



Centro di Progettazione, Design & Tecnologie dei Materiali

# **Applicazioni recenti delle leghe metalliche a memoria di forma nelle costruzioni**

**Paolo Corvaglia** (Consorzio Cetma)

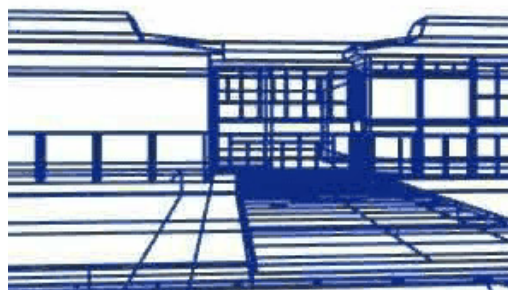
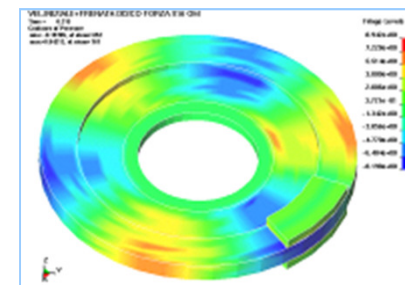
Workshop

*REQUISITI TECNICI NELLE COSTRUZIONI DI STRUTTURE IN  
METALLO SECONDO UNI EN 1090*

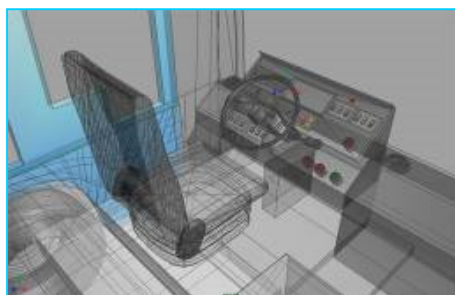
*Sammichele di Bari, 20/09/2013*

CETMA è un **Organismo di Ricerca** di diritto privato, organizzato in forma consortile tra enti pubblici di ricerca ed aziende private.

## Ingegneria dei Materiali e delle Strutture



## Ingegneria Informatica



## Design e Innovazione Industriale

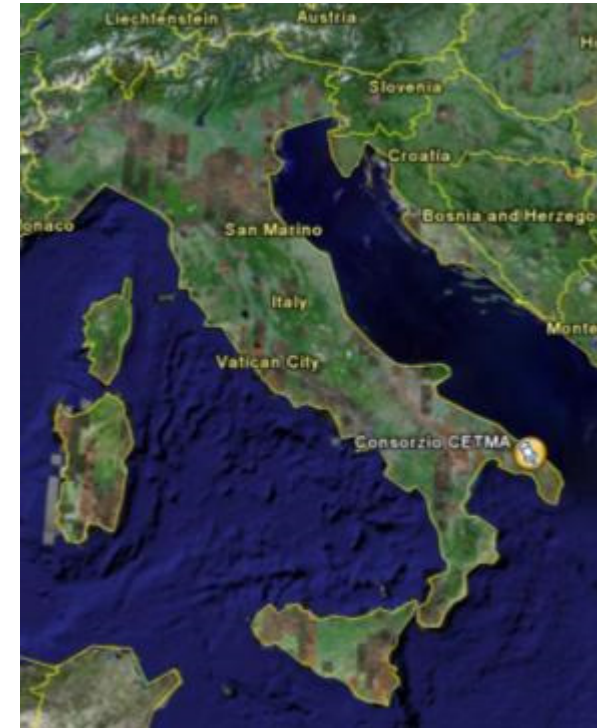


## SEDE

c/o Cittadella della  
Ricerca (Brindisi)

Circa 4000 mq

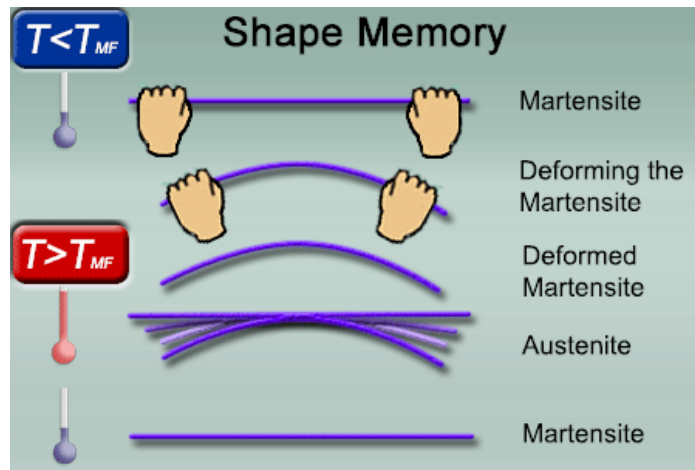
- Uffici
- Laboratori
- Aule



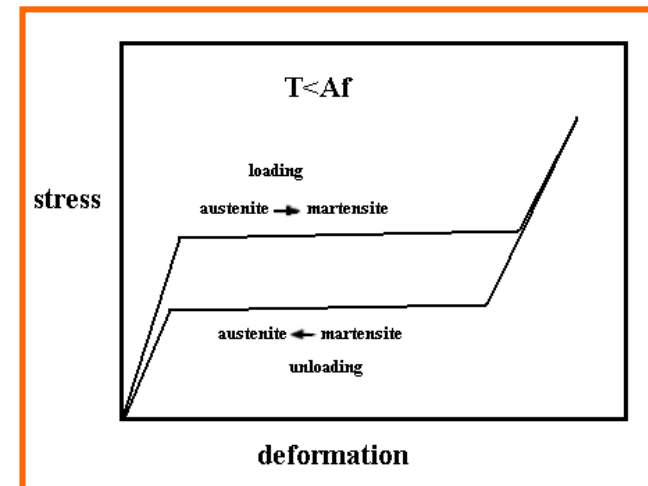
## Leghe a memoria di forma (SMA)

Nickel-Titanio  
(Rame, Ferro)

### MEMORIA DI FORMA



### SUPERELASTICITA'



- ✓ Deformabilità elevata (7-8%)
- ✓ Nessuna deformazione residua
- ✓ Tensione costante in ampio range deformativo
- ✓ Ciclo isteretico

Applicazioni: **MEMORIA DI FORMA**

*Collaborazione con Università del Salento*

Sistemi di rinforzo attivo per strutture in calcestruzzo armato



*placcaggio di travi*

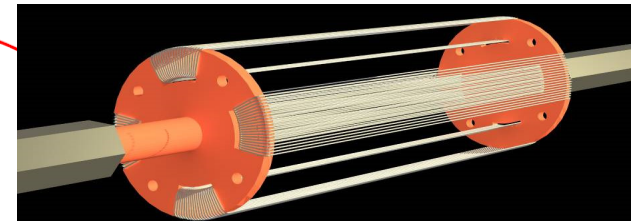
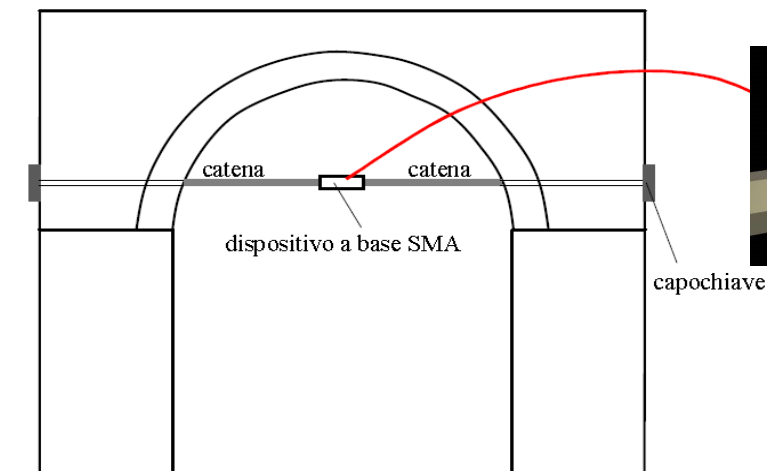
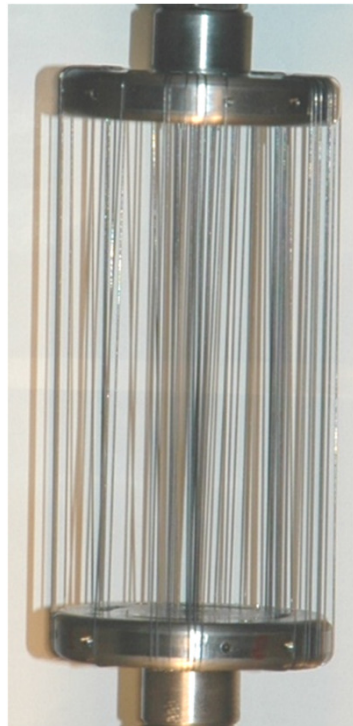


