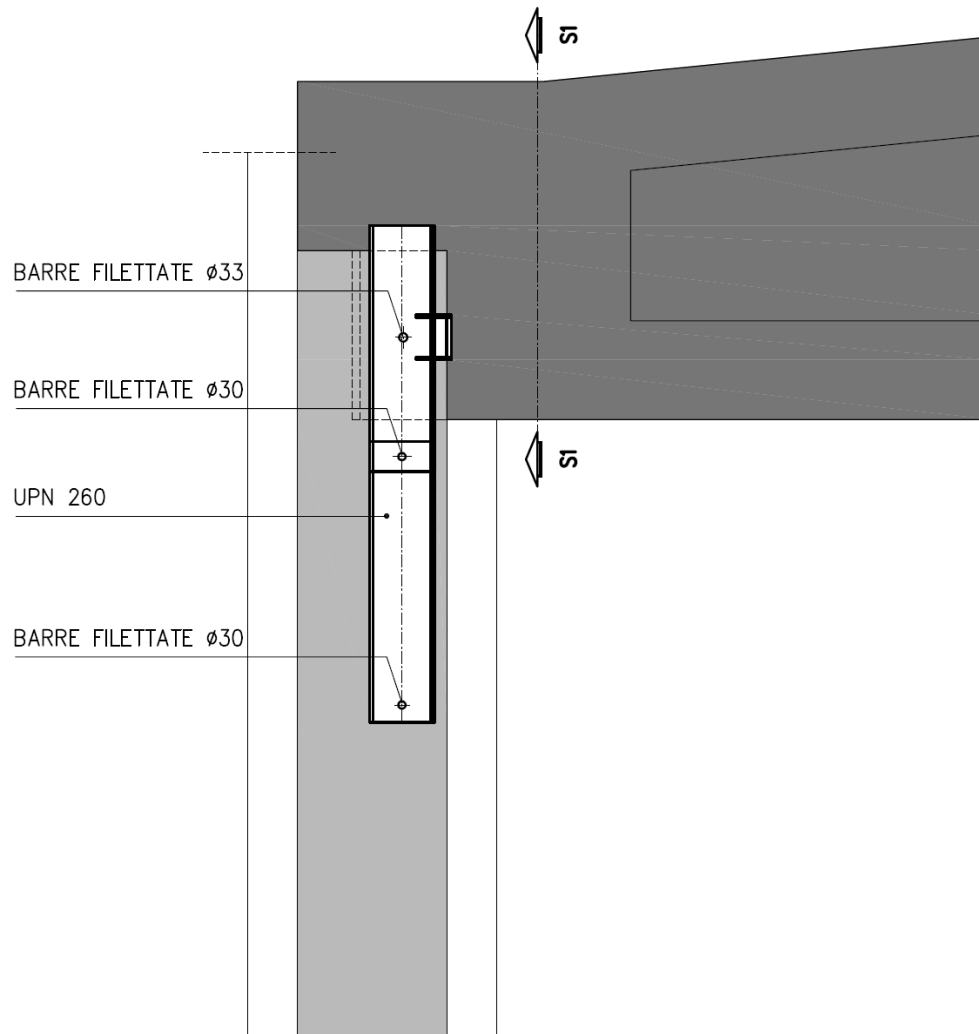
VISTA IN SEZIONE



# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati

VISTA IN PROSPETTO



# Collegamento Trave - Pilastro

## Esempi progettati/realizzati



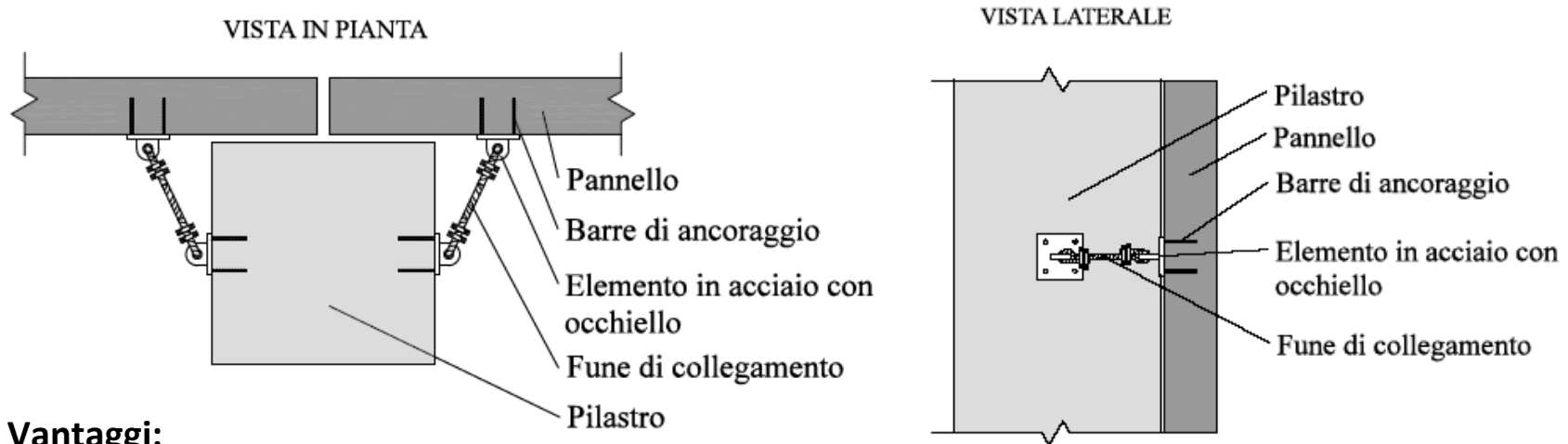
**Rinforzo di un pilastro reso  
toso dalla tamponatura**

# **Collegamento dei tamponamenti**

# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PO-1: Collegamento di pannelli orizzontali mediante funi



## Vantaggi:

- Se progettato in maniera corretta si ha il mantenimento dello schema statico originale (deve essere tarata la lunghezza della fune per garantire lo spostamento relativo tra pannello e pilastro)
- L'intervento è di facile e veloce realizzazione, ed economico

## Svantaggi:

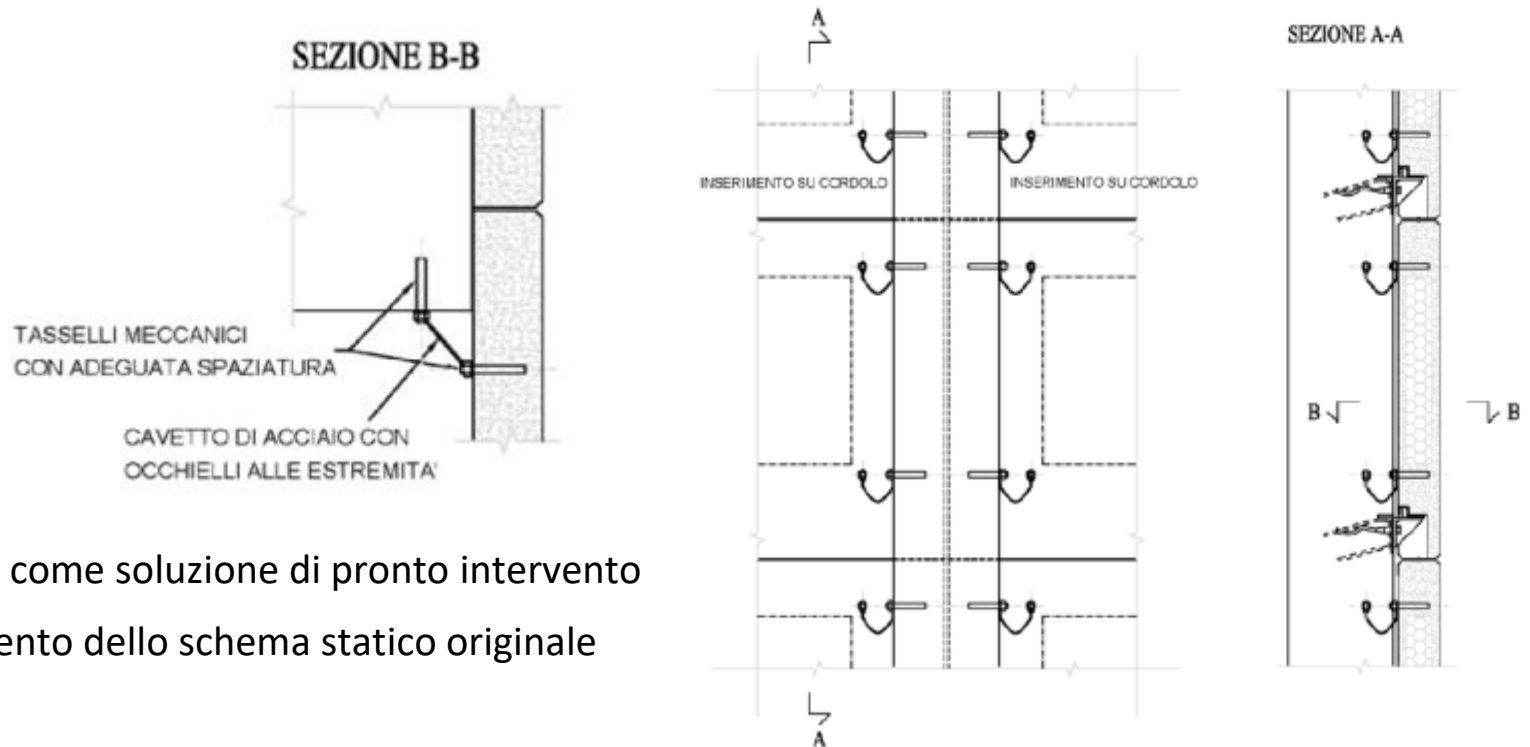
- Le funi così come riportate in figura non permettono lo spostamento del telaio
- L'ancoraggio mediante tasselli deve essere effettuato nelle zone di pannello a sezione di calcestruzzo piena, non ridotta dalla presenza dell'isolante.



# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PO-2: Inserimento di cavi anti-caduta per pannelli orizzontali mediante funi



## Vantaggi:

- Utilizzabile come soluzione di pronto intervento
- Mantenimento dello schema statico originale

## Svantaggi:

- La lunghezza delle funi deve essere tarata in modo tale da non introdurre un vincolo agli spostamenti della struttura nel piano del pannello
- L'ancoraggio mediante tasselli deve essere effettuato nelle zone di pannello a sezione di calcestruzzo piena, non ridotta dalla presenza dell'isolante.

# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PO-3: Collegamento di pannelli (orizzontali) ai pilastri

## Vantaggi:

- Semplicità esecutiva
- Non impedisce eventuali movimenti orizzontali del pannello e quindi non irrigidisce la struttura
- Utilizzabile come soluzione di pronto intervento ma progettabile nei riguardi spostamenti attesi dopo il miglioramento/adeguamento definitivo

## Svantaggi:

- Richiede l'individuazione delle armature del pilastro e di quelle nei cordoli di irrigidimento dei pannelli

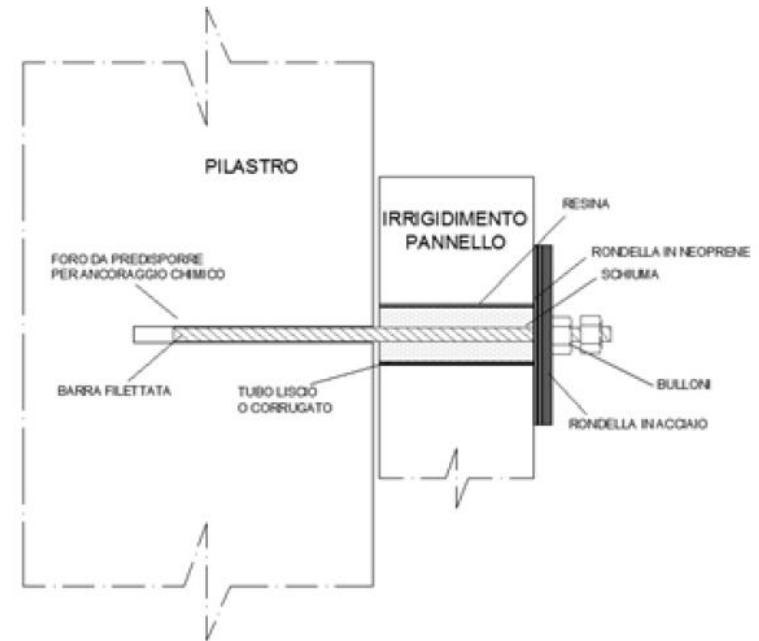
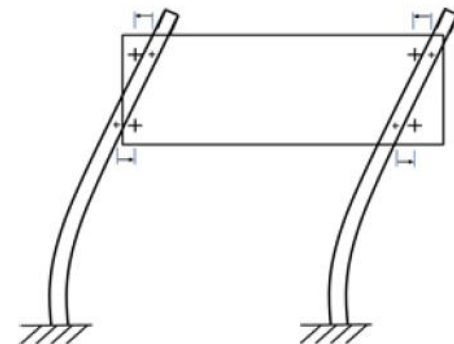


Figura 103 - Rappresentazione del collegamento



# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

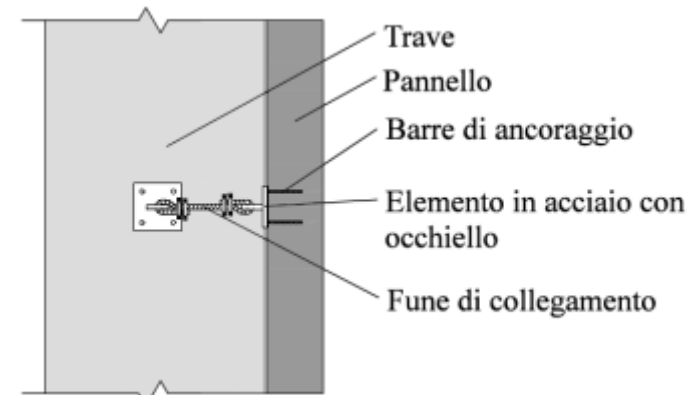
Rif: N.ID.PV-1: Collegamento di pannelli verticali mediante funi

## Vantaggi:

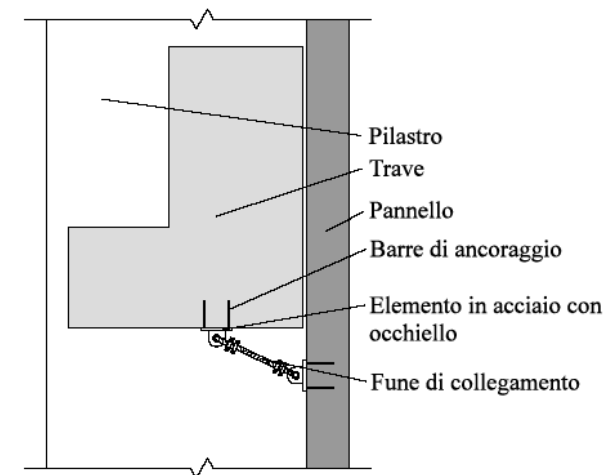
- Se progettato in maniera corretta si ha il mantenimento dello schema statico originale (deve essere tarata la lunghezza della fune per garantire lo spostamento relativo tra pannello e trave)

## Svantaggi:

- La lunghezza delle funi deve essere tarata in modo tale da non introdurre un vincolo agli spostamenti della struttura nel piano del pannello (ovvero la fune deve essere più lunga di quella indicata in figura, oppure lasciata un po' lasca: serve solo per evitare la caduta del pannello quando il profilo tipo «Halfen» si stacca)
- L'ancoraggio mediante tasselli deve essere effettuato nelle zone di pannello a sezione di calcestruzzo piena, non ridotta dalla presenza dell'isolante.
- L'ancoraggio alla trave deve essere effettuato nelle zone non interessate dal passaggio di trefoli da precompressione



