



**OIBA**  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari



**Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
di Bari**

Con il contributo incondizionato di



**concrete**  
structural engineering software

**Vi invitano al seminario**

**Progettazione e realizzazione di interventi integrati di  
miglioramento sismico ed energetico di edifici esistenti**

***Gli interventi di miglioramento sismico degli edifici***

***Il cappotto sismico: una tecnologia smart  
per il retrofitting integrato degli edifici esistenti***

**prof. ing. Roberto Scotta**

**Docente di Tecnica delle Costruzioni**

**Università di Padova**

e.mail: [roberto.scotta@unipd.it](mailto:roberto.scotta@unipd.it)

# Evoluzione della classificazione sismica in Italia

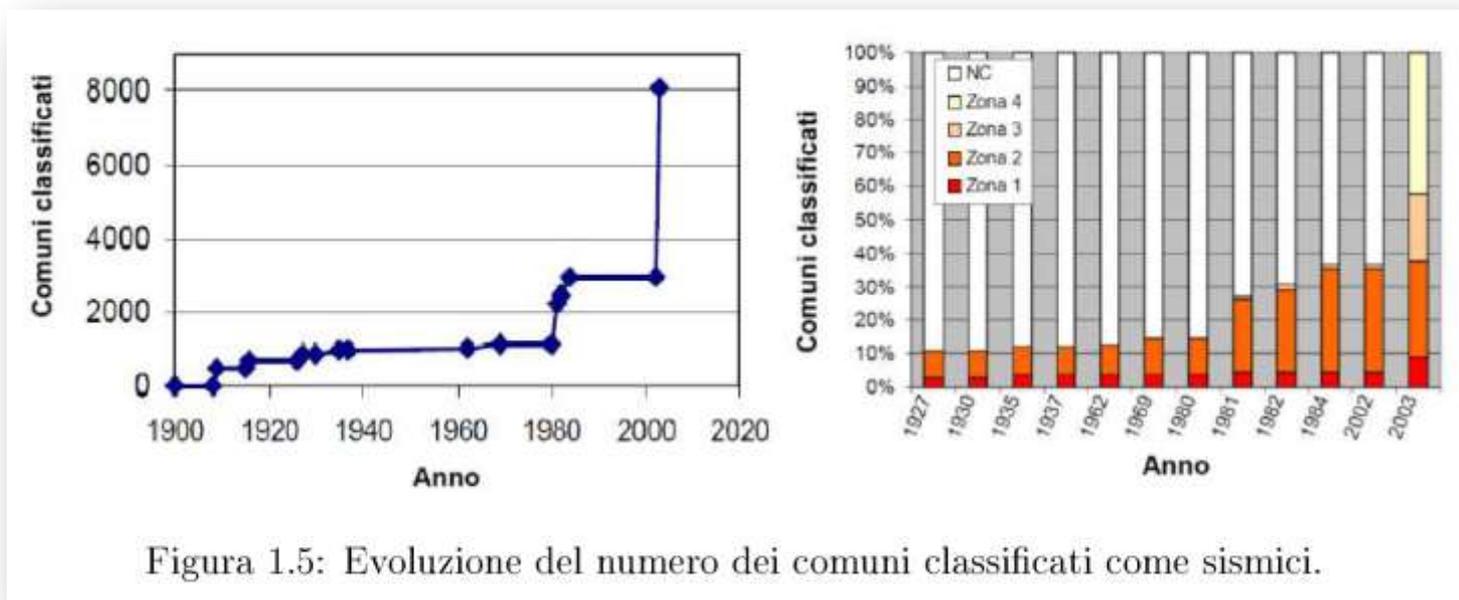
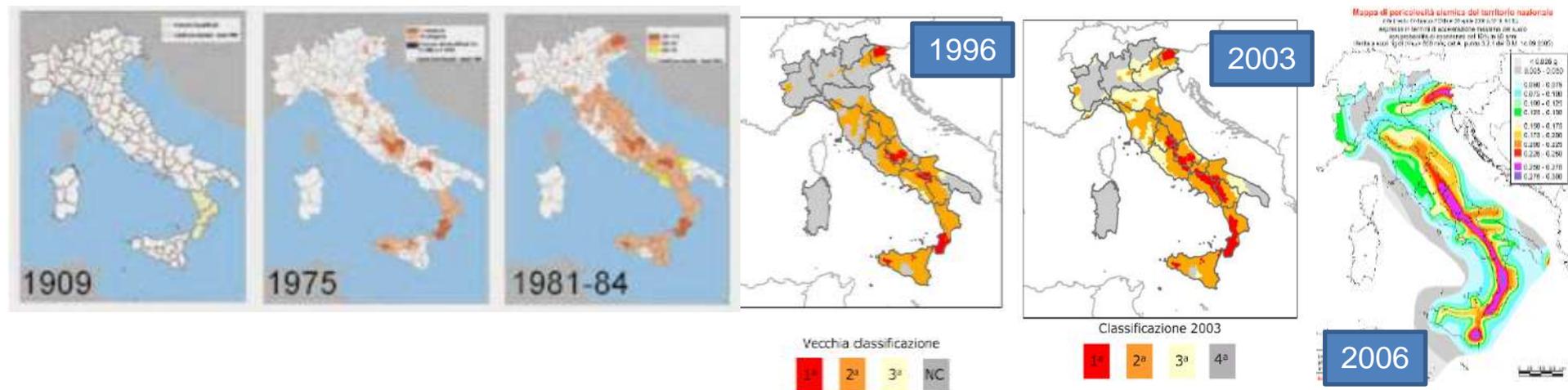