*confinamento di colonne*



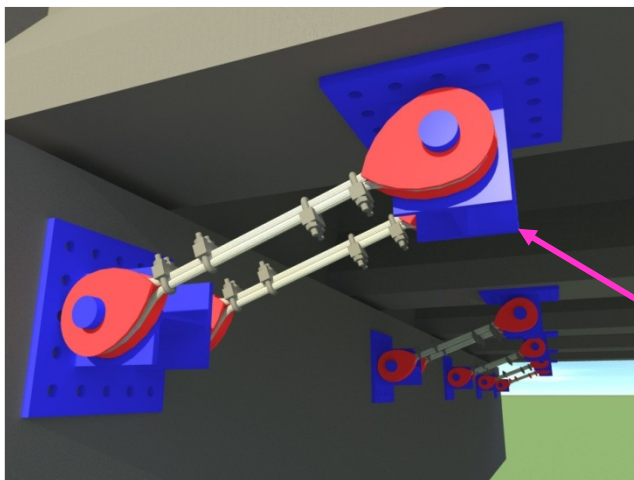
Applicazioni:**SUPERELASTICITA'**

## 1) Dispositivo di protezione per catene di strutture spingenti di edifici in muratura

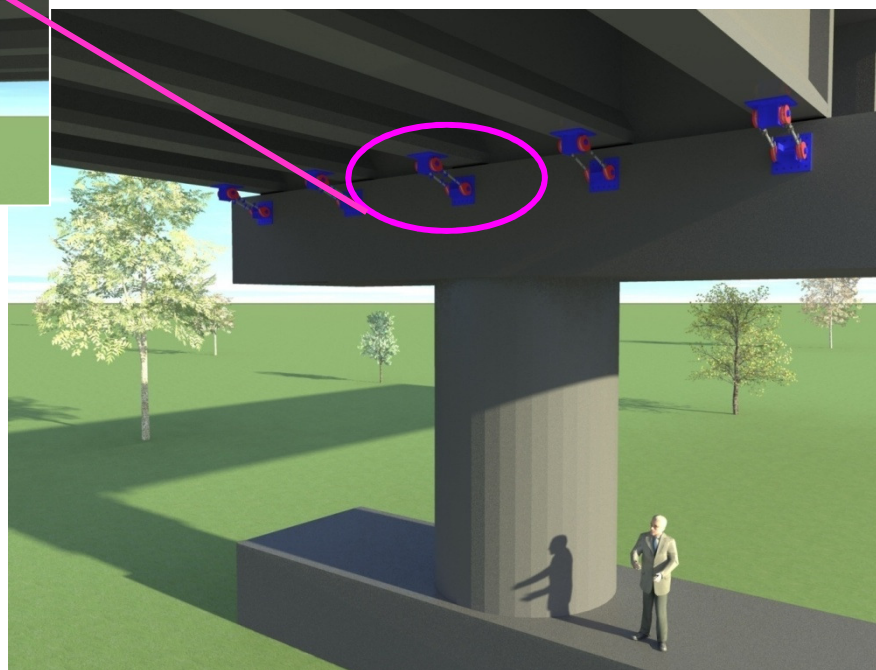


*Collaborazione con Università della Basilicata*

## 2) Dispositivo di protezione per appoggi di impalcati da ponte



*Collaborazione con Università della Basilicata*



### 3) Dispositivo di protezione per cerchiaggio di edifici in muratura non ammortati



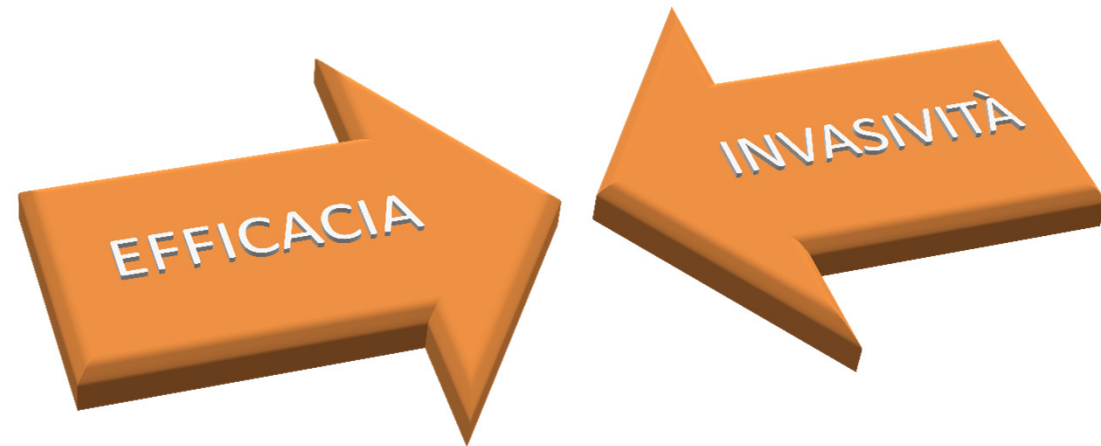
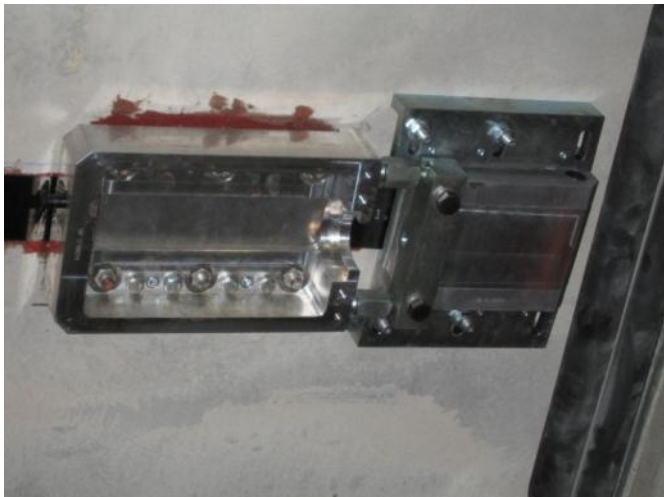
*Collaborazione con Enea e Università di Ferrara*



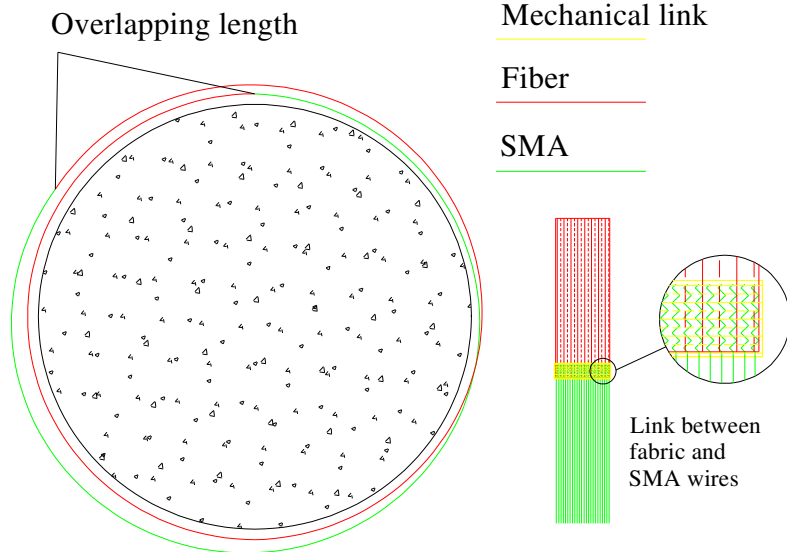
# Sistemi di rinforzo attivo per strutture in calcestruzzo armato