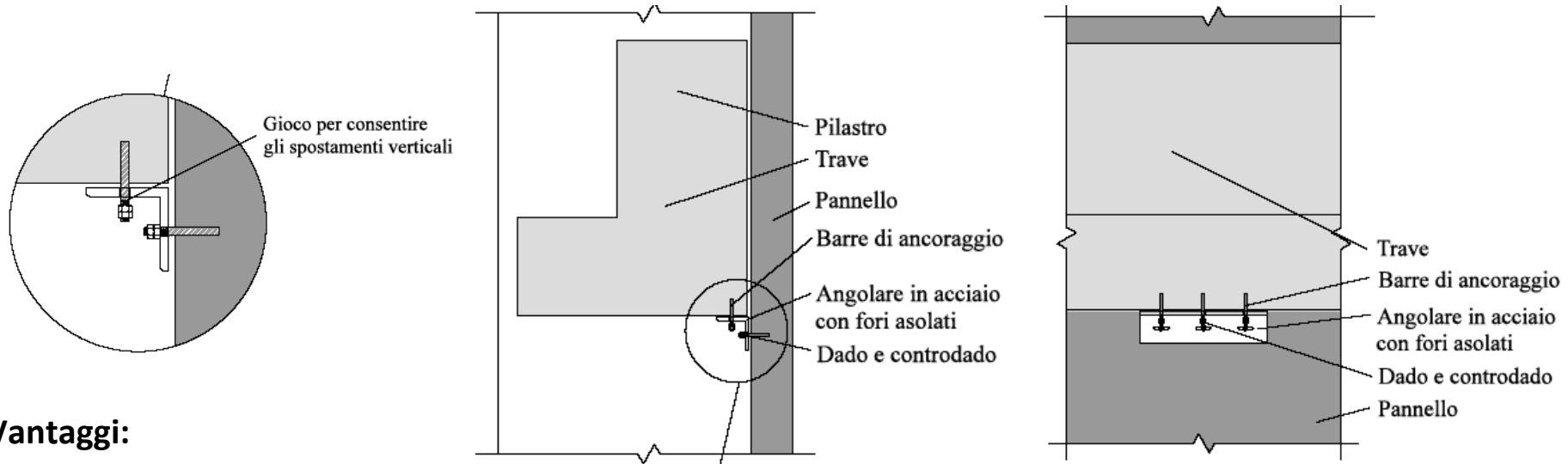
VISTA LATERALE



# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PV-2: Collegamento di pannelli verticali mediante squadrette in acciaio



## Vantaggi:

- Se progettato in maniera corretta si ha il mantenimento dello schema statico originale (deve essere tarata la lunghezza di asolatura dei fori per garantire lo spostamento relativo tra pannello e trave)

## Svantaggi:

- Gli spostamenti relativi tra pannello e trave sono in genere importanti e pertanto incompatibili con la soluzione, pur prevedendo l'asolatura dei fori
- L'ancoraggio mediante tasselli deve essere effettuato nelle zone di pannello a sezione di calcestruzzo piena, non ridotta dalla presenza dell'isolante.

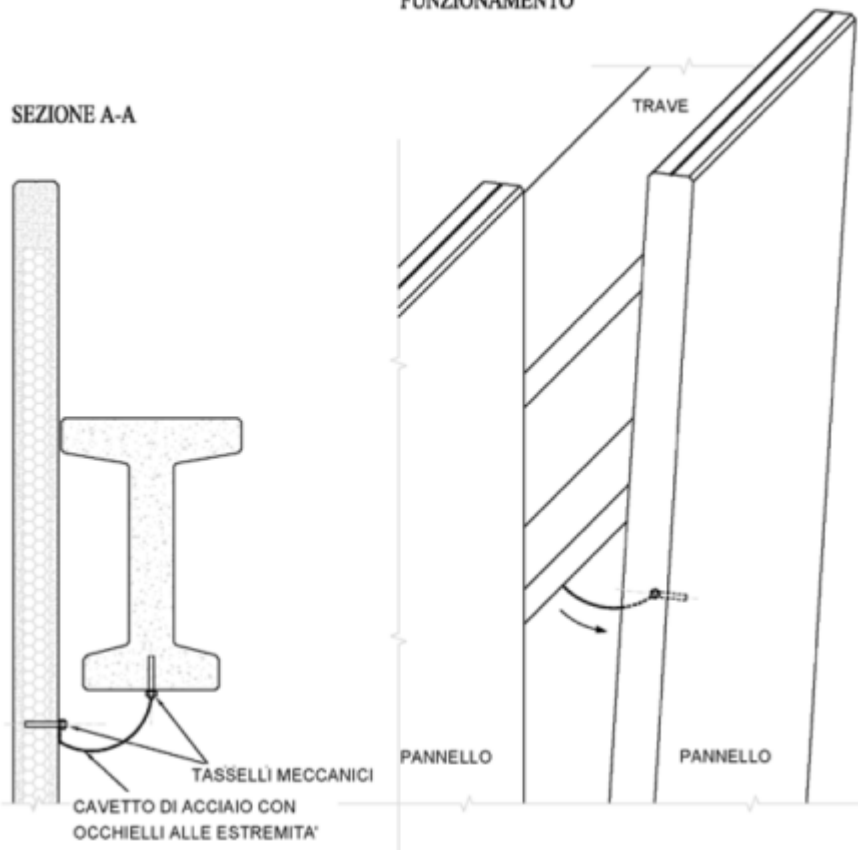
# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PV-3: Inserimento di cavi anti-caduta per pannelli verticali

MECCANISMO DI  
FUNZIONAMENTO

SEZIONE A-A



## Vantaggi:

- Se progettato in maniera corretta si ha il mantenimento dello schema statico originale (la lunghezza del cavetto di acciaio deve garantire lo spostamento relativo tra pannello e trave)

## Svantaggi:

- Introduce momenti torcenti impulsivi sulle travi
- L'ancoraggio mediante tasselli deve essere effettuato nelle zone di pannello a sezione di calcestruzzo piena, non ridotta dalla presenza dell'isolante.

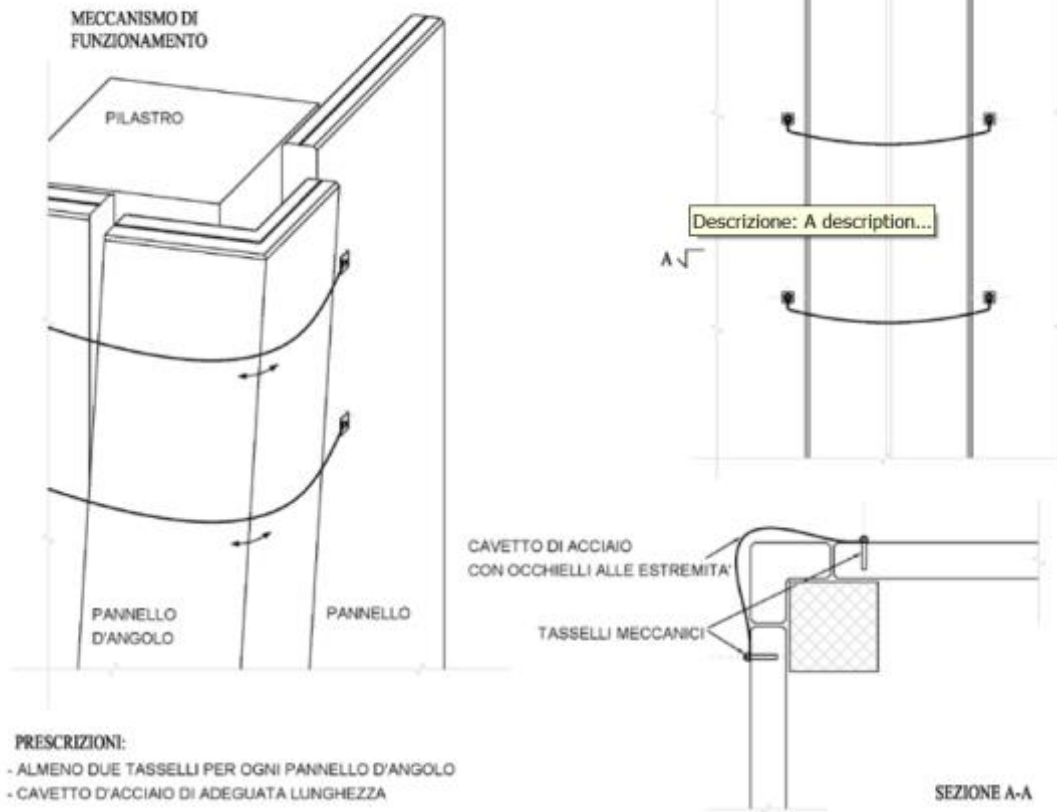


# Collegamento dei Tamponamenti

Linee di indirizzo Prot. Civile, Reluis, CNI, Assobeton

Rif: N.ID.PA-1: Inserimento di due cavi anti-caduta per pannelli d'angolo

*Connessione pannelli angolari 3c*



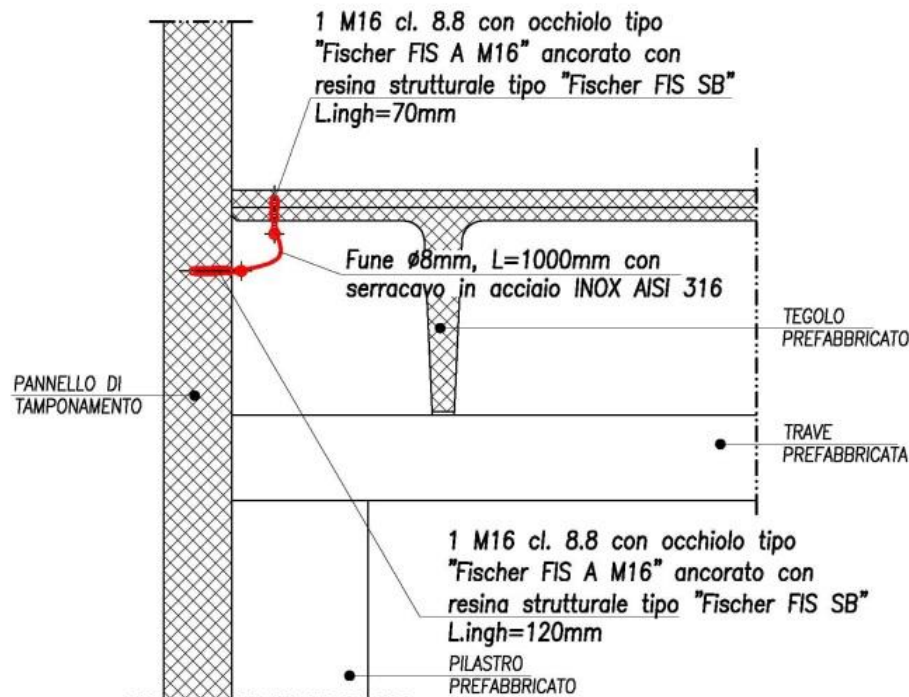
## Svantaggi:

- Utilizzabile solo come soluzione di pronto intervento
- Non evita il martellamento nell'angolo
- La stabilità del pannello angolare è subordinata a quella dei pannelli laterali

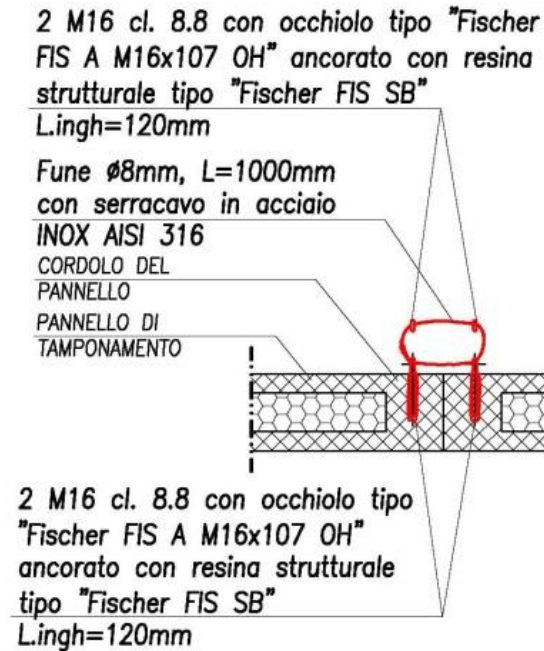
# Collegamento dei Tamponamenti

## Esempi progettati/realizzati

### INTERVENTO TIPO 3A — — — COLLEGAMENTO TEGOLO PREFABBRICATO—PANNELLO SCALA 1:20

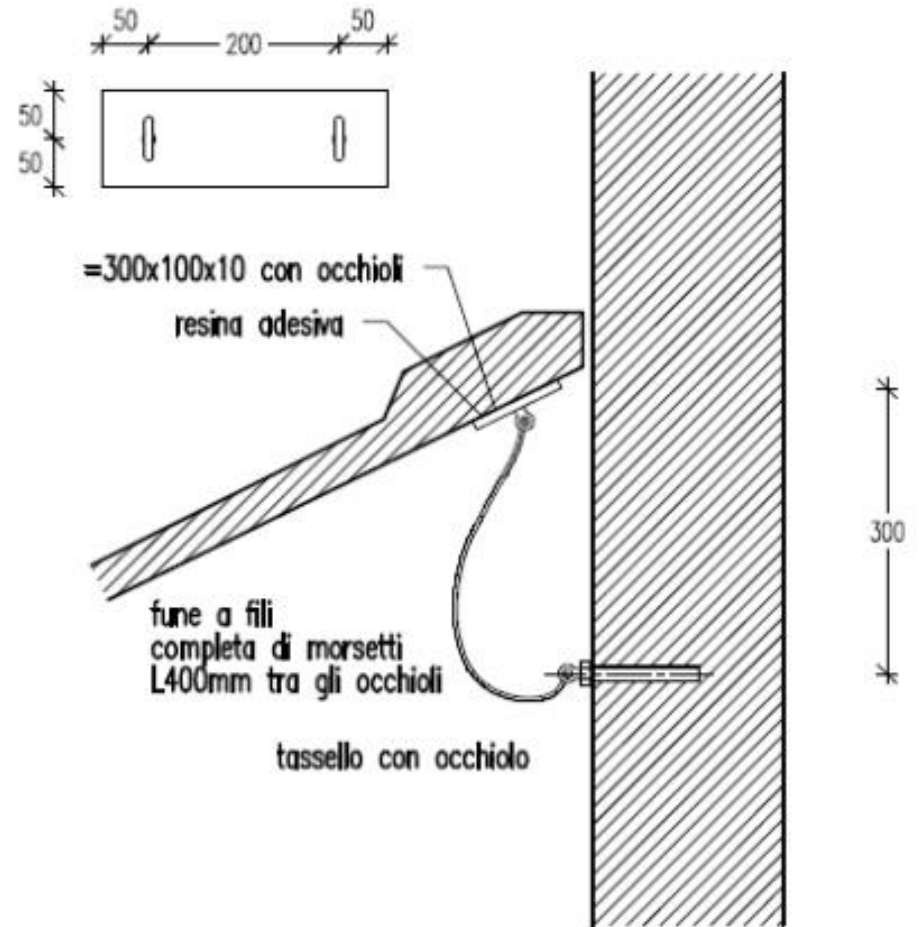
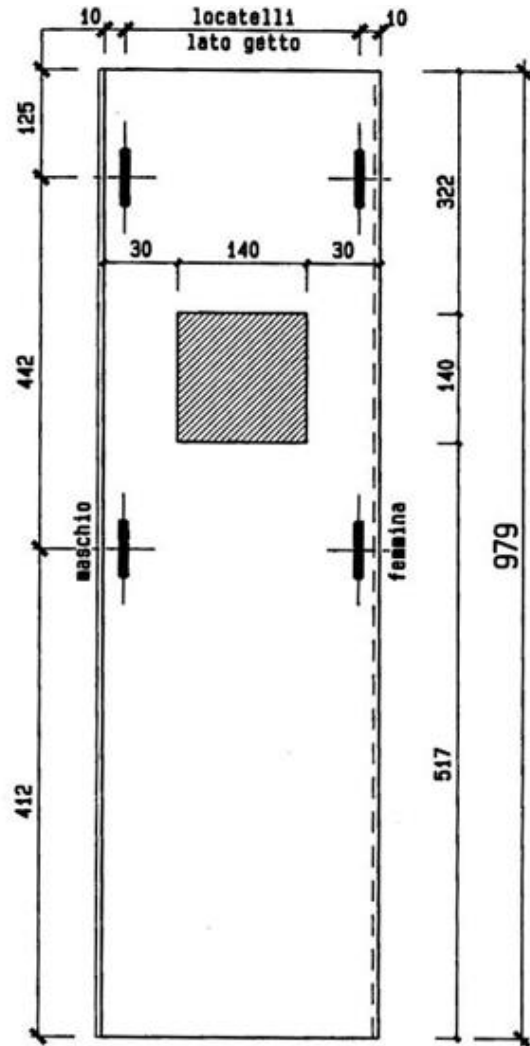