Figura 1.5: Evoluzione del numero dei comuni classificati come sismici.

# Evoluzione del costruito in Italia

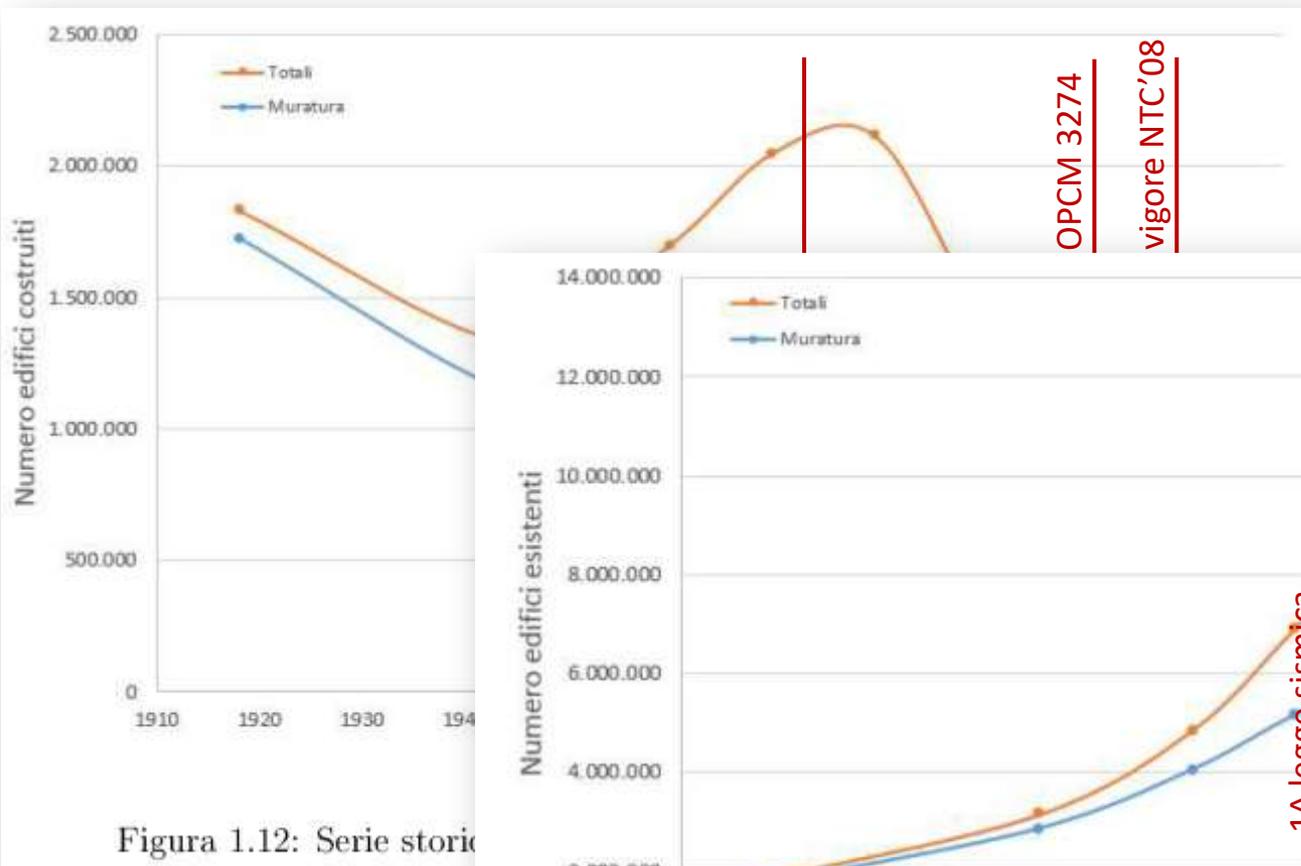


Figura 1.12: Serie storica

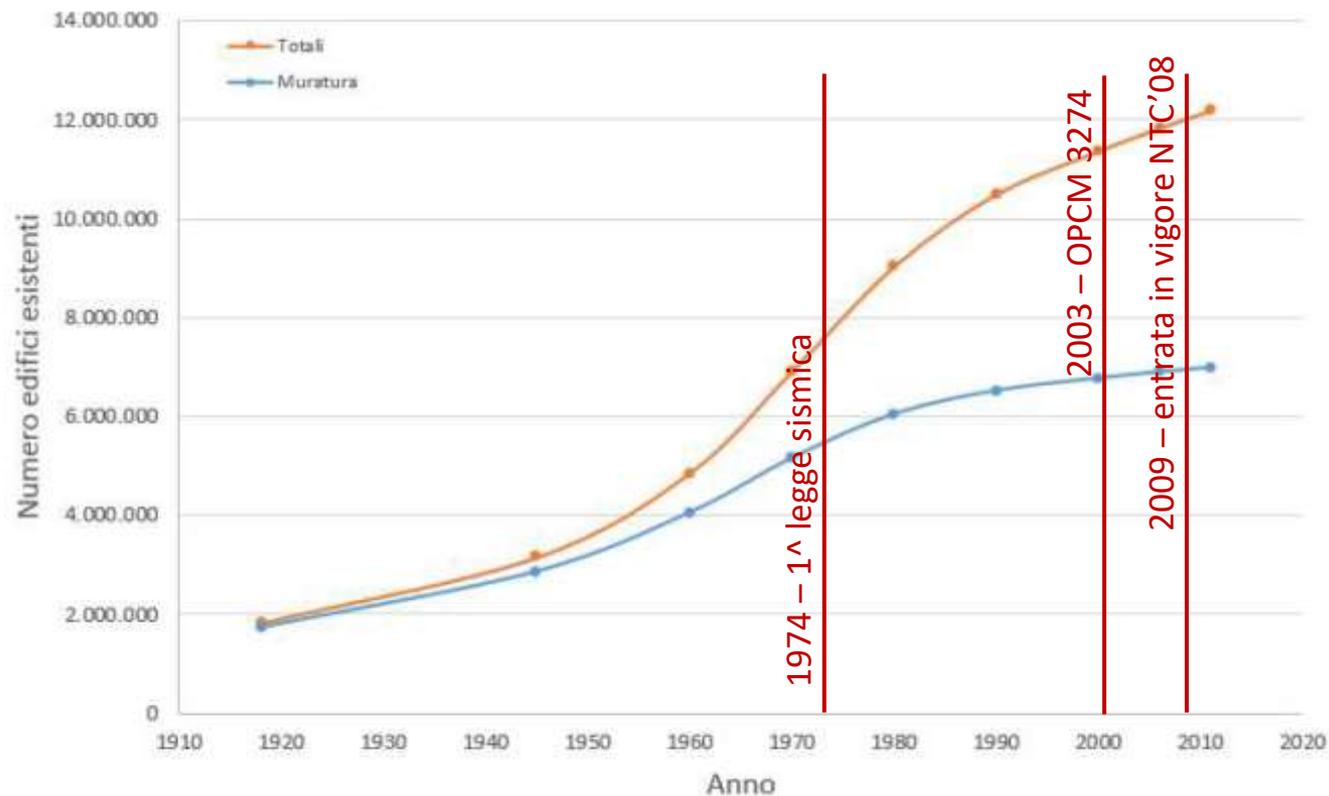


Figura 1.13: Numero degli edifici residenziali esistenti in Italia.