## Stato dell'arte

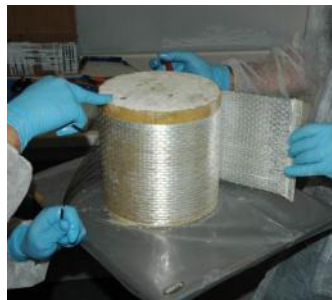
Rinforzo più efficace se pre-teso (attivo)  
Sistemi di tesatura per rinforzi in FRP



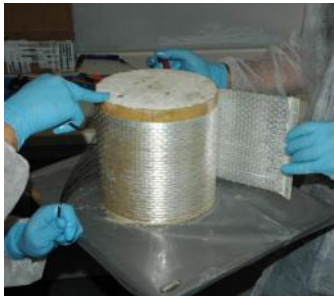
## Soluzione con le SMA



- 1) Giunzione fili in SMA – FRP (fuori opera)
- 2) Applicazione del tessuto sulla superficie (partendo dalla giunzione e procedendo circonferenzialmente da ambo i lati)
- 3) Incrocio: passaggio dell'estremità dei fili attraverso il tessuto
- 4) Seconda giunzione SMA –FRP e chiusura del cerchiaggio
- 5) Completamento impregnazione
- 6) Attivazione SMA ( $T > A_f$ );
- 7) Disattivazione SMA ( $T < A_f$ ) al termine della reticolazione

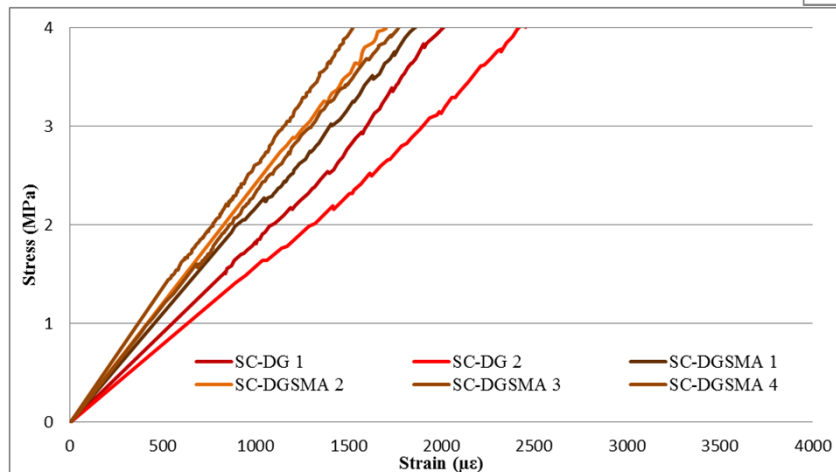
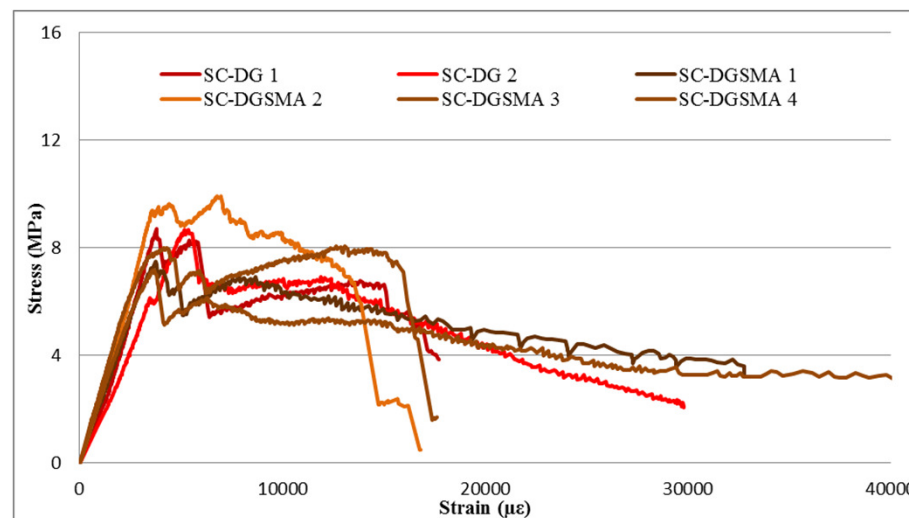


## Test sperimentali



## Risultati

Resistenza paragonabile  
Duttilità: +23,3%



Rigidezza +37 %





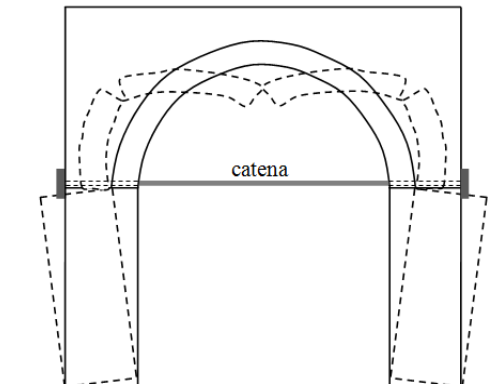
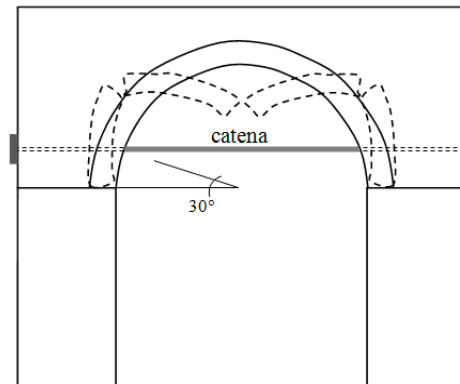
# Dispositivo di protezione per catene di strutture spingenti di edifici in muratura

# Stato dell'arte

## Problematiche delle catene metalliche:

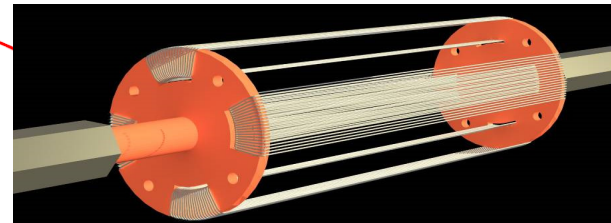
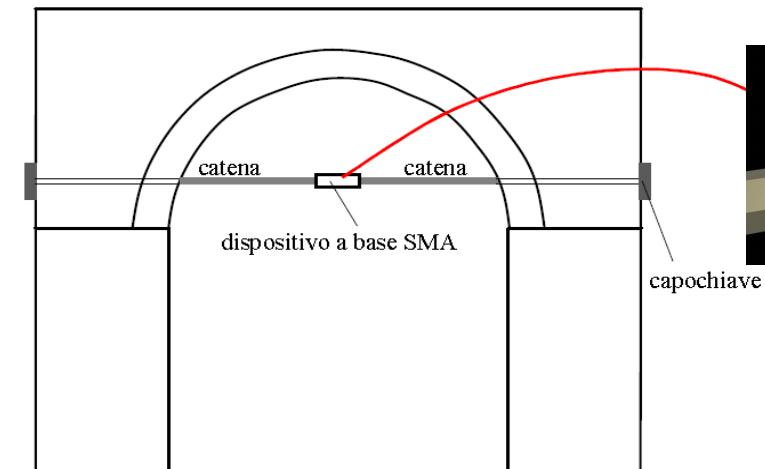