### PIANTA DEL COLLEGAMENTO STRUTTURA PRINCIPALE—PANNELLO SCALA 1:20



# Collegamento dei Tamponamenti

## Esempi progettati/realizzati



# Collegamento dei Tamponamenti

## Esempi progettati/realizzati

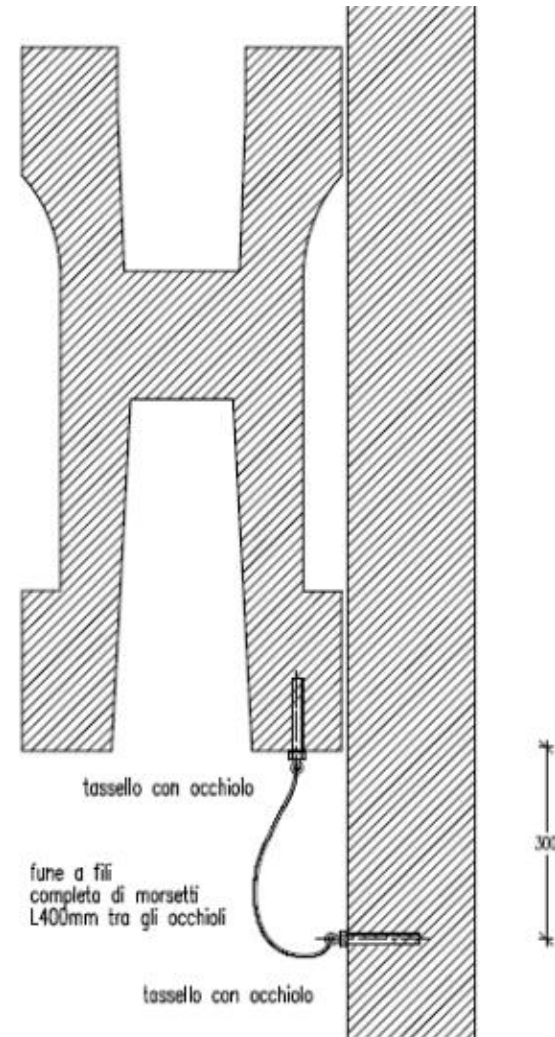
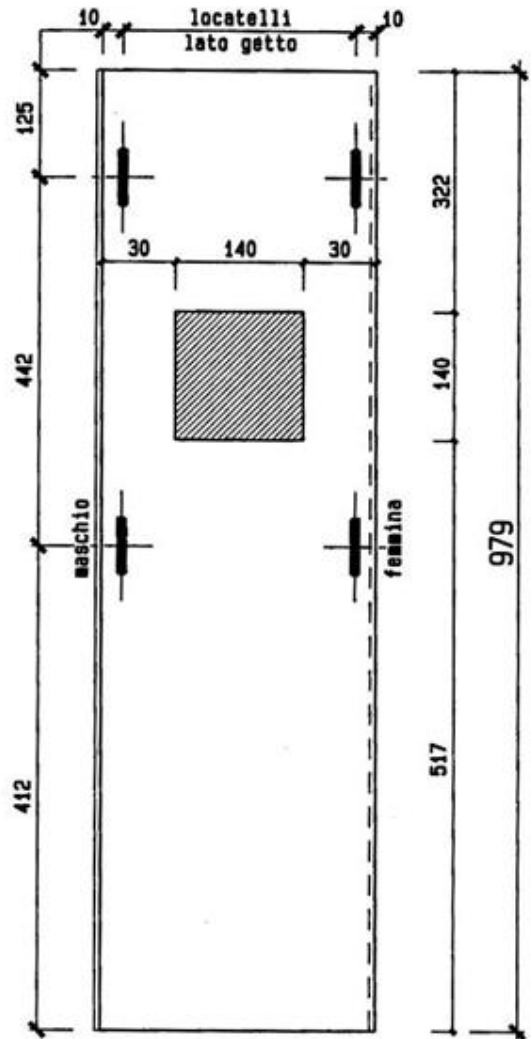
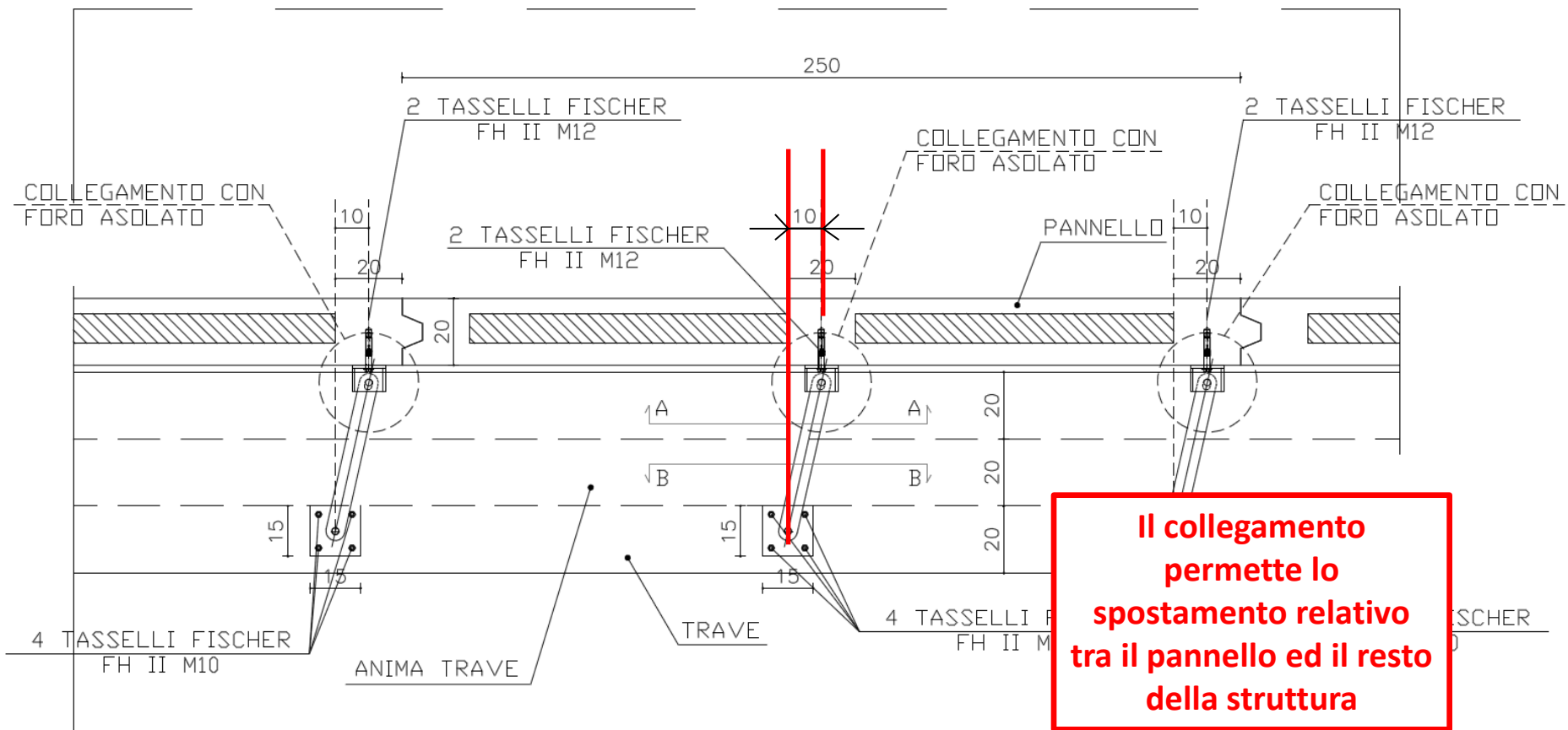


Figura 91: dispositivo di sicurezza con fissaggio dei pannelli alla trave H

# Collegamento dei Tamponamenti

## Esempi progettati/realizzati

### Collegamento pannelli verticali - trave



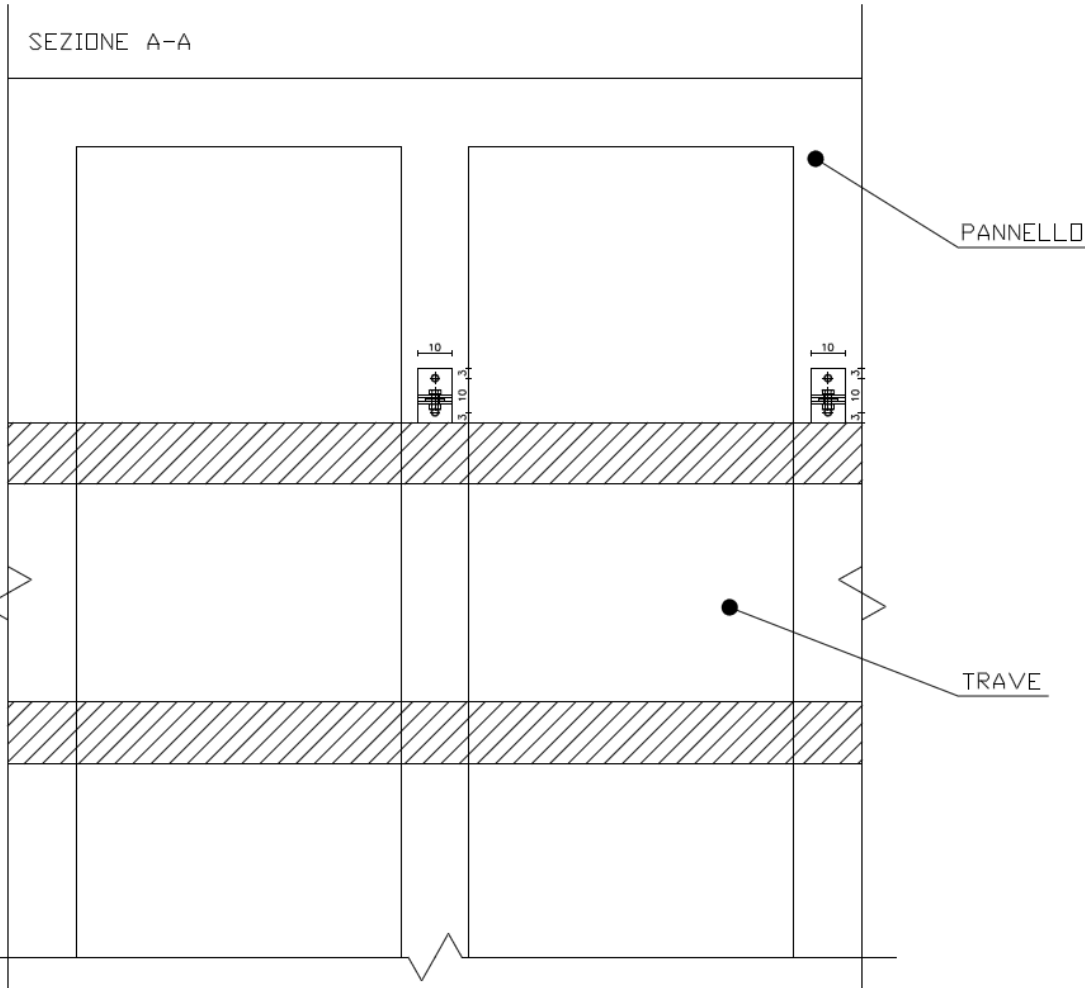


# Collegamento dei Tamponamenti

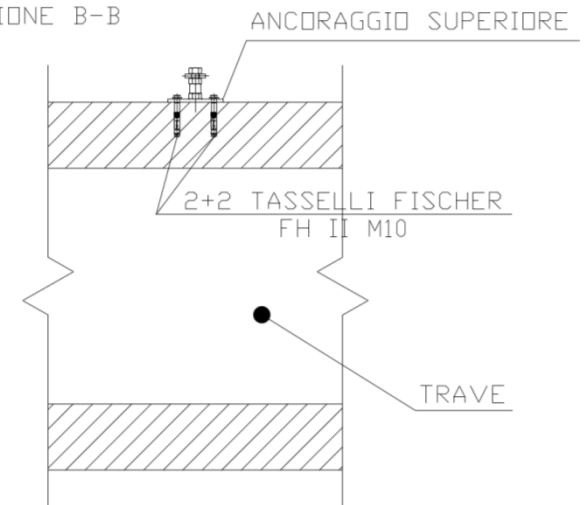
## Esempi progettati/realizzati

### Collegamento pannelli verticali - trave

SEZIONE A-A

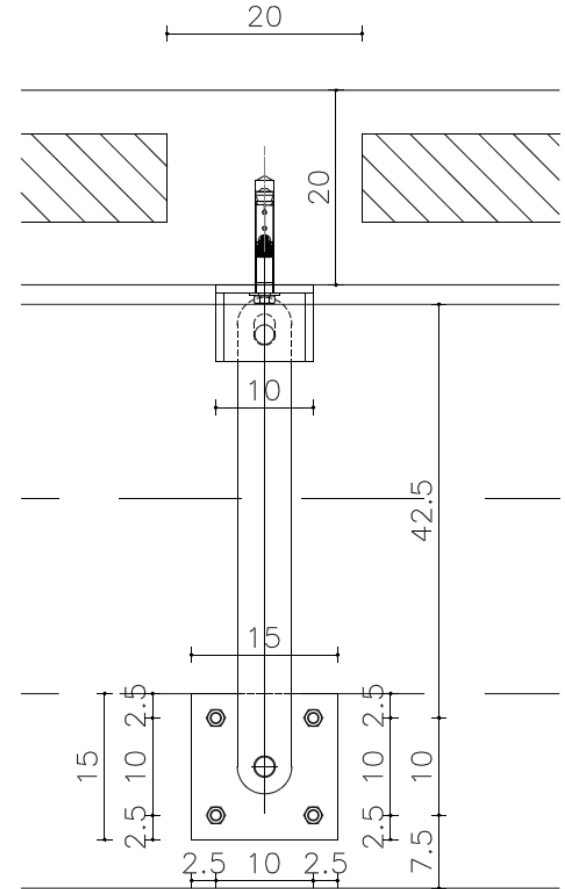
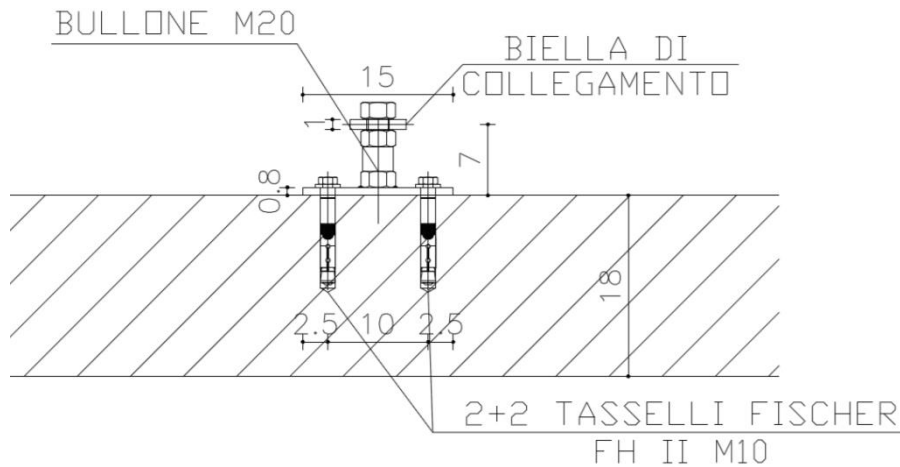
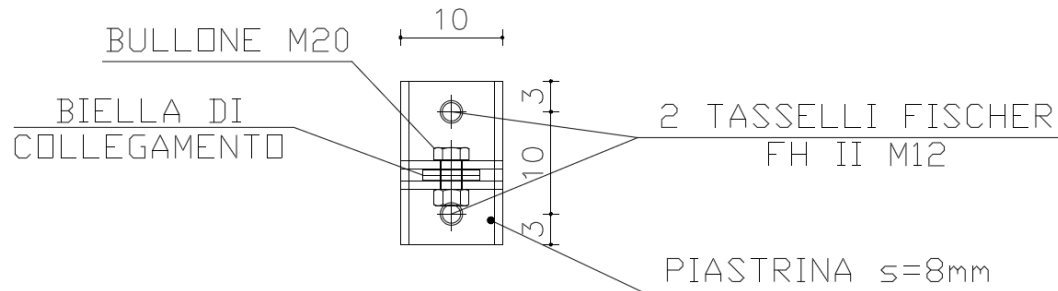