# Indagini statistiche sulla vulnerabilità sismica edifici esistenti



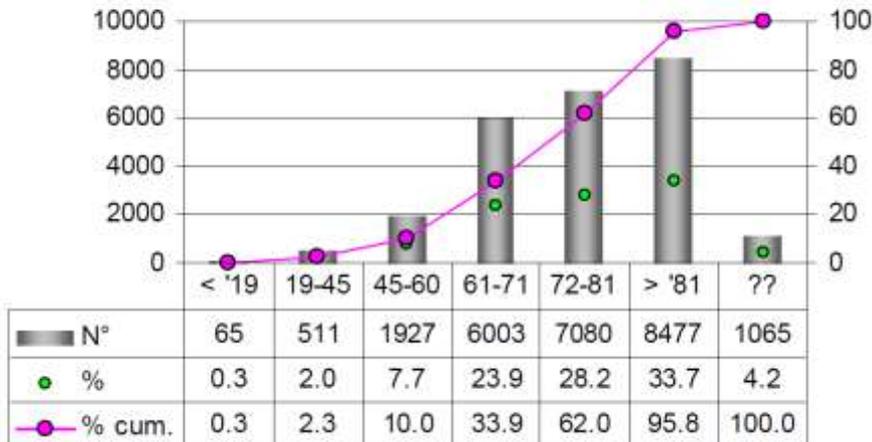
**INGV/GNDT - GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI**  
 Programma quadro 2000-2002  
**TEMA 1 - Valutazione del rischio sismico del patrimonio abitativo a scala nazionale**

**Progetto: SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani**

**Task 2**  
**INVENTARIO E VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI PUBBLICI E STRATEGICI DELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE**

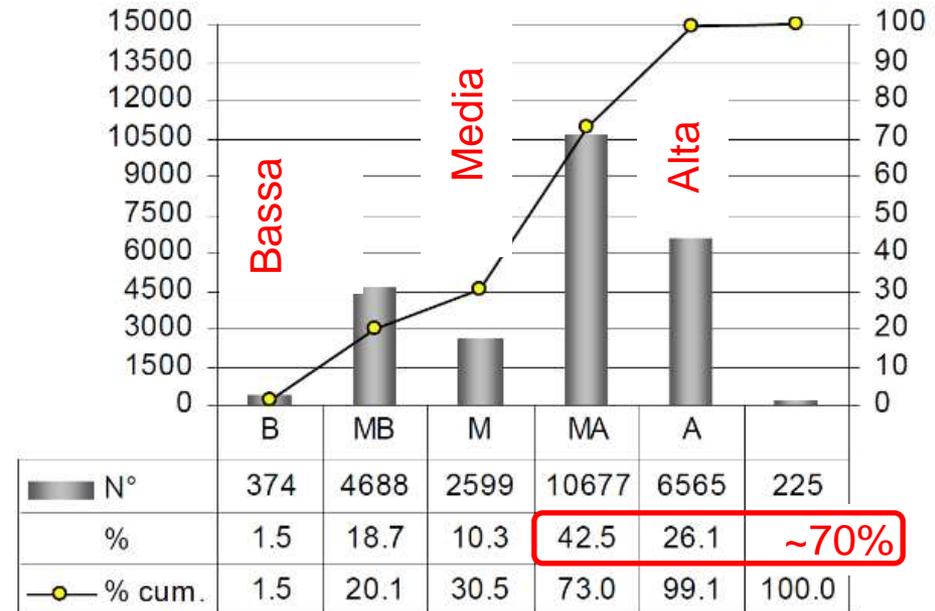
**Volume II**  
**ANALISI DI VULNERABILITÀ E RISCHIO SISMICO**