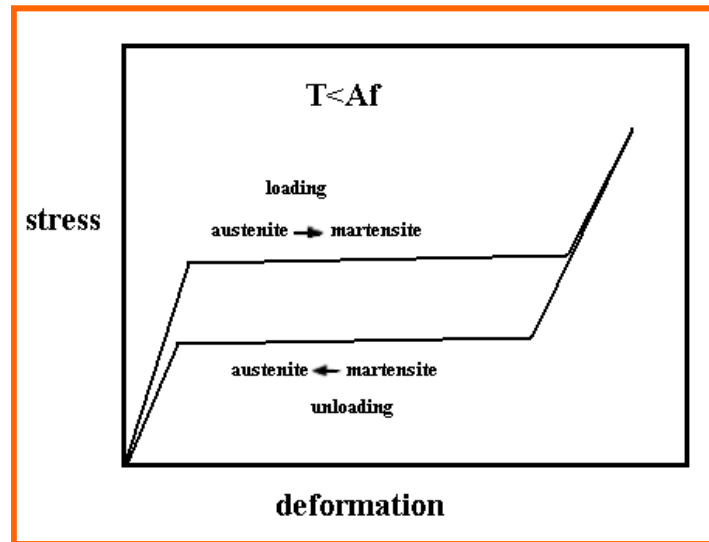
- Difficoltà di calibrare il pre-tesaggio iniziale
- Sotto sisma:
  - Tiro variabile sotto sisma
  - Tendenza ad instabilizzarsi (strappi alla ripresa del tiro)
  - Comportamento non dissipativo
- In esercizio: variazione della forza a seguito delle variazioni di temperatura;



## Soluzione SMA:

In serie alla catena





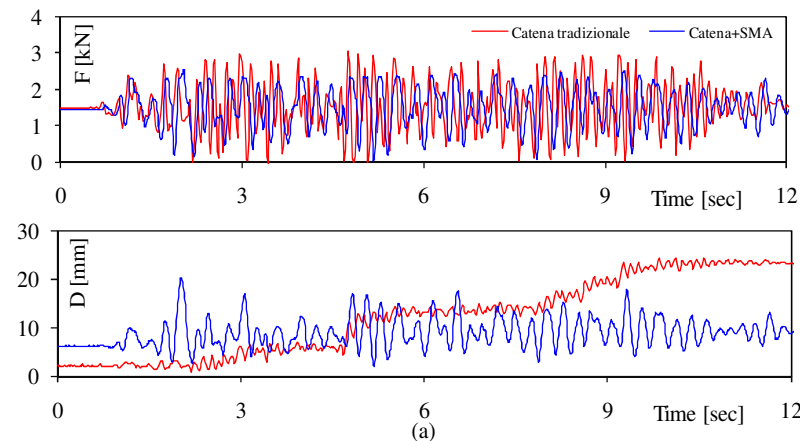
- ✓ Controllo tensione catena durante la tesatura ([controllo distanza piastre  \$\rightarrow F\$](#) )
- ✓ Controllo della forza trasmessa ai capochiave ([plateau](#))
- ✓ Dissipazione energia sotto sisma ([isteresi](#))
- ✓ Mantenimento della catena in tensione anche per deformazioni negative ([pretensione SMA](#))
- ✓ Ridurre variazioni di tensione nella catena al variare della temperatura ([comportamento antagonista SMA-acciaio al variare di T](#))

## Test su struttura in piccola-media scala





## Risultati



Forza sulla catena e spostamento dell'appoggio mobile alla massima intensità sismica (per un fissato accelerogramma)

- Miglior controllo della forza
- Riduzione spostamenti residui (capacità ricentrante)
- Maggiore capacità dissipativa
- Incremento della PGA sopportabile dalla struttura



Miglioramento globale del comportamento sismico

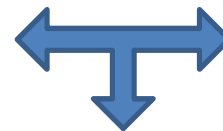
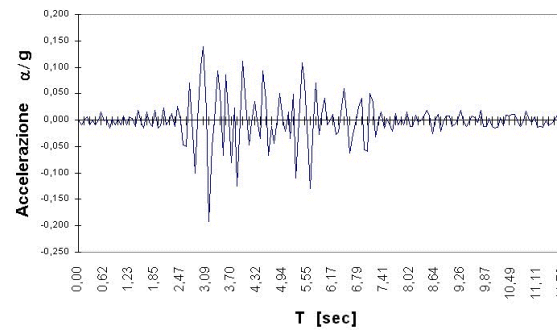
# Dispositivo di protezione per appoggi di impalcati da ponte

## STATO DELL'ARTE

### Danni tipici da sisma di ponti e viadotti stradali



**DANNEGGIAMENTO SPALLA**



**MARTELLAMENTO IMPALCATI**



**PERDITA APPOGGIO**

## STATO DELL'ARTE

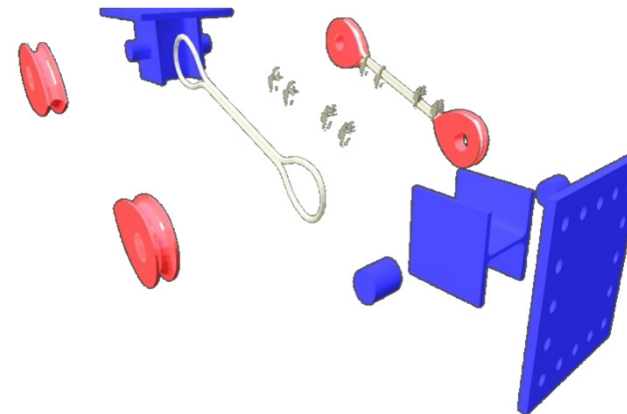
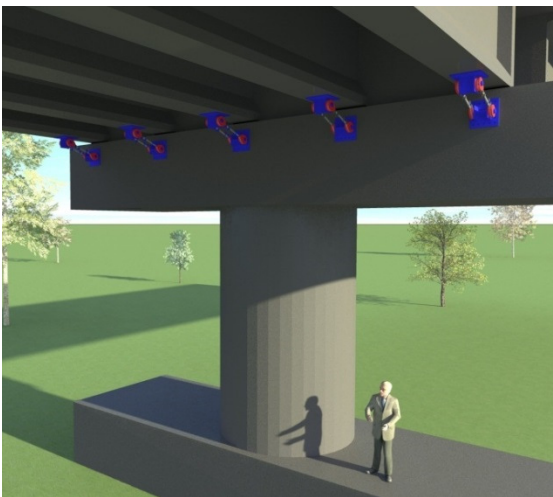
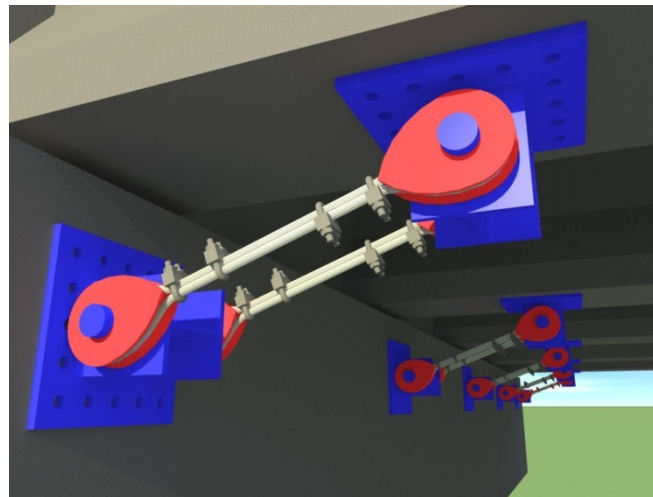
### Ritegni antisismici attualmente in uso