SEZIONE B-B



# Collegamento dei Tamponamenti

## Esempi progettati/realizzati

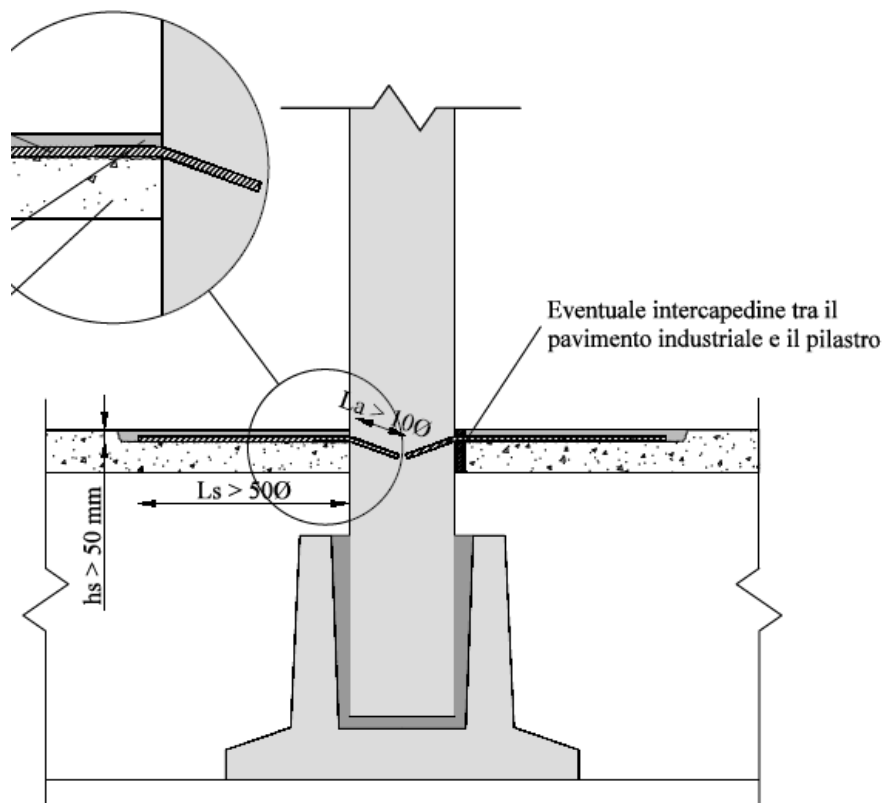


# **Interventi alla base dei pilastri e in fondazione**

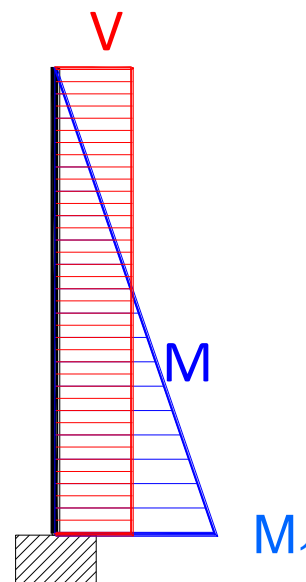
# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## N.ID.PF-1 Collegamento tra pilastro e pavimento industriale

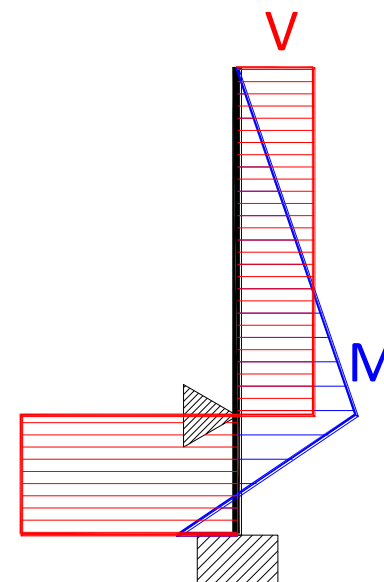
**cambiamento di schema statico!!!**



prima



dopo

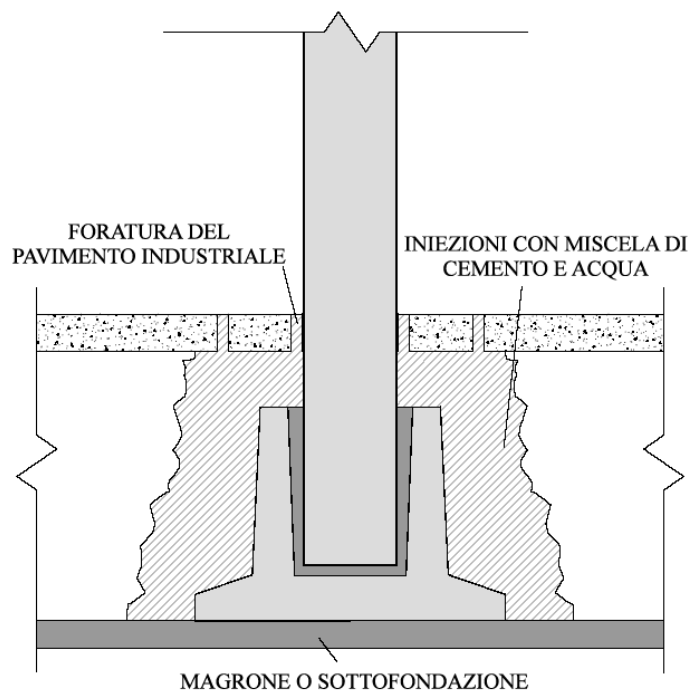


-picco di taglio sotto la soletta

**utilizzabile solo con sottopavimentazione in misto cementato o con intervento su soletta (realizzazione di un cordolo per collegarla al bicchiere)**

# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## N.ID.PF-2 Consolidamento del terreno circostante la fondazione con iniezioni di miscele cementizie a bassa pressione



### Vantaggi:

- Aumento sensibile della resistenza del sistema di fondazione alle azioni orizzontali
- Aumento della resistenza a taglio del pilastro sotto la pavimentazione

### Svantaggi:

- Esecuzione complessa e con macchinari generalmente ingombranti
- Possibili problemi di intasamento (pluviali, ecc)
- Difficoltà a collegare l'eventuale rinforzo della colonna con la miscela iniettata e valutare la reale efficacia dell'intervento

# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## N.ID.RP-5

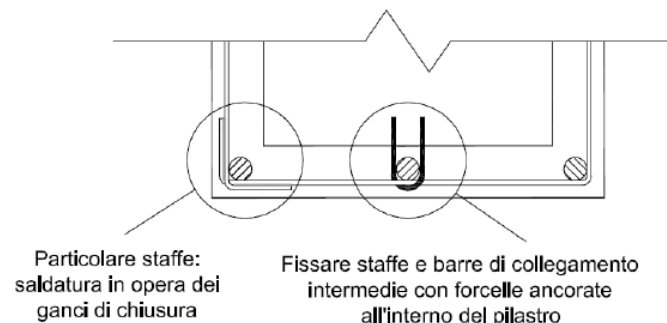
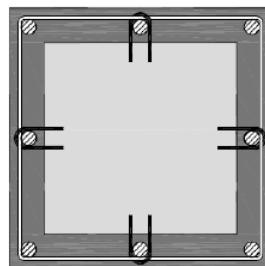
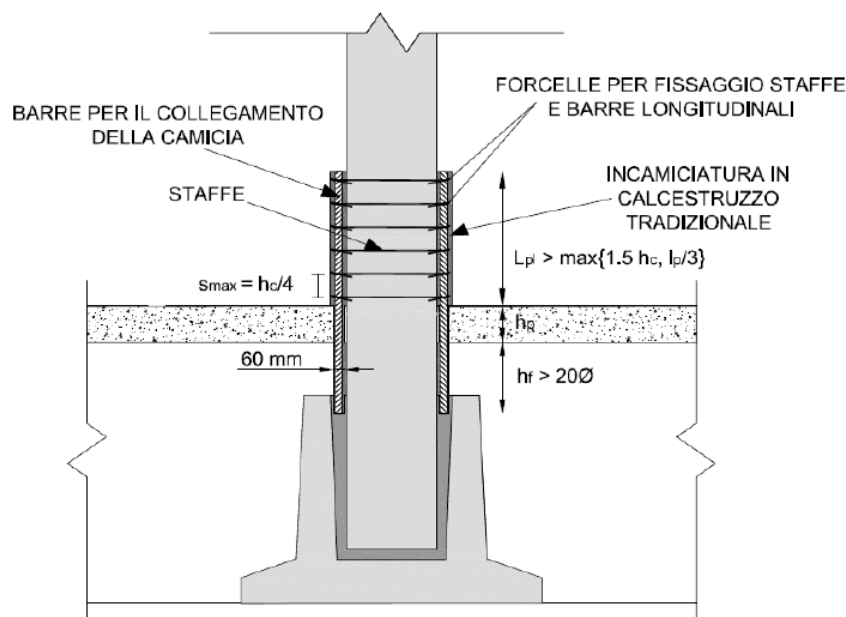
CONFINAMENTO E RINFORZO A PRESSOFLESSIONE DELLA BASE DEL PILASTRO MEDIANTE INCAMICIATURA IN C.A.

### Vantaggi:

- Incremento resistenza e duttilità sezione di base pilastro

### Svantaggi:

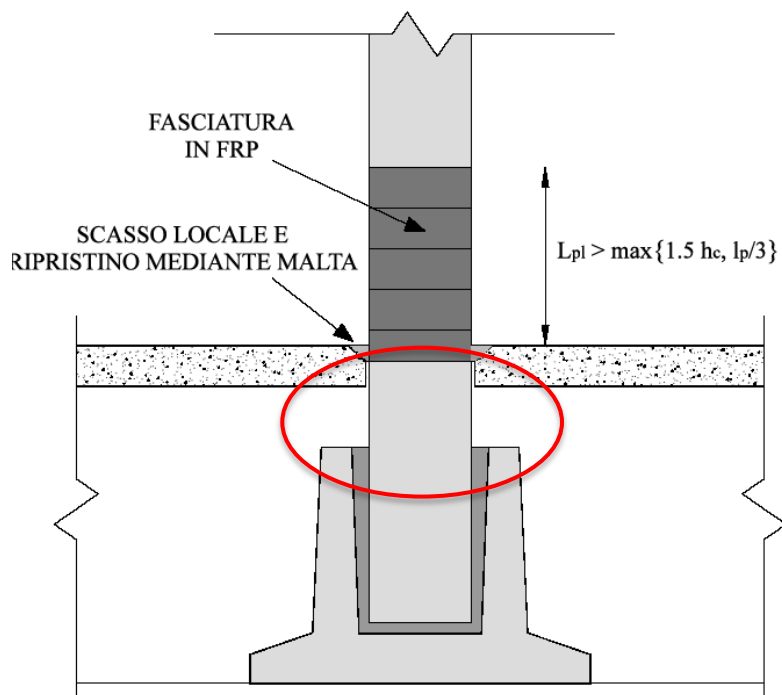
- Metodo invasivo e laborioso
- L'altezza a cui terminare l'intervento va definita in base alla resistenza del pilastro esistente





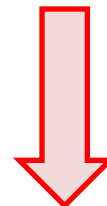
# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## N.ID.RP-1 Confinamento alla base dei pilastri mediante fasciatura in FRP



**sezione debole al di sotto della soletta!!!**

- Meglio estendere la fasciatura fino al bicchiere;
- Utilizzare la fasciatura di confinamento per legare barre lamine o fasciature di rinforzo



# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## N.ID.RP-7

CONFINAMENTO E RINFORZO A PRESSOFLESSIONE DELLA BASE DEL PILASTRO CON MATERIALE COMPOSITO FIBRORINFORZATO CON "FIOCCHI" DI ANCORAGGIO AL PIEDE

### Vantaggi:

- Ridotto ingombro dell'intervento
- Nessuna variazione significativa di rigidezza degli elementi rinforzati

### Svantaggi:

- Lavorazione delicata e con materiali non tradizionali
- L'altezza a cui terminare l'intervento va definita in base alla resistenza del pilastro esistente

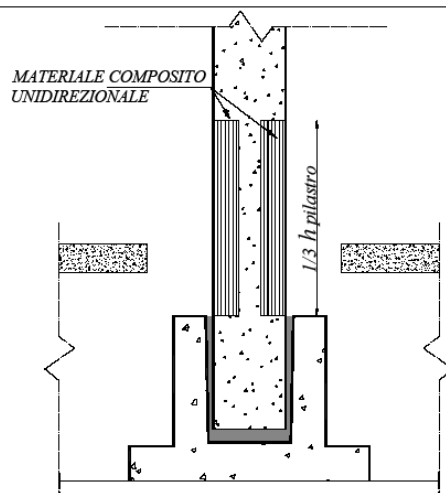


Figura 105 - Applicazione del tessuto metallico. Sezione verticale

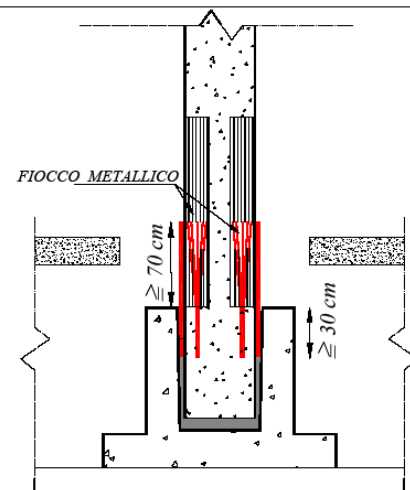


Figura 106 - Applicazione del tessuto metallico. Sezione orizzontale

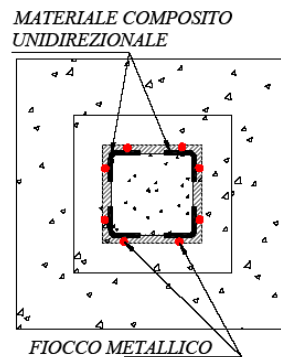


Figura 107 - Applicazione del tessuto quadri assiale

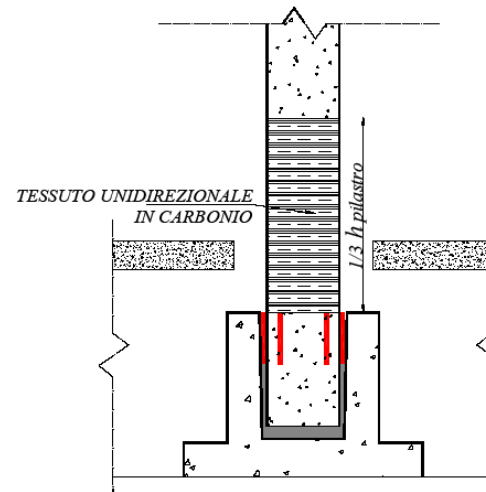


Figura 108 - Applicazione del tessuto unidirezionale

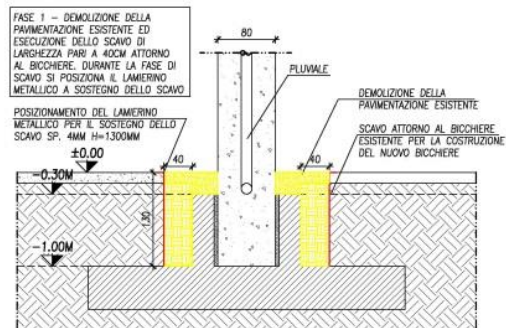
# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## Esempi progettati/realizzati – Rinforzo bicchiere di fondazione