## Edifici in CA - TUTTI



**Epoca di costruzione edifici in c.a.**  
(totale esaminato circa 25 000 edifici)

## R.C. Buildings



**Indice vulnerabilità edifici in c.a.**

# Statistiche sulla prestazione energetica edifici esistenti

## EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE

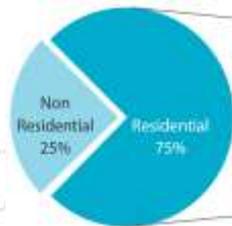
A country-by-country review of the energy performance of buildings



Building Performance Institute Europe  
October 2001

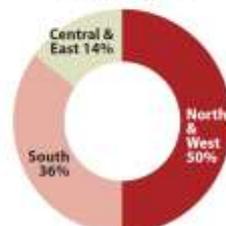
### Regions considered in the study

North & West	AT, BE, CH, DE, DK, FI, FR, IE, LU, NL, NO, SE, UK	Population: 281 million
Central & East	BG, CZ, EE, HU, LT, LV, PL, RO, SI, SK	Population: 102 million
South	CY, GR, ES, IT, MT, PT	Population: 129 million



### Floor space distribution

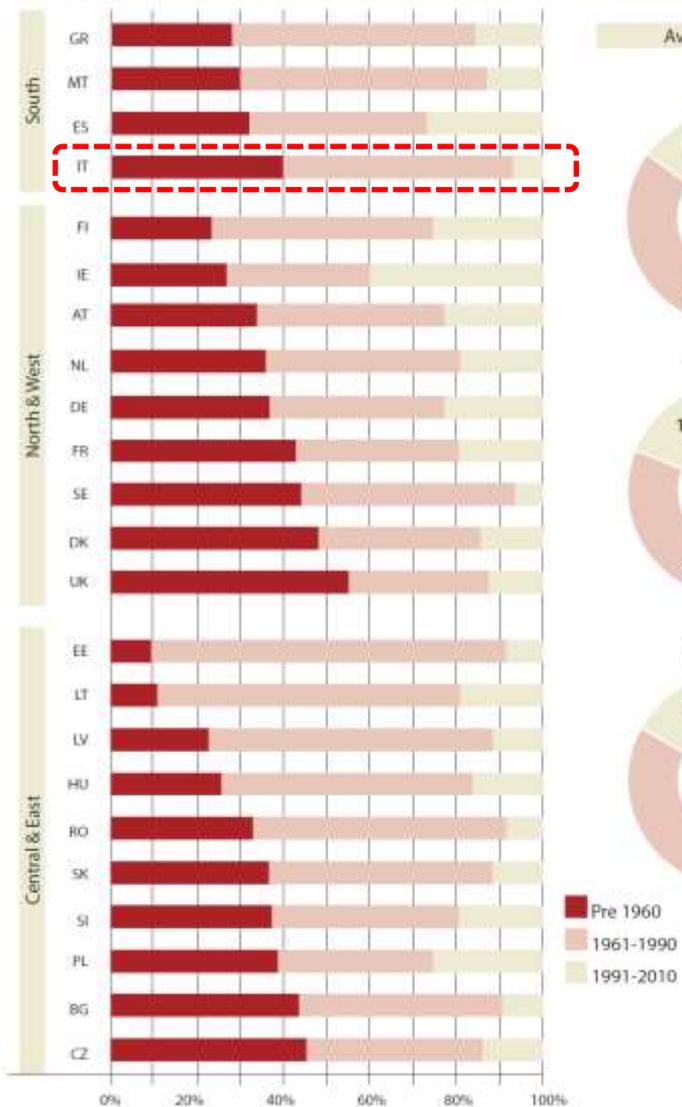
Source: BPIE survey



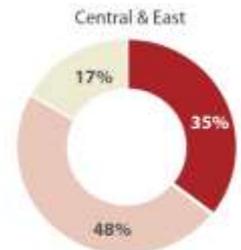
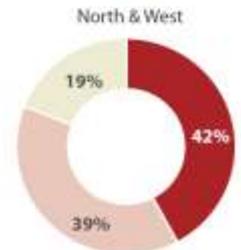