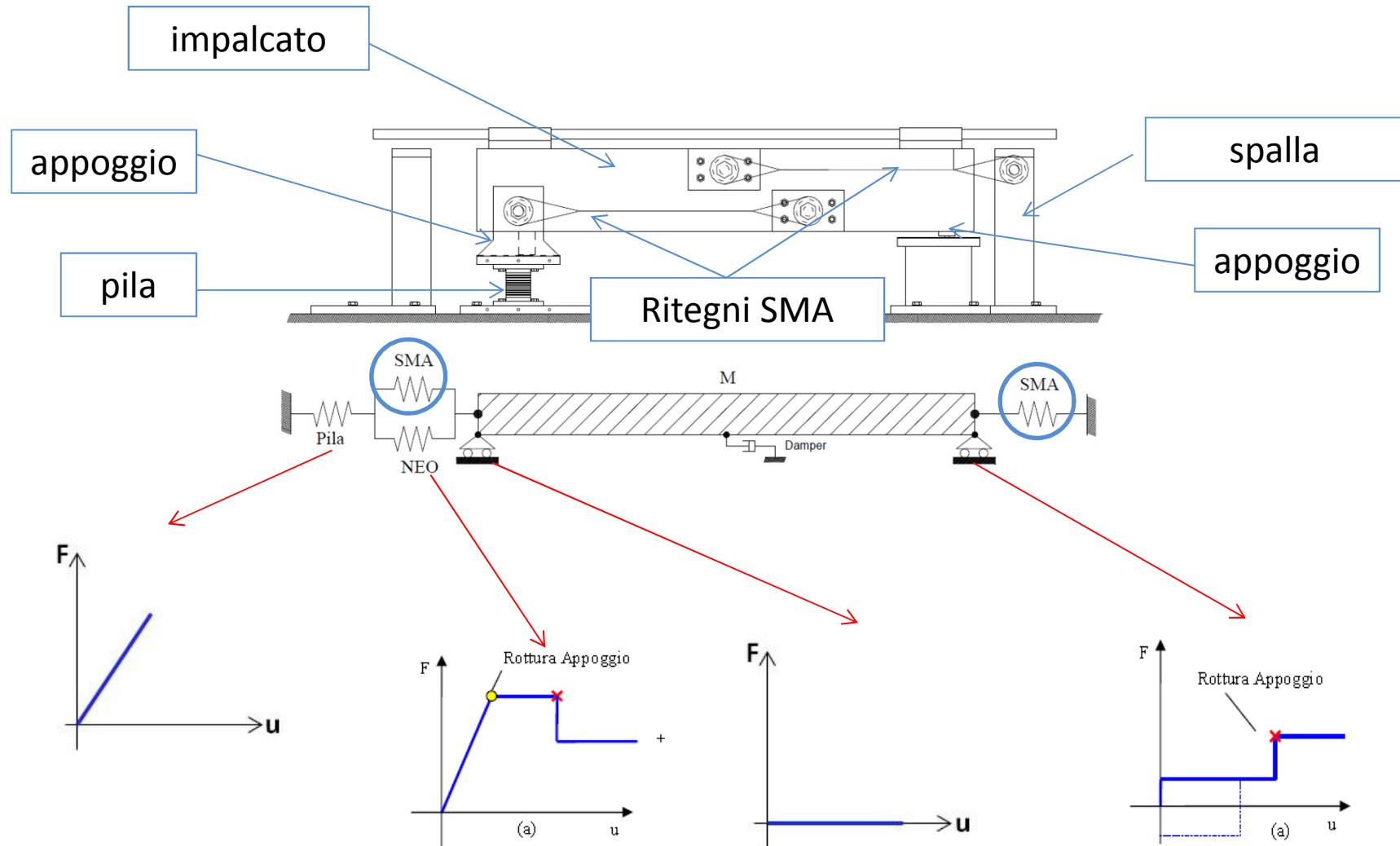
## RITEGNI INNOVATIVI A BASE DI SMA

In parallelo agli appoggi esistenti

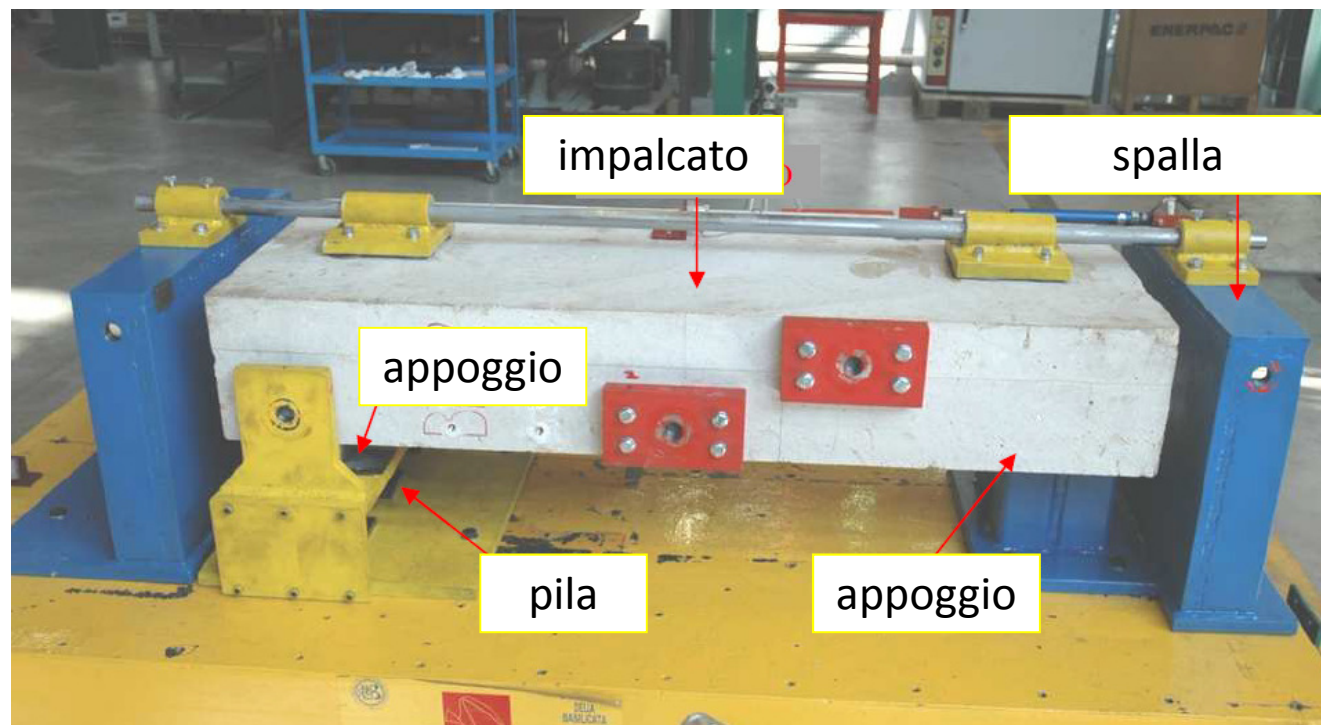