### FASI DI LAVORO

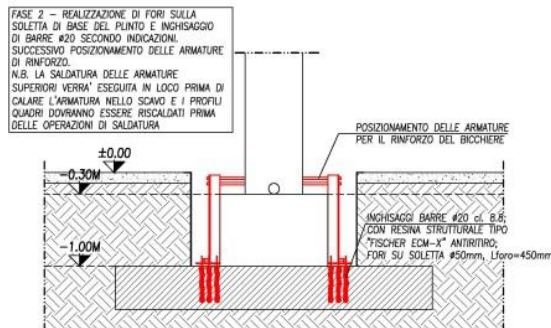
#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 1 SEZIONE B-B

SCALA 1:50



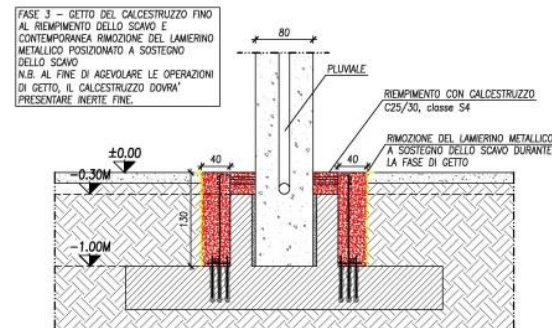
#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 2 SEZIONE B-B

SCALA 1:50



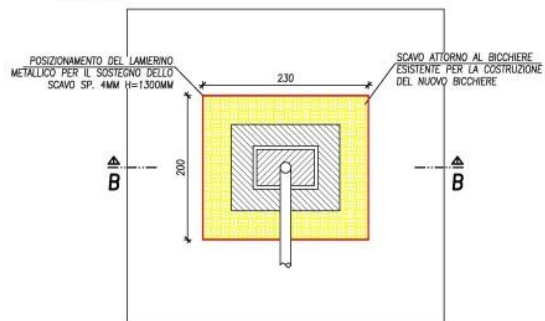
#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 3 SEZIONE B-B

SCALA 1:50



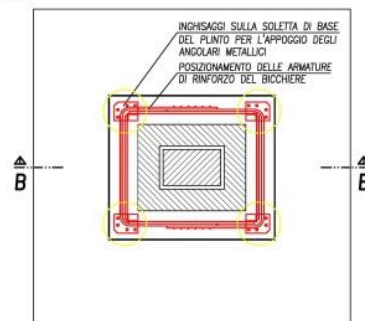
#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 1 PIANTA

SCALA 1:50



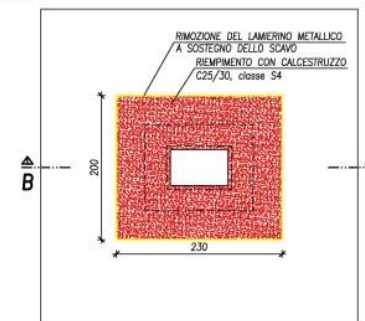
#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 2 PIANTA

SCALA 1:50



#### RINFORZO BICCHIERI – FASE 3 PIANTA

SCALA 1:50

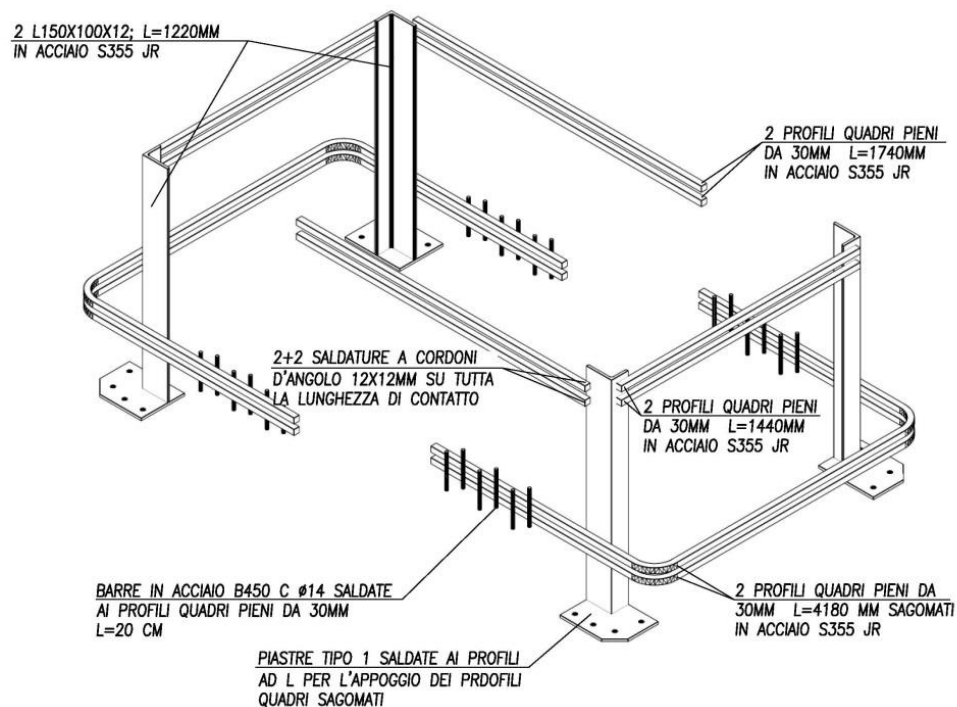


# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## Esempi progettati/realizzati – Rinforzo bicchiere di fondazione

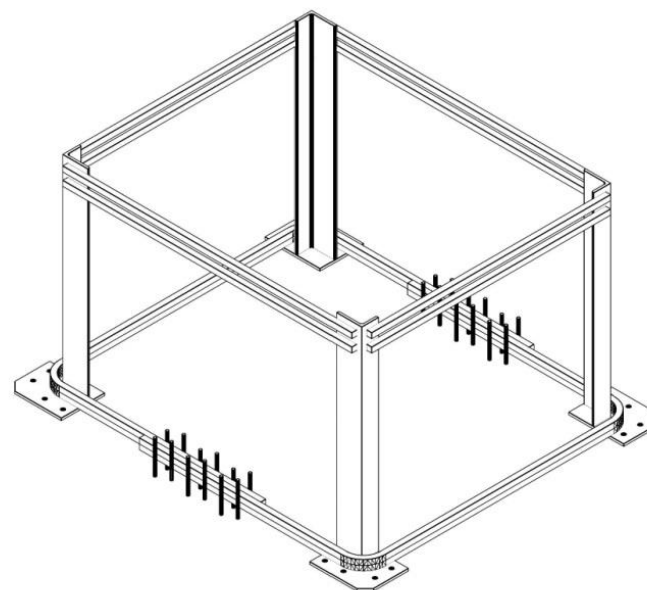
SPACCATO TRIDIMENSIONALE DELLE ARMATURE DI RINFORZO DEL BICCHIERE DEL PLINTO

SCALA 1:50



VISTA TRIDIMENSIONALE DELLE ARMATURE DI RINFORZO DEL BICCHIERE DEL PLINTO

SCALA 1:50



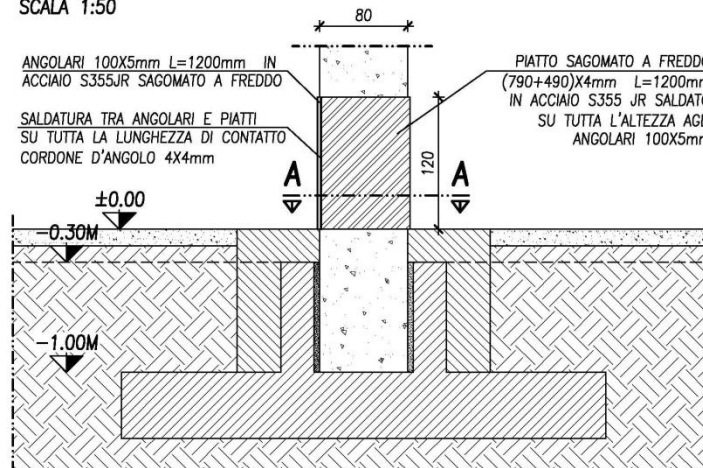
# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## Esempi progettati/realizzati – Confinamento del pilastro alla base

### INTERVENTO TIPO 1

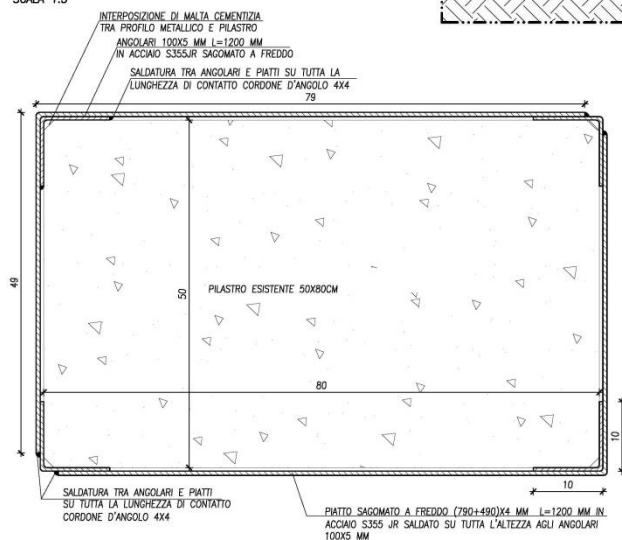
#### SEZ B-B PILASTRO 50X80CM

SCALA 1:50



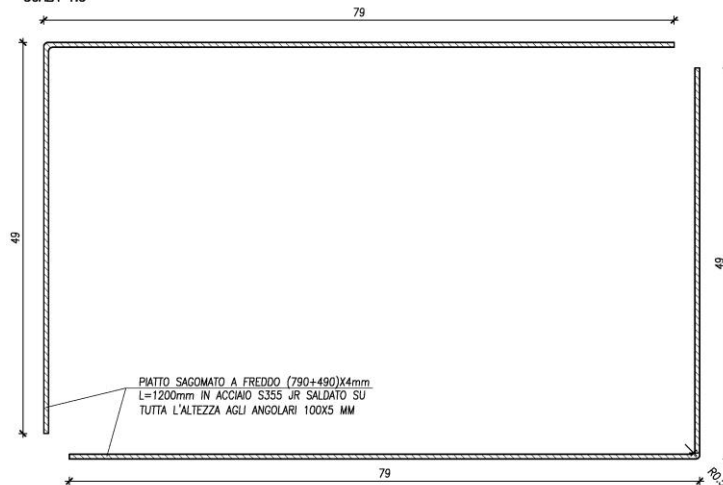
#### SEZIONE A-A PILASTRO 50X80CM

SCALA 1:5



#### ESPLOSO PIATTI SAGOMATI A FREDDO Sp4mm

SCALA 1:5

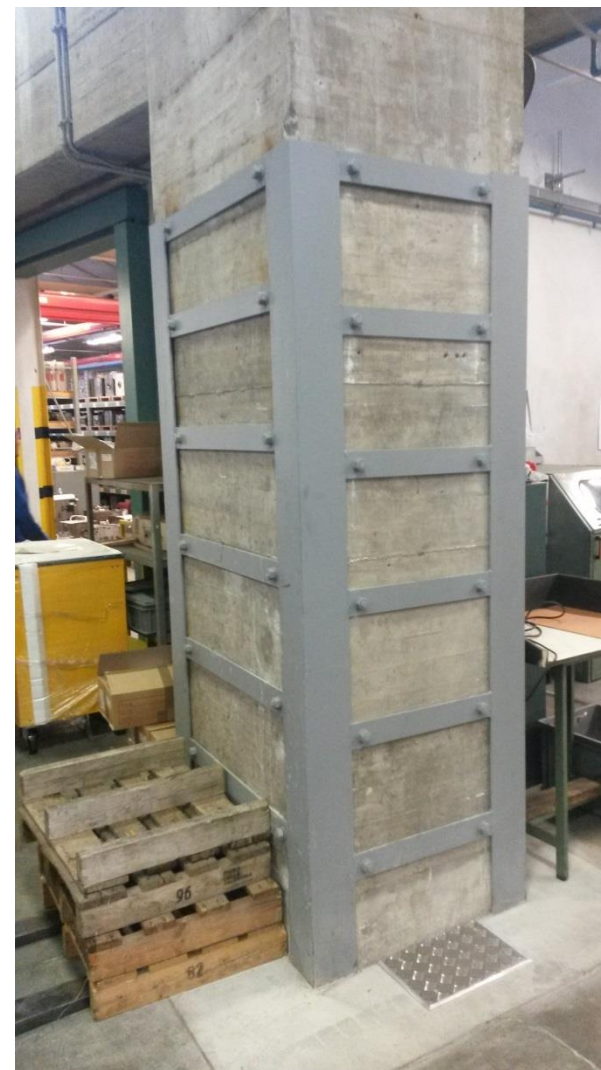
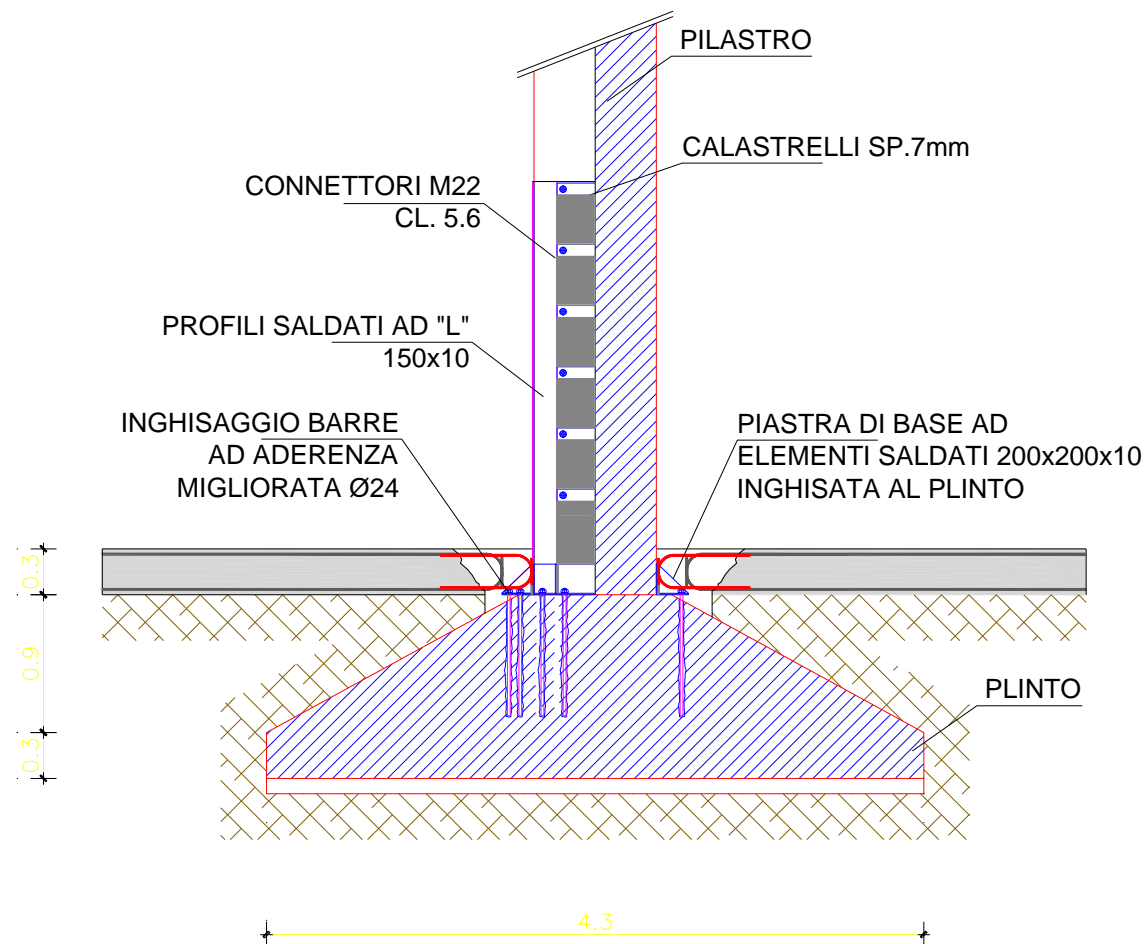