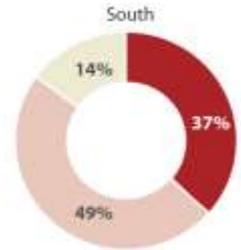
25 billion m<sup>2</sup> of useful floor space in the EU27,

Figure 1B1 - Age profile of residential floor space

Source: BPIE survey



### Average per region



# Statistiche sulla prestazione energetica edifici esistenti

## EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE

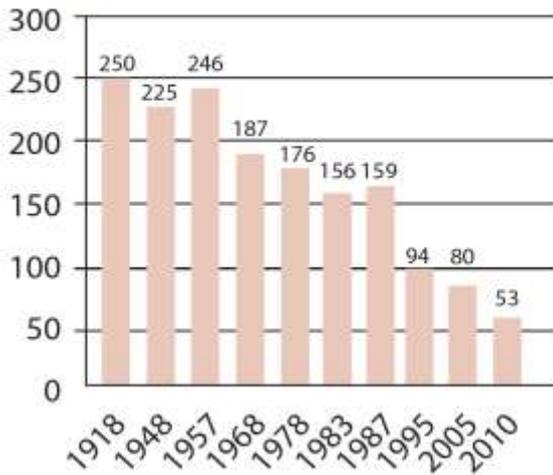
A country-by-country review of the energy performance of buildings



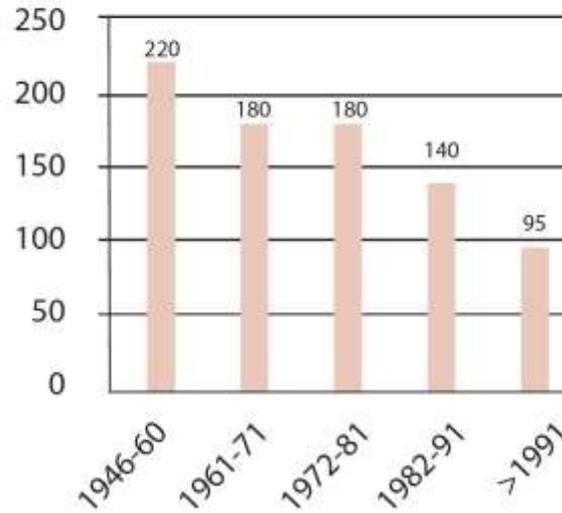
Building Performance Institute Europe  
October 2001

### Tabella classificazione energetica

CLASSE ENERGETICA	CONSUMI
A+	< 3 kWh/m <sup>3</sup> a
A	< 6 kWh/m <sup>3</sup> a
B	< 11 kWh/m <sup>3</sup> a
C	< 27 kWh/m <sup>3</sup> a
D	< 43 kWh/m <sup>3</sup> a
E	< 54 kWh/m <sup>3</sup> a
F	< 65 kWh/m <sup>3</sup> a
G	≥ 65 kWh/m <sup>3</sup> a



Average final consumption levels for heating (kWh/(m<sup>2</sup>a)) of single family homes by construction year