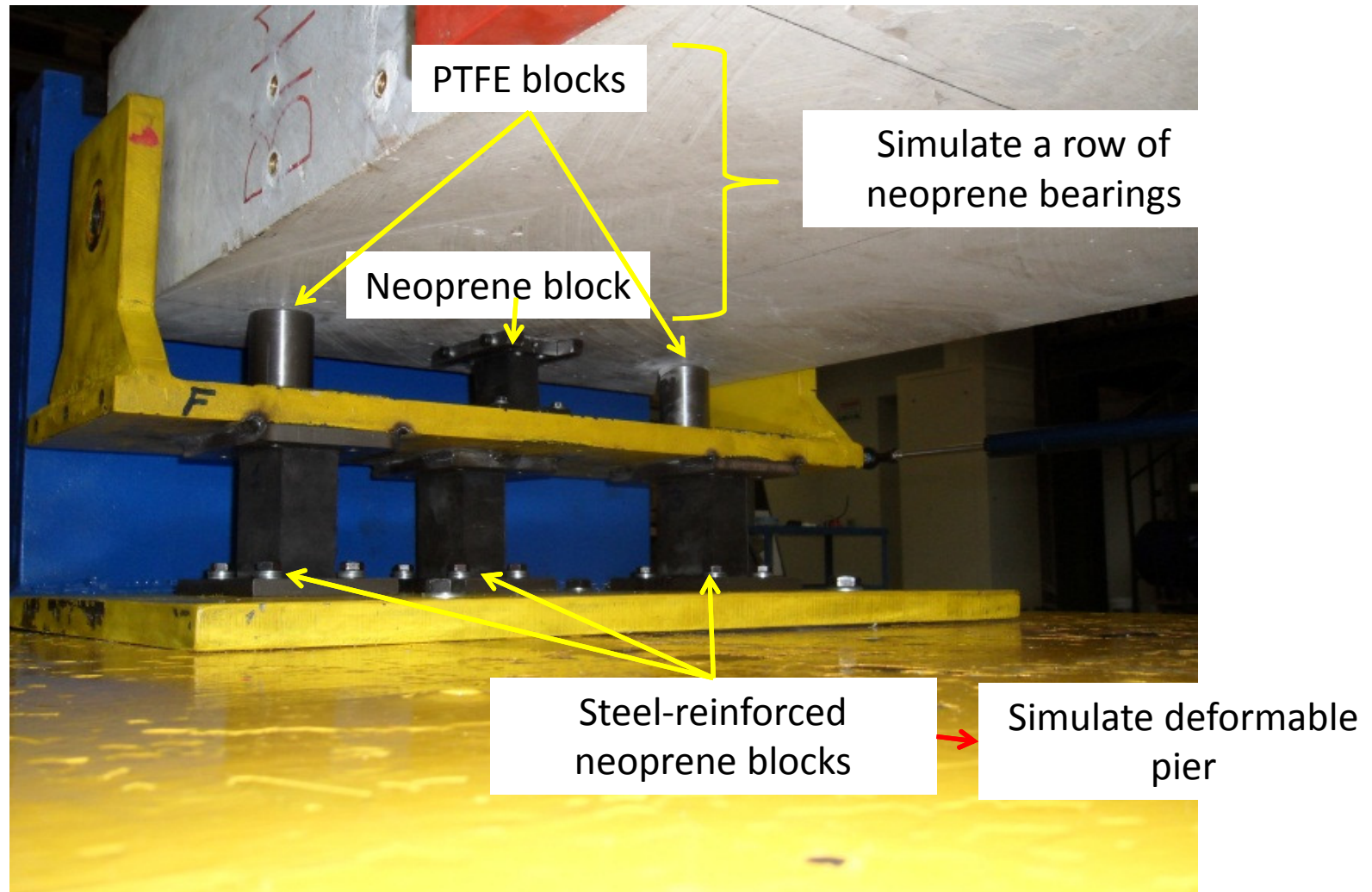
## Modello numerico



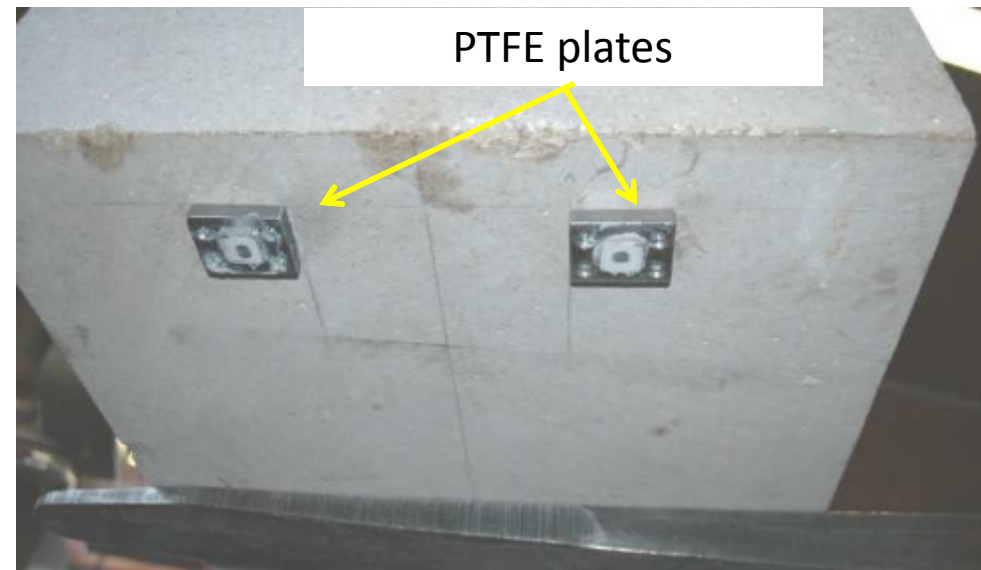
## Prove sperimentali su campioni in scala ridotta