N.B.: I PIATTI DOVRANNO ESSERE RISCALDATI PRIMA DELLE OPERAZIONI DI SALDATURA



# Interventi alla base dei pilastri e in fondazione

## Esempi progettati/realizzati – Rinforzo del pilastro alla base





## Esempi progettati/realizzati – Rinforzo del pilastro alla base

Technical drawing of a reinforced concrete column cross-section (PILASTRO 80X110) showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes a central column with a diagonal hatching pattern, surrounded by a rectangular frame. The frame consists of a central rectangular area (PILASTRO 80X110) and four corner triangular areas (PIATTO TRIANGOLARE SP=10mm). The reinforcement is shown as circles with a cross inside, representing Ø24 bars. Dimensions are given in millimeters. The overall width is 1100mm and the overall height is 1200mm. The central column has a width of 800mm and a height of 1100mm. The frame has a width of 100mm and a height of 100mm. The corner triangular areas have a width of 100mm and a height of 100mm. The reinforcement is spaced at 100mm (SP=10mm).



**Tecniche innovative**

# Tecniche innovative

L'idea di base della dissipazione è quella di consumare l'energia del sisma in punti prestabiliti (fusibili/dissipatori) preservando le strutture fondamentali

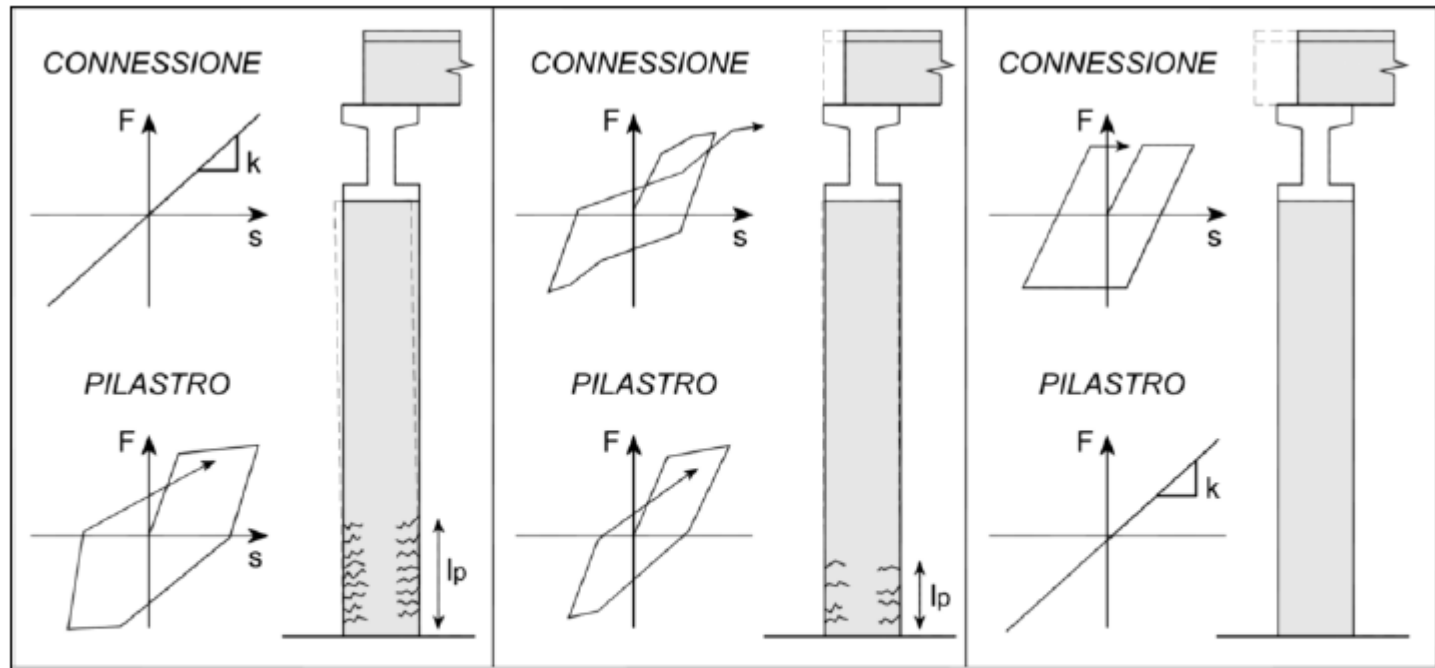
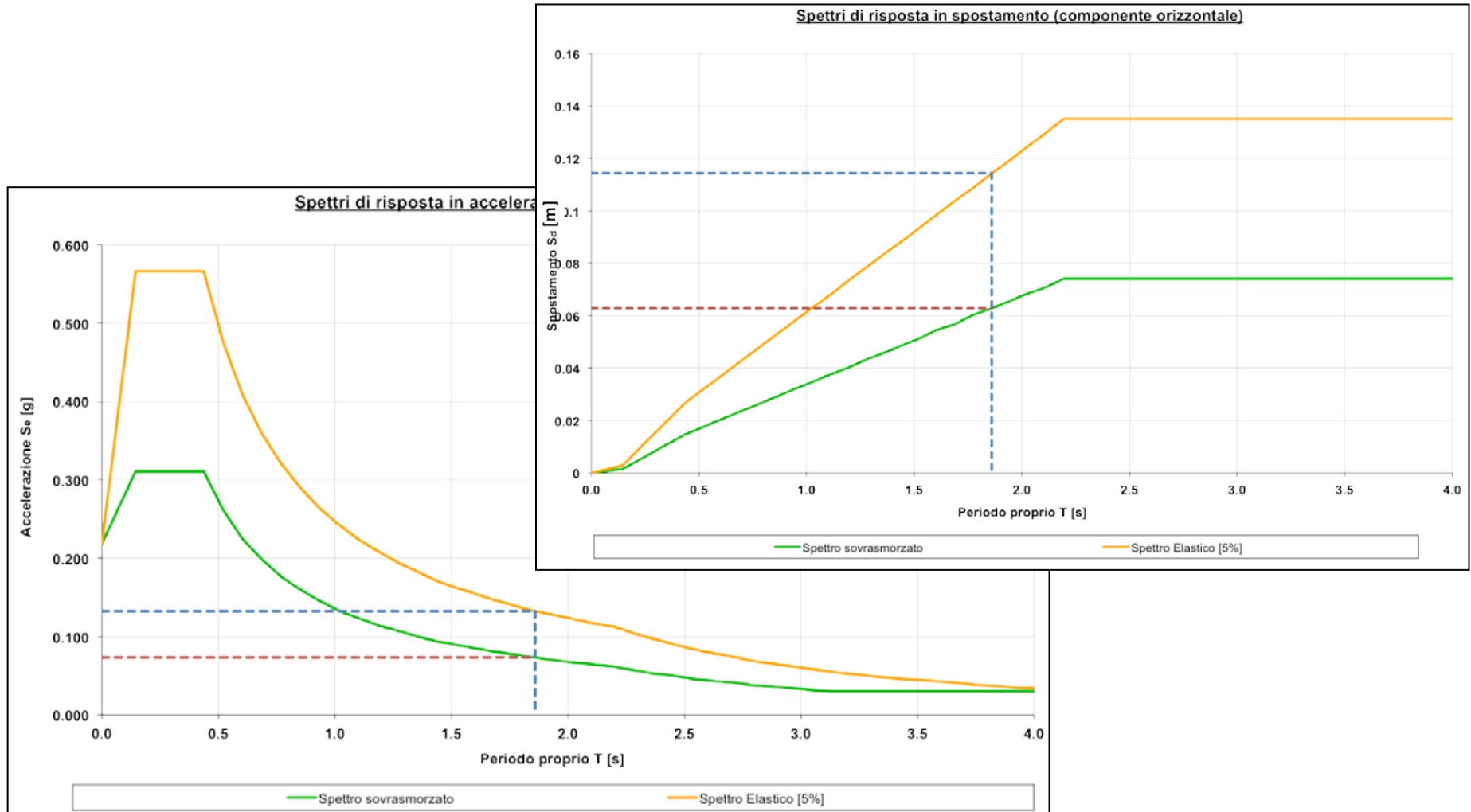


Figura 4.1:

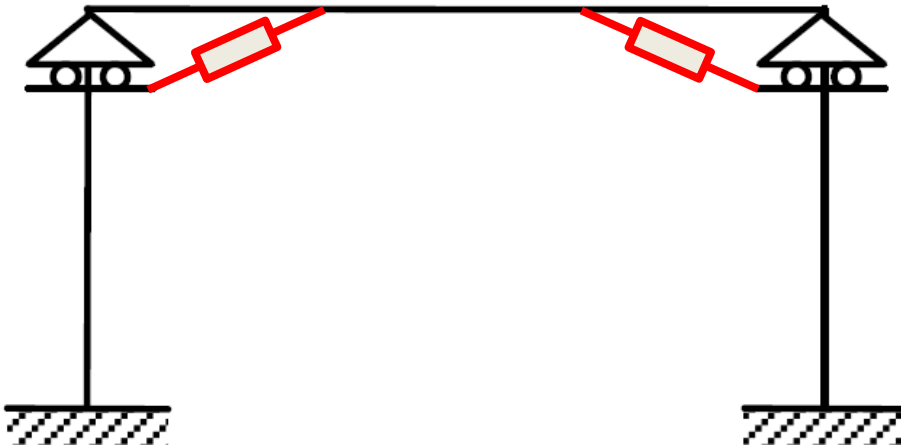
Raffronto tra il comportamento del pilastro e della connessione pilastro-trave nei 3 diversi approcci: tradizionale, ibrido e dissipativo.

# Tecniche innovative

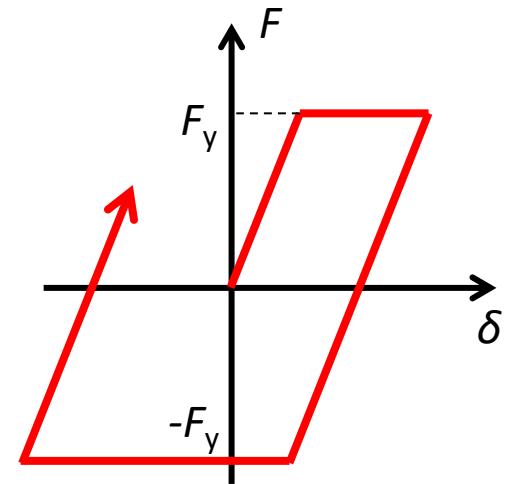
**Passando dallo spettro standard (smorzamento  $\xi=5\%$ ) ad uno spettro sovrasmorzato (es.  $\xi=30\%$ ) si riduce sia l'accelerazione sentita dalla struttura che i suoi spostamenti**



# Tecniche innovative



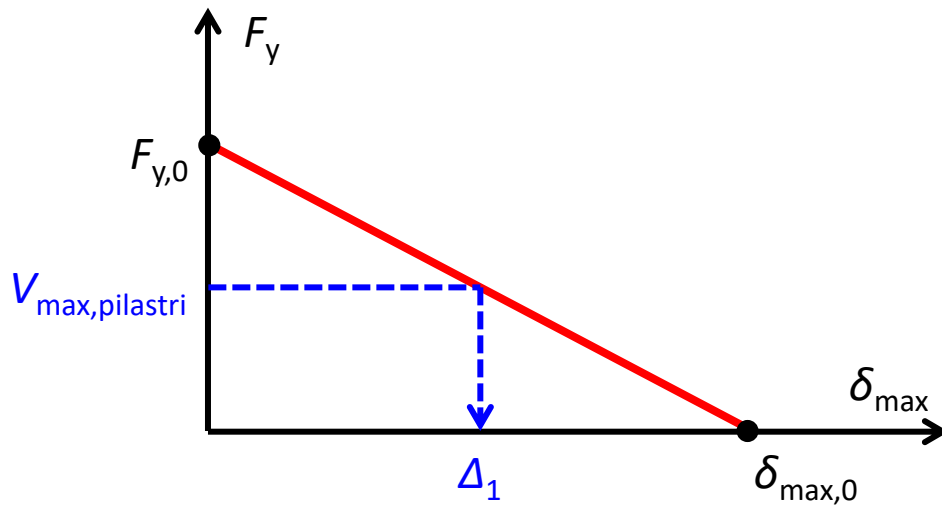
**Appoggi con dissipatori**



**Dissipatore elasto-plastico**

# Tecniche innovative

## Relazione fra soglia plastica e corsa del dispositivo di appoggio



$$\delta_{\max} = \begin{cases} S_{De}(T) - \frac{F_y}{k} & T \leq T_c \\ S_{De}(T) \frac{1 - \left( \frac{m S_e(T)}{F_y} - 1 \right) \frac{T_c}{T}}{\frac{m S_e(T)}{F_y}} - \frac{F_y}{k} & T > T_c \end{cases}$$

$$F_{y,0} = m \cdot S_e(T)$$

$$\delta_{\max,0} = \begin{cases} S_{De}(T) & T \leq T_c \\ S_{De}(T) T_c / T & T > T_c \end{cases}$$