**EC target 2050:**  
**ZNEB buildings**  
100% RES - envelope solutions

---

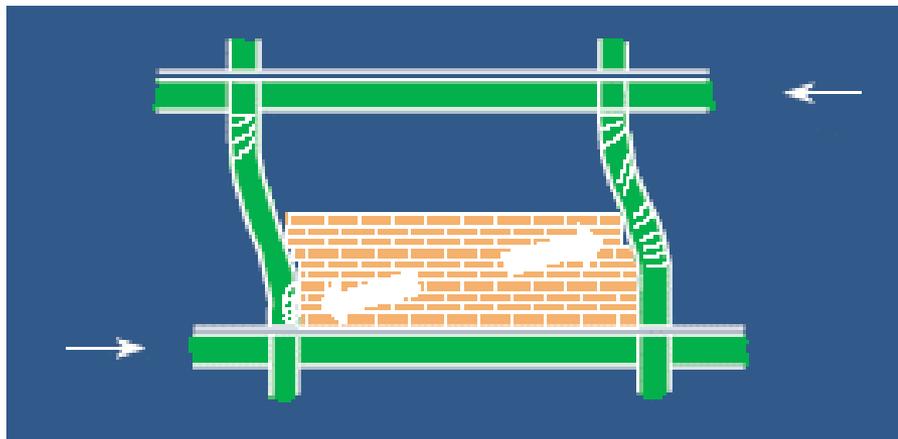
# **I DIFETTI TIPICI DEGLI EDIFICI ATTRAVERSO ALCUNE FOTO DAI SISMI PASSATI**

# I TELAI IN C.A. CON TAMPONAMENTO IN LATERIZIO

- ✓ Effetto accentuato in presenza di tamponatura che non si estende fino alla trave superiore. In genere si ha rottura fragile a taglio.



# I TELAI IN C.A. CON TAMPONAMENTO IN LATERIZIO

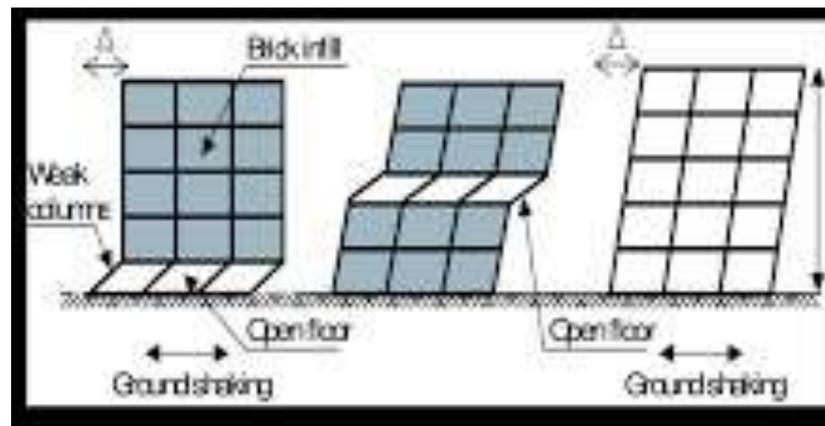
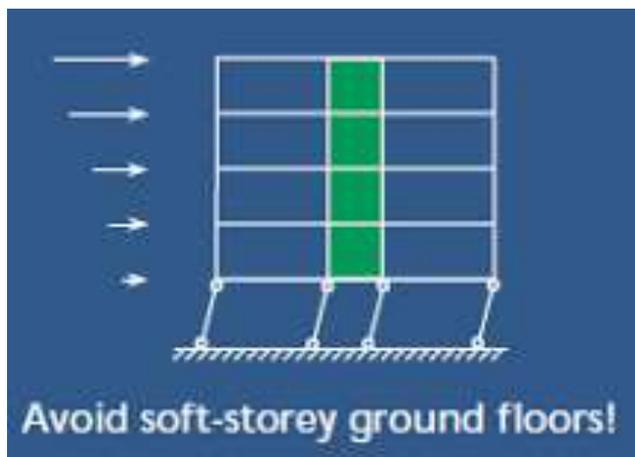


17/1 In this case, inserting parapet walls into a frame led to a short column phenomenon. Owing to the good confinement of the transverse reinforcement, no actual shear failure occurred, but an equally dangerous sway mechanism developed (Friaul, Italy 1976).