## Lato pila

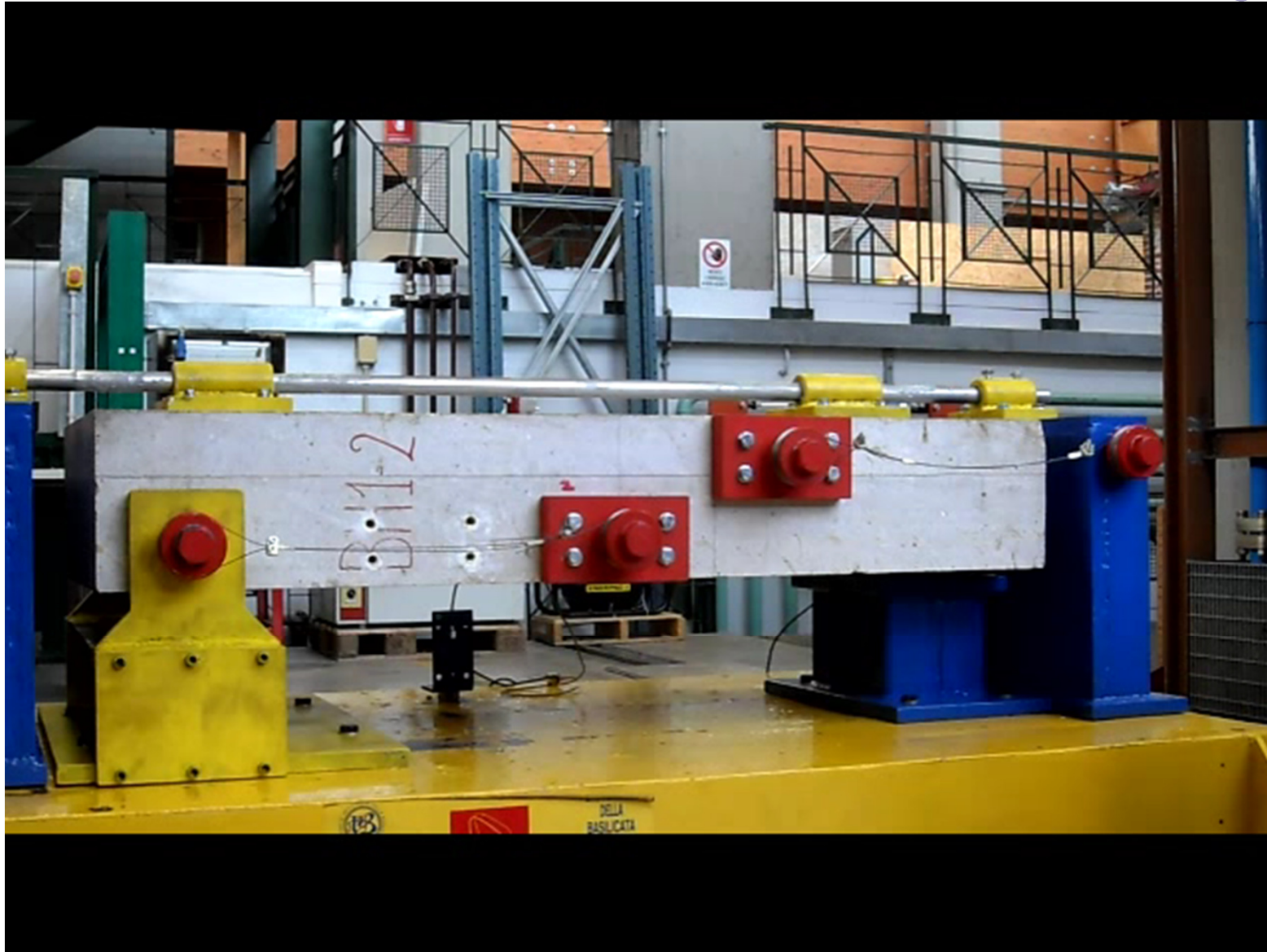


## Lato spalla



Simulate a row of sliding bearings



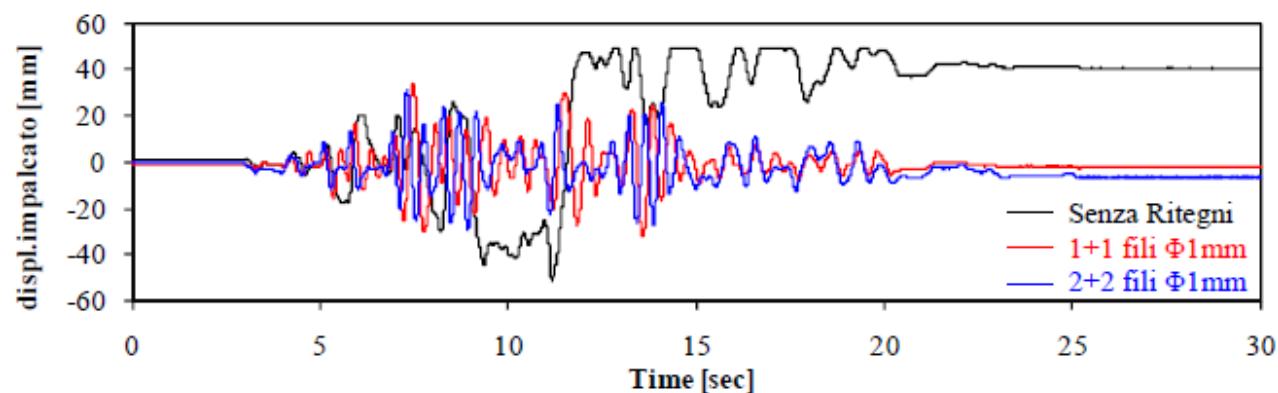




## Risultati

|                | P.G.A. modeste<br>(0,2-0,5)                                                                                                                                             | P.G.A. elevate<br>(0,5-0,8)                                                                                                              |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Senza ritegni  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ rottura appoggi</li> <li>✓ martellamento impalcati</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Martellamento impalcati</li> <li>✓ Danneggiamento spalla</li> <li>✓ Perdita appoggio</li> </ul> |
| Ritegni in SMA | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> nessuna rottura appoggi</li> <li><input type="checkbox"/> nessun martellamento tra impalcati</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rottura appoggi</li> <li><input type="checkbox"/> nessun martellamento tra impalcati</li> </ul> |

### Miglioramento globale del comportamento sismico del modello di impalcato da ponte



# Dispositivo di protezione per cerchiaggio di edifici in muratura non ammortati

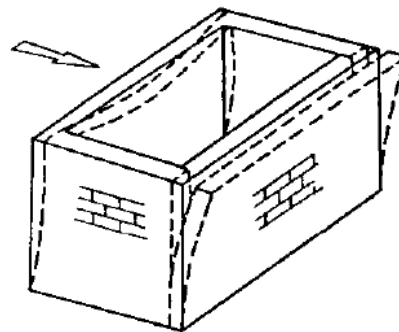
## Stato dell'arte

Fasciature in FRP per evitare il ribaltamento di pannelli murari



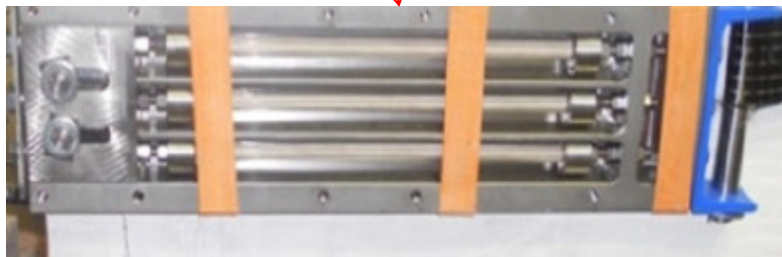
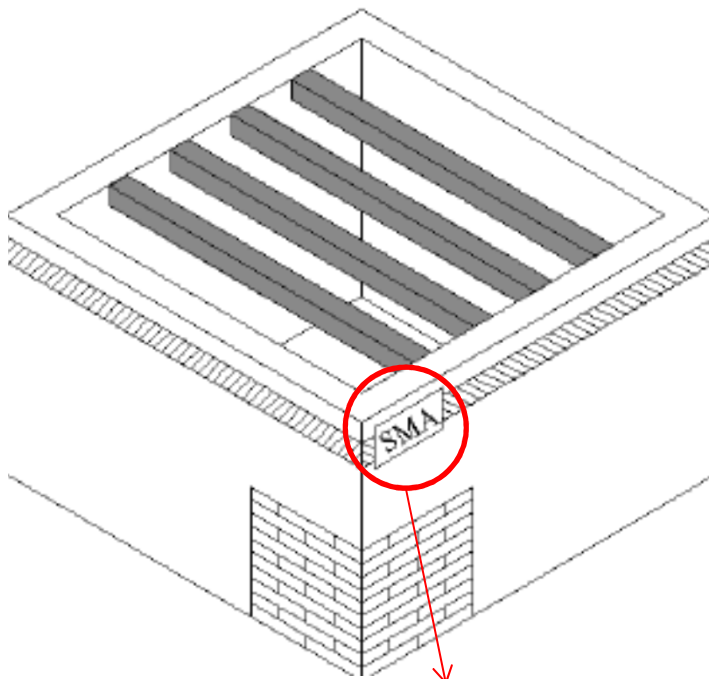
FRP:

- Elevata rigidezza
- No duttilità
- Rischio delaminazione



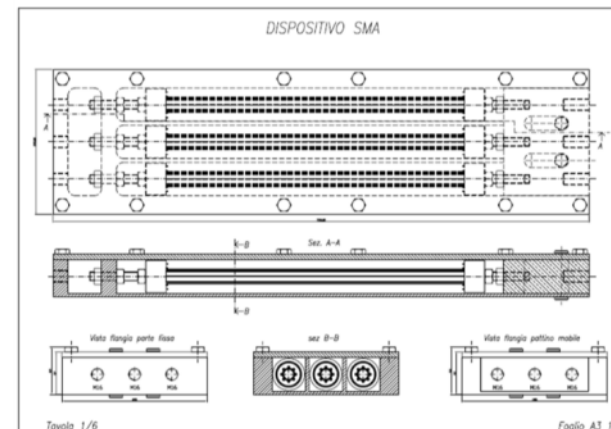
## Soluzione con SMA

### Collegamento in serie con FRP



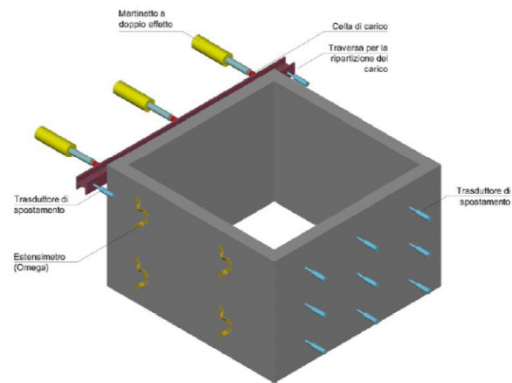
#### Obiettivi prestazionali:

- Controllo del carico trasmesso all'FRP
- Dissipazione energetica
- Ricentraggio