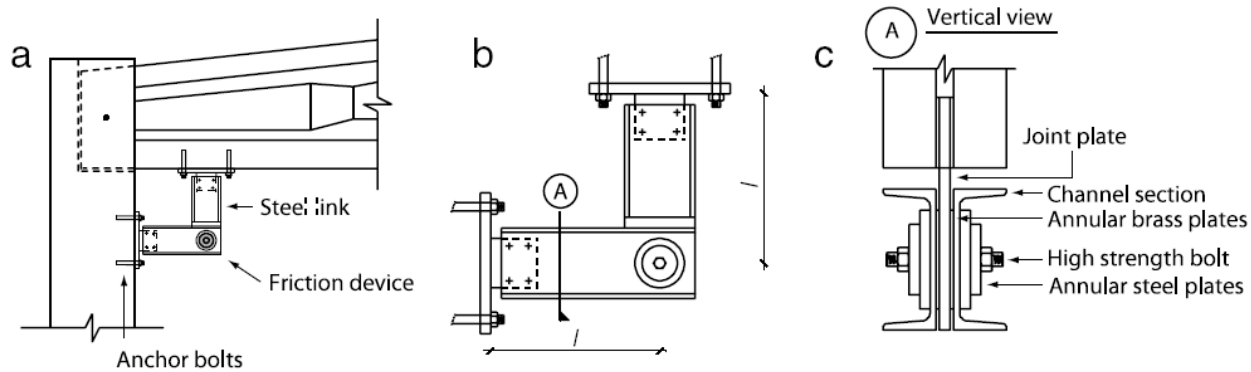
- 1) Si progetta un dispositivo con una soglia plastica pari al massimo taglio sopportabile dai pilastri (es. azione del vento)  $F_y = V_{\max, \text{pilastri}}$
- 2) Si determina la corsa massima  $\Delta_1$  del dispositivo
- 3) Si determina il massimo spostamento relativo fra le basi dei pilastri di appoggio  $d_{ij}$
- 4) L'appoggio deve garantire spostamenti  $\Delta = \Delta_1 + d_{ij}$



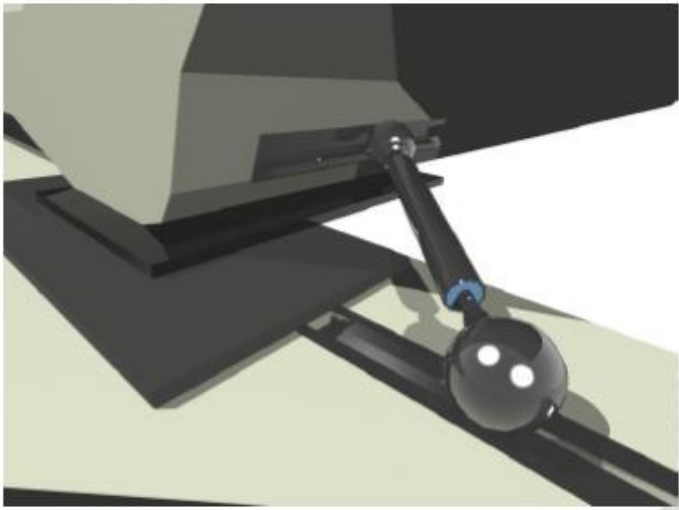
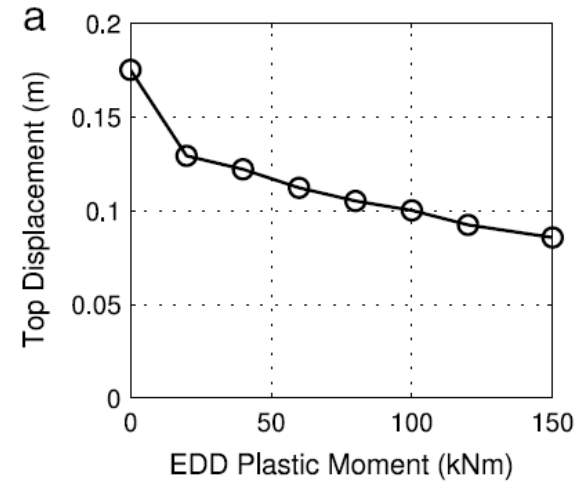
# Tecniche innovative

## Esempi di dispositivi di collegamento dissipativi recentemente proposti

P. Martinelli, M.G. Mulas / *Engineering Structures* 32 (2010) 1123–1132



**Fig. 4.** Energy dissipating device: (a) local incorporation, (b) front view and (c) section view detail.

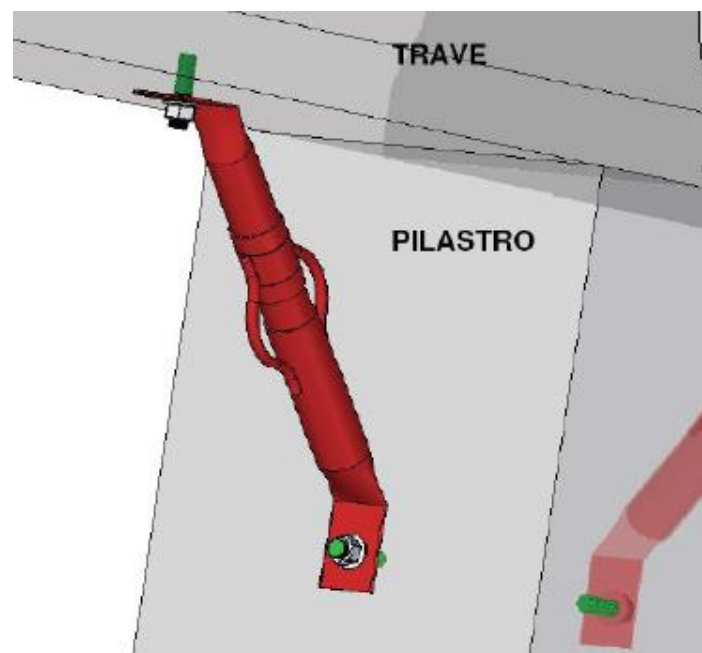
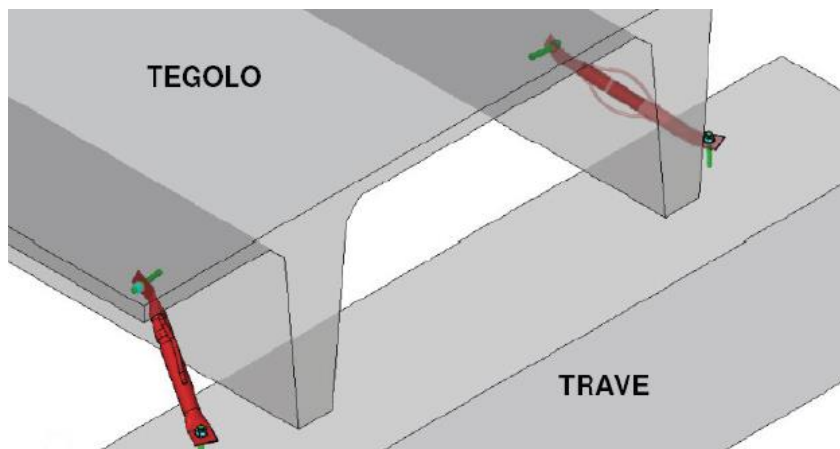


**MiniBIB**

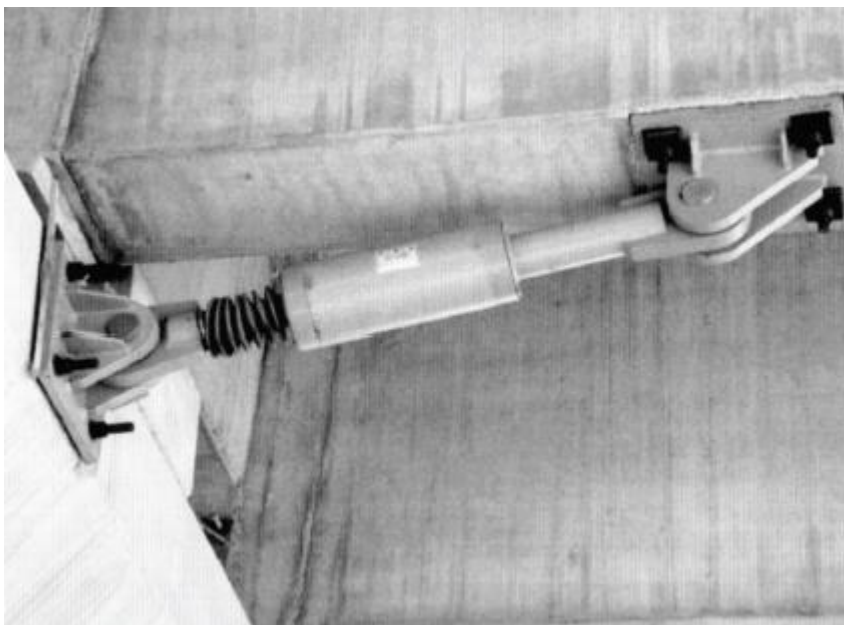


# Tecniche innovative

## Esempi di dispositivi di collegamento dissipativi recentemente proposti



**Elasto plastici**

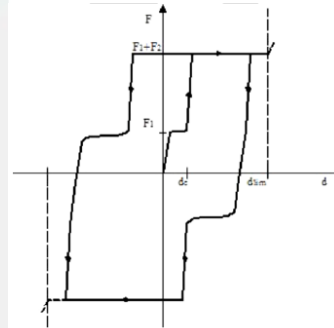
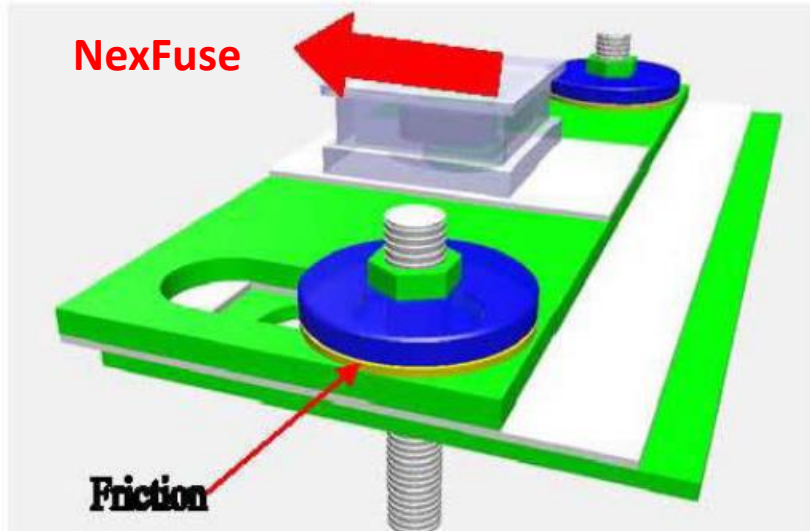


**Viscosi**

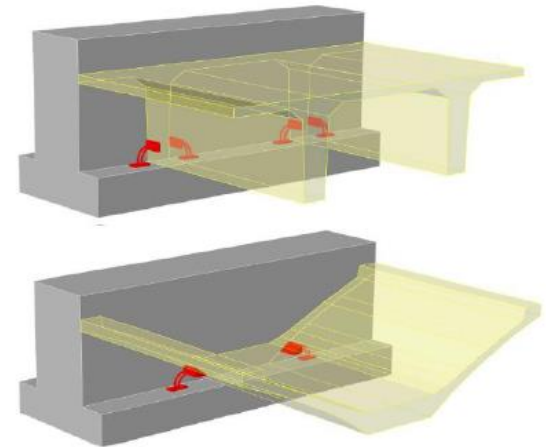
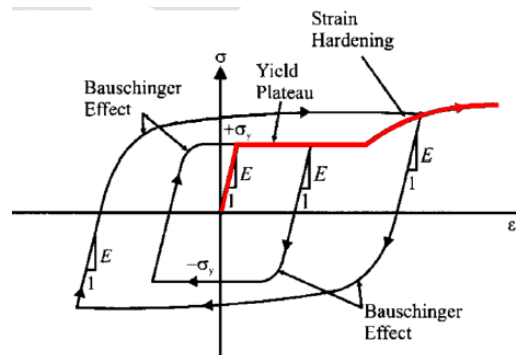
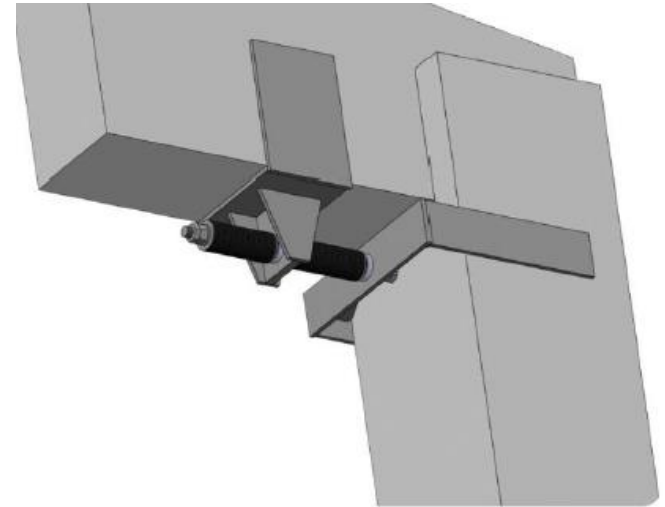
# Tecniche innovative

## Esempi di dispositivi di collegamento dissipativi recentemente proposti

NexFuse

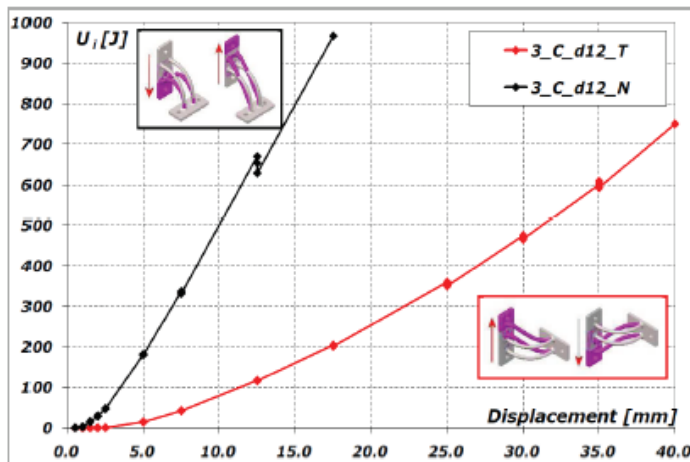
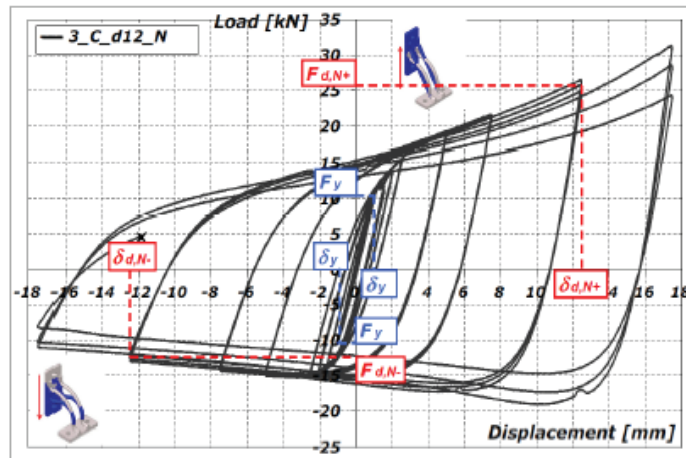
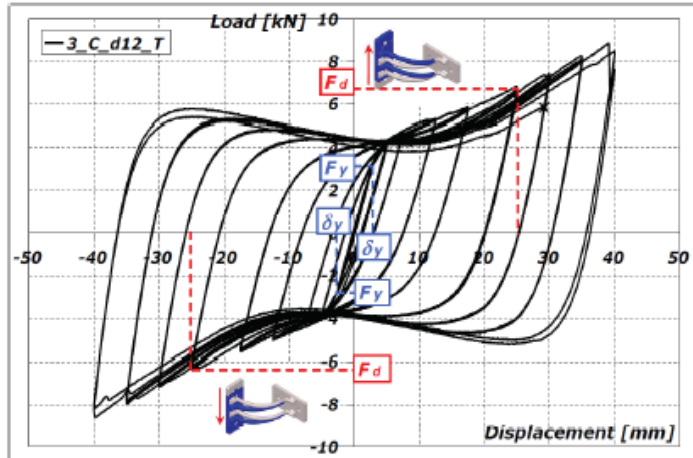