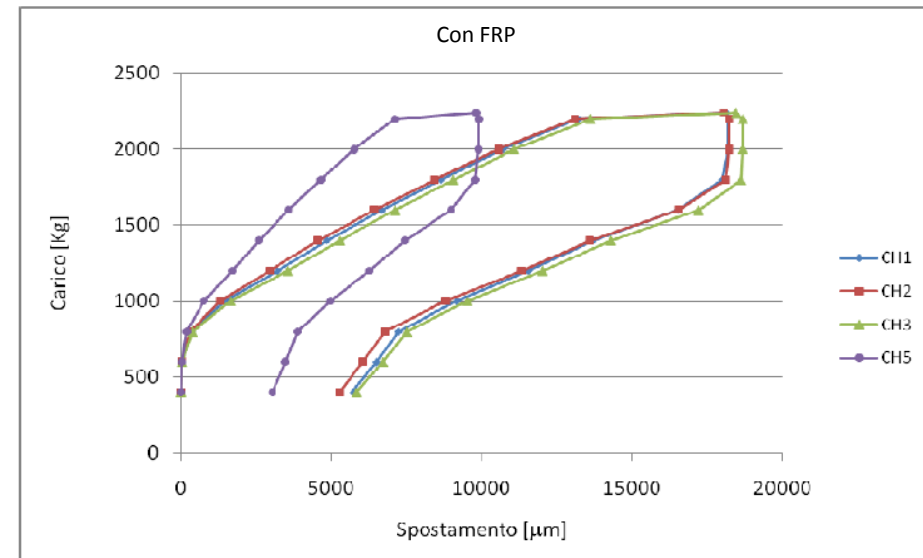
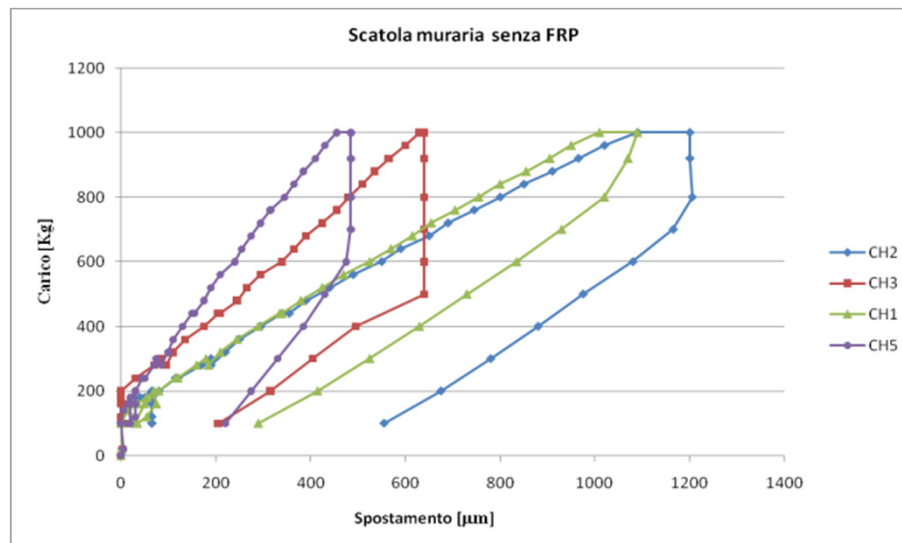




## Prove sperimentali



## Prove sperimentali Struttura priva del dispositivo a base di SMA

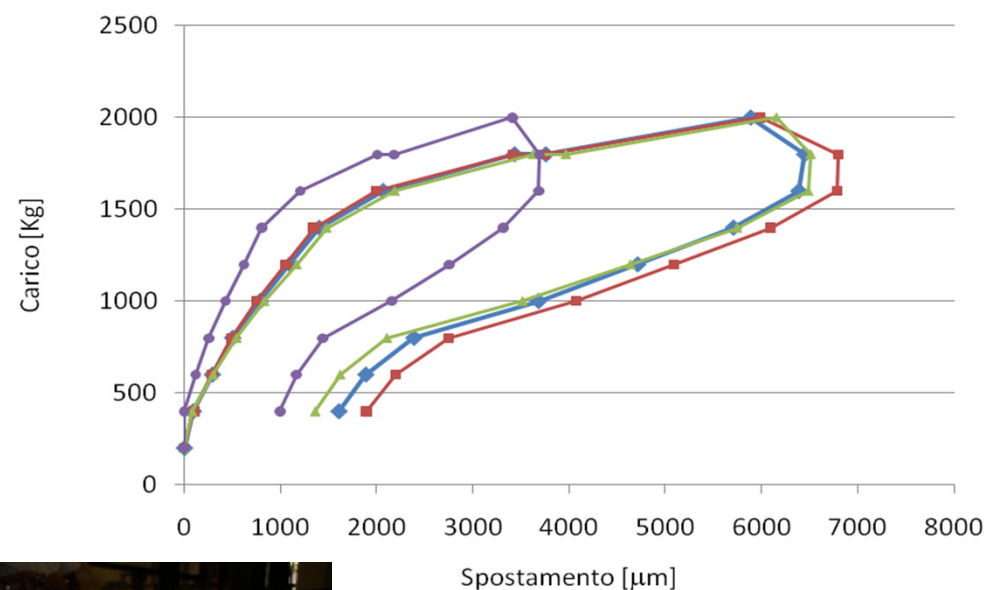


- No isteresi
- Deformazioni residue notevoli



## Prove sperimentali

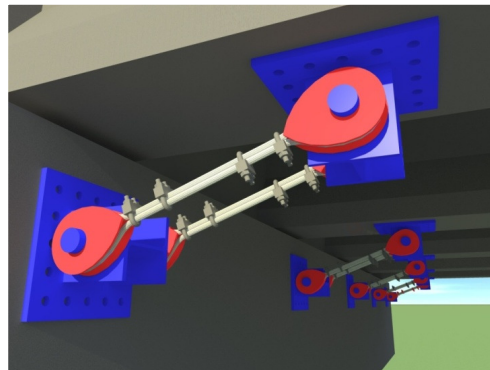
### Struttura con dispositivo a base di SMA



- Ciclo isteretico ( $\rightarrow$  dissipazione)
- Deformazioni residue basse ( $\rightarrow$  ricentraggio)

# Conclusioni

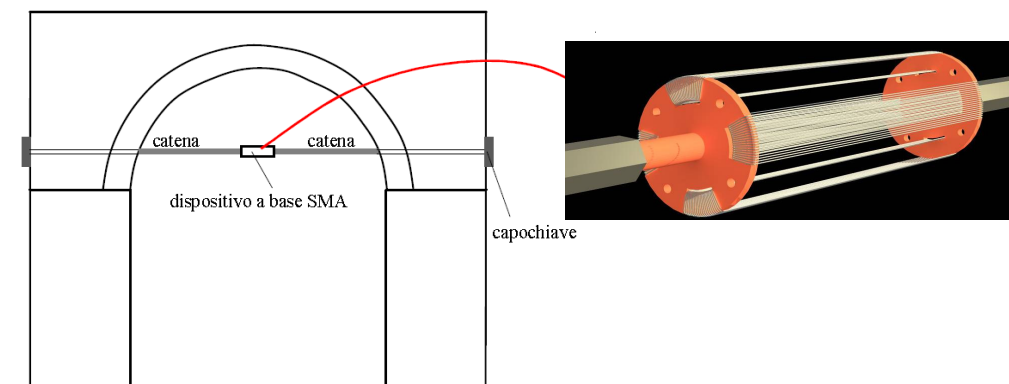
- ✓ Sistema di rinforzo ibrido SMA+FRP “attivo” per l’adeguamento sismico di travi e colonne in c.a.



- ✓ Dispositivo di protezione sismica per appoggi di impalcati da ponte



- ✓ Dispositivo per la protezione di catene e strutture spingenti in muratura *(nei confronti di azioni sismiche e variazioni termiche)*



- ✓ Dispositivo per il miglioramento di interventi di cerchiaggio di edifici in muratura *(nei confronti di azioni sismiche)*

**Maturità tecnologica delle soluzioni sviluppate:**

Rinforzi attivi



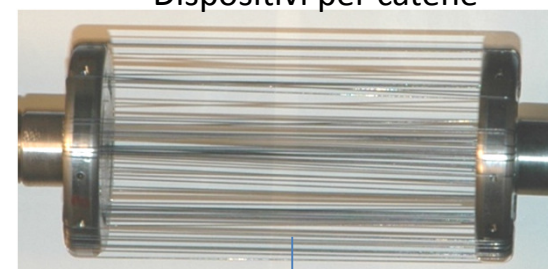
Cerchiaggio edifici



Ritegni per ponti



Dispositivi per catene



Domanda di brevetto nazionale ed europeo in corso

**Grazie per l'attenzione!**

Per info:

[paolo.corvaglia@cetma.it](mailto:paolo.corvaglia@cetma.it)

[www.cetma.it](http://www.cetma.it)