SismoCell

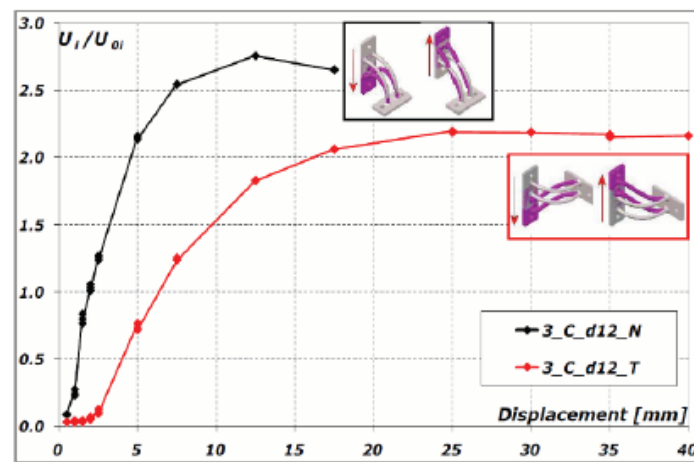


# Tecniche innovative

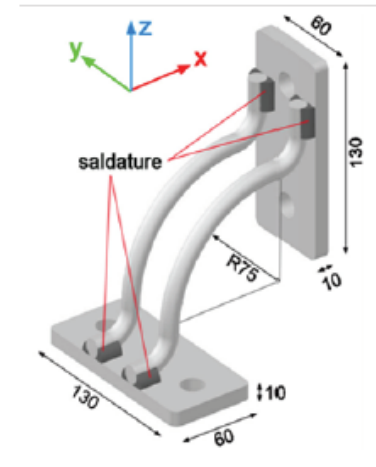
## Esempi di dispositivi di collegamento dissipativi recentemente proposti



Energia dissipata assoluta



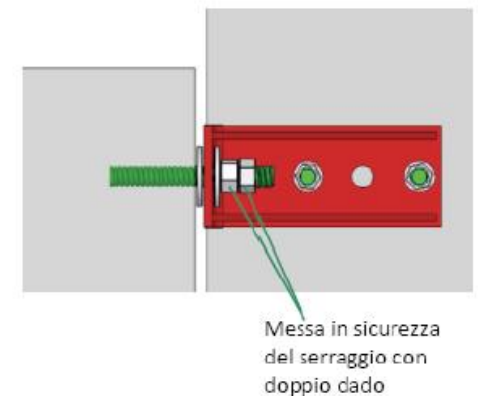
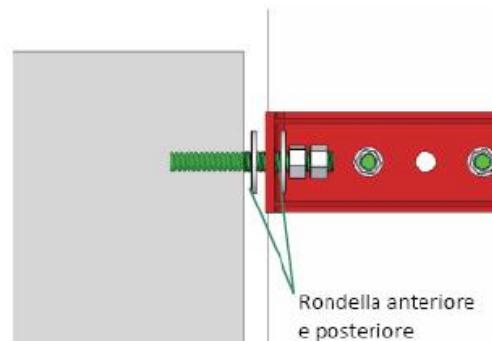
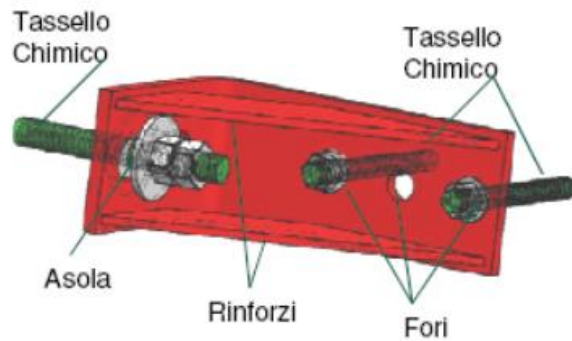
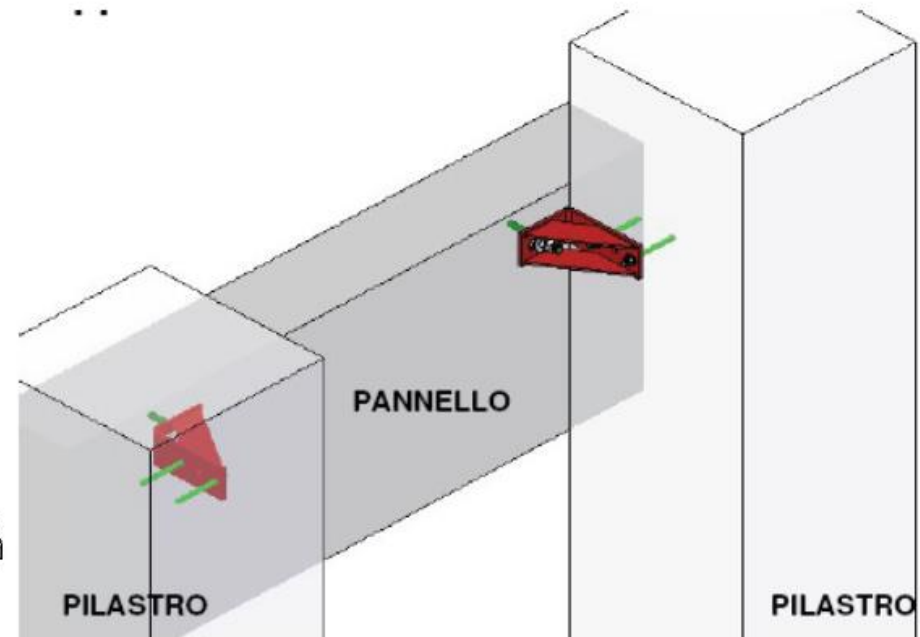
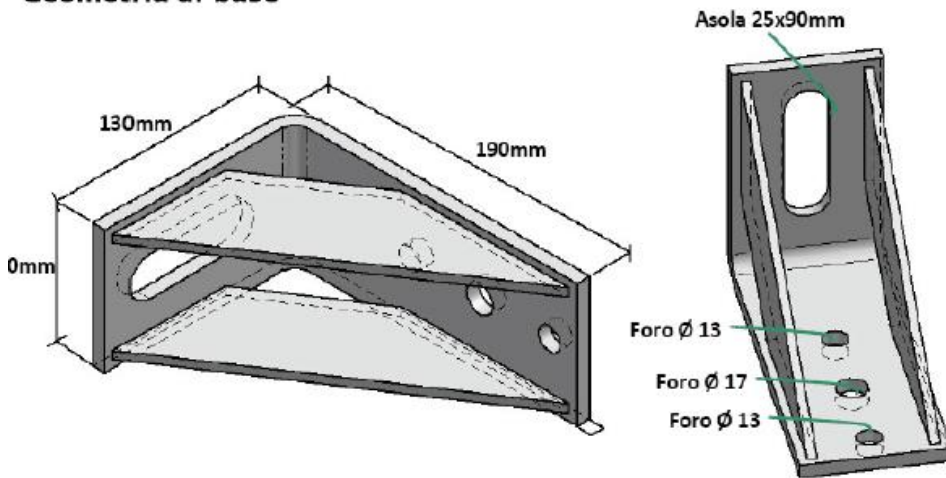
Energia dissipata adimensionalizzata



# Tecniche innovative

## Collegamento di pannelli orizzontali mediante elementi in acciaio scorrevoli

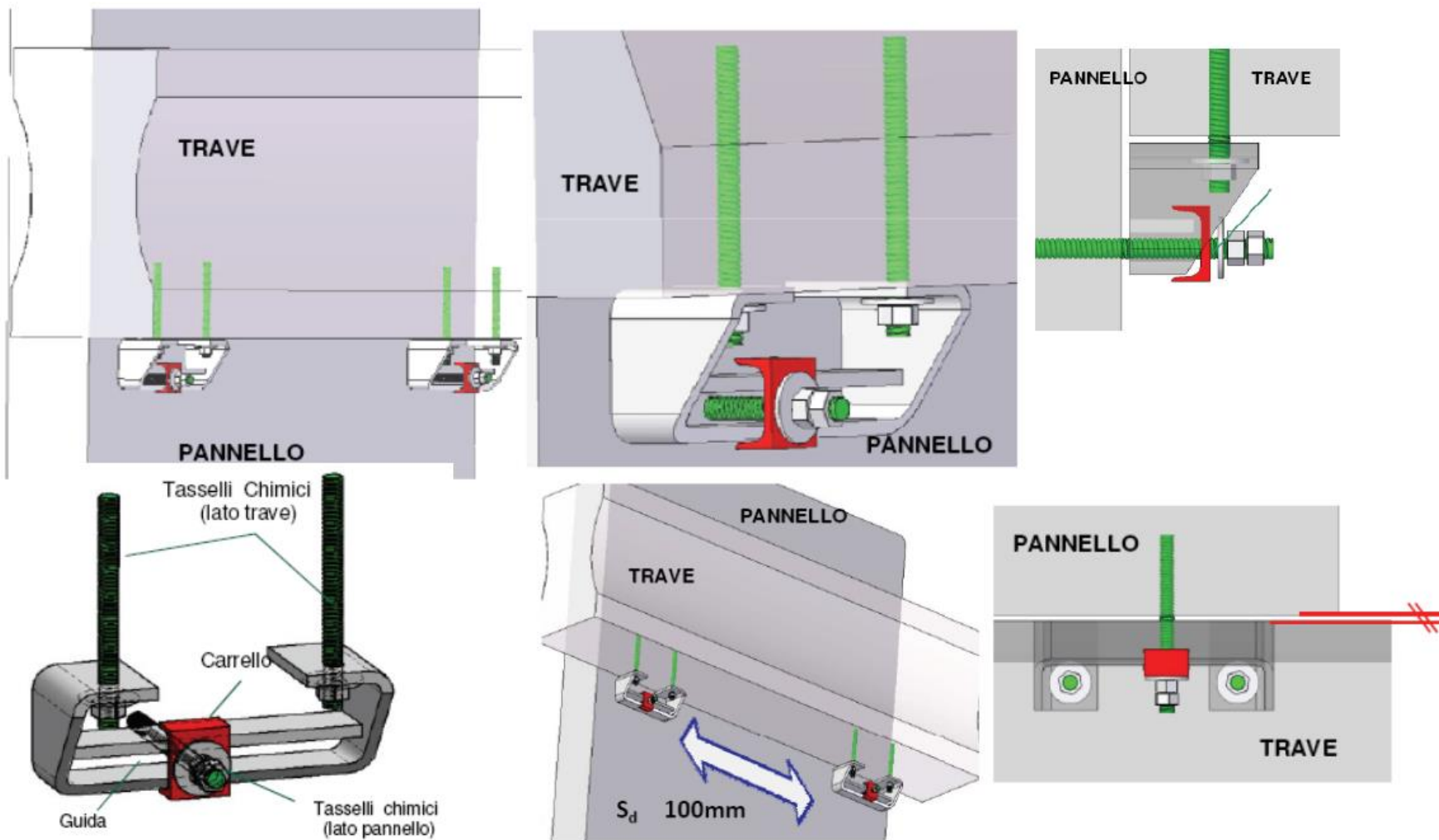
Geometria di base





# Tecniche innovative

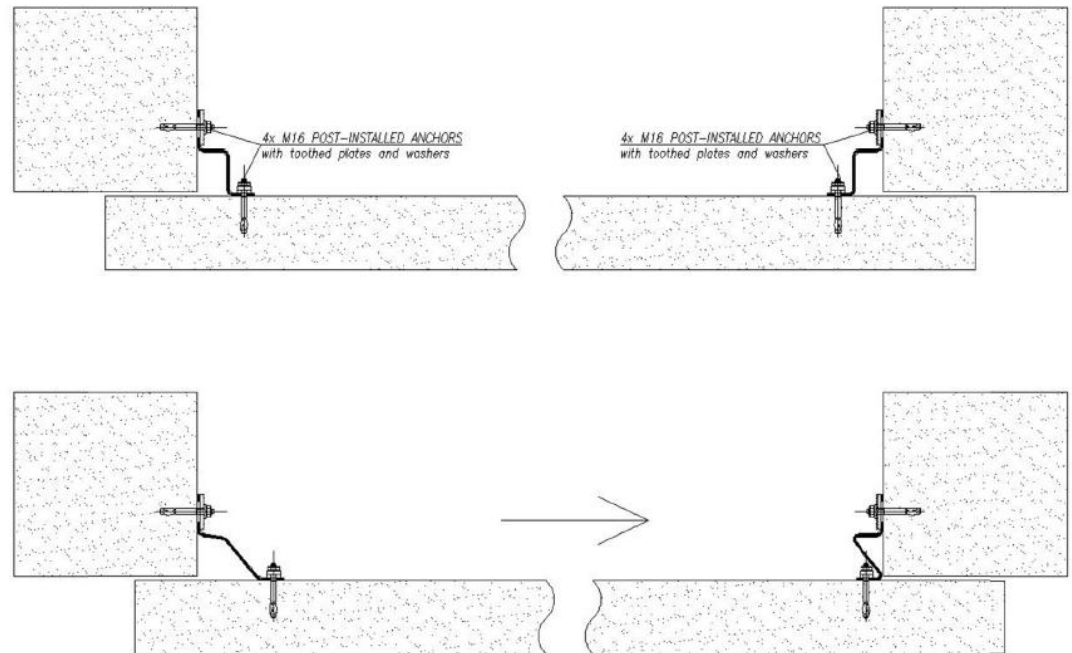
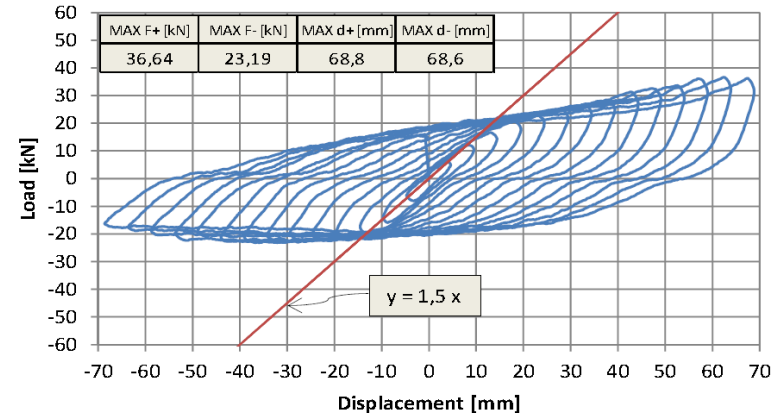
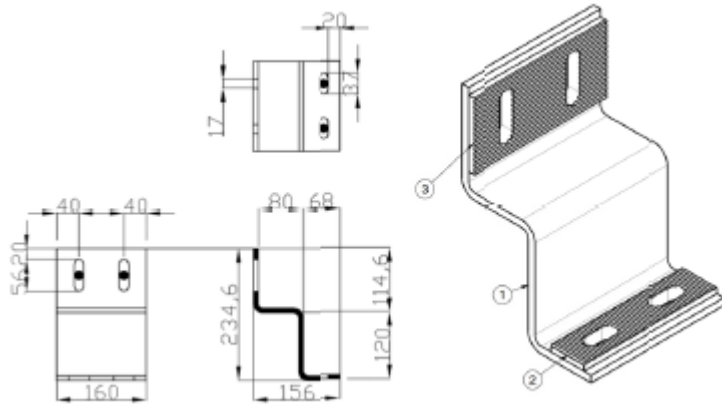
## Collegamento di pannelli verticali mediante elementi in acciaio scorrevoli





# Tecniche innovative

## Collegamento di pannelli mediante elementi in acciaio elastoplastici



**Grazie dell'attenzione**

**[lorenzo.destefani@dicea.unipd.it](mailto:lorenzo.destefani@dicea.unipd.it)**