17/3 Better transverse reinforcement in the column (small spaced hoops and ties) would probably have prevented the shear failure. However, the source of the problem lies in the partial infilling of the frame that caused the short column phenomenon (Izmit, Turkey 1999).

# IL MECCANISMO DI «PIANO SOFFICE»





Soft storey mechanism



G.M. Verderame, I. Iervolino, P. Ricci (2009), *Report on the damages on buildings following the seismic event of 6th of april 2009*, V1.20. <http://www.reluis.it>

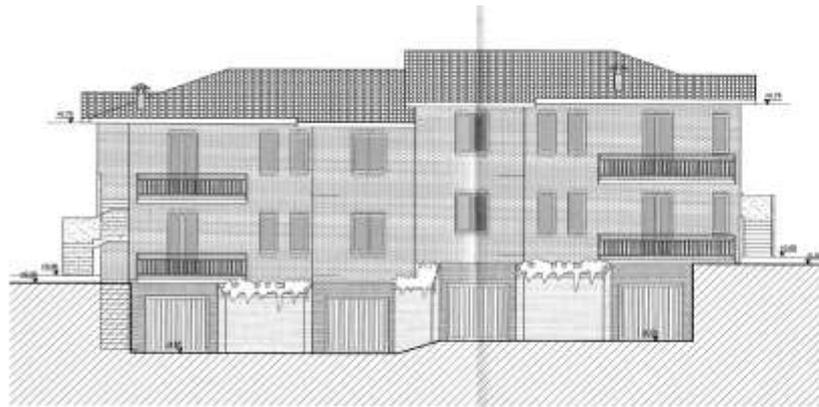


Infills damage  
Internal infill

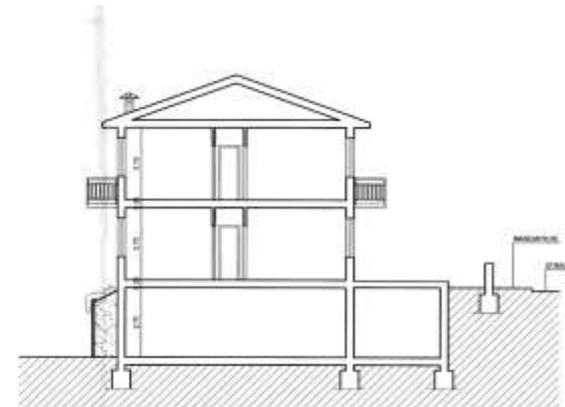
**Reinforced concrete building placed in Via XX Settembre – L'Aquila**  
Total and partial ejecting of corner infills at first level.

G.M. Verderame, I. Iervolino, P. Ricci (2009), *Report on the damages on buildings following the seismic event of 6th of april 2009*, V1.20. <http://www.reluis.it>

## San Severino Marche – anno di costruzione 2002 - D.M. 1996 – Zona sismica 2: S=9

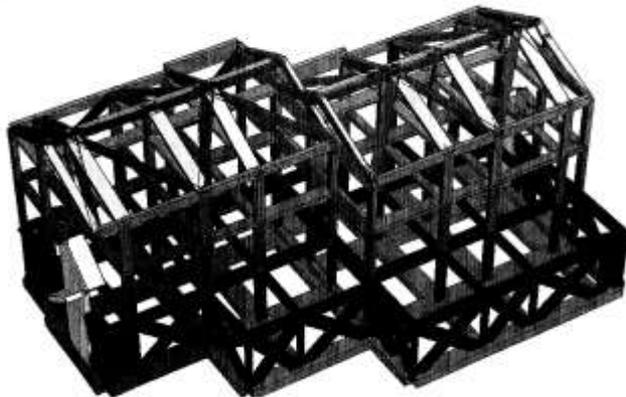


LATO NORD



SEZIONE B - B

MODELLO STRUTTURA



## San Severino Marche – anno di costruzione 2002 - D.M. 1996 – Zona sismica 2: S=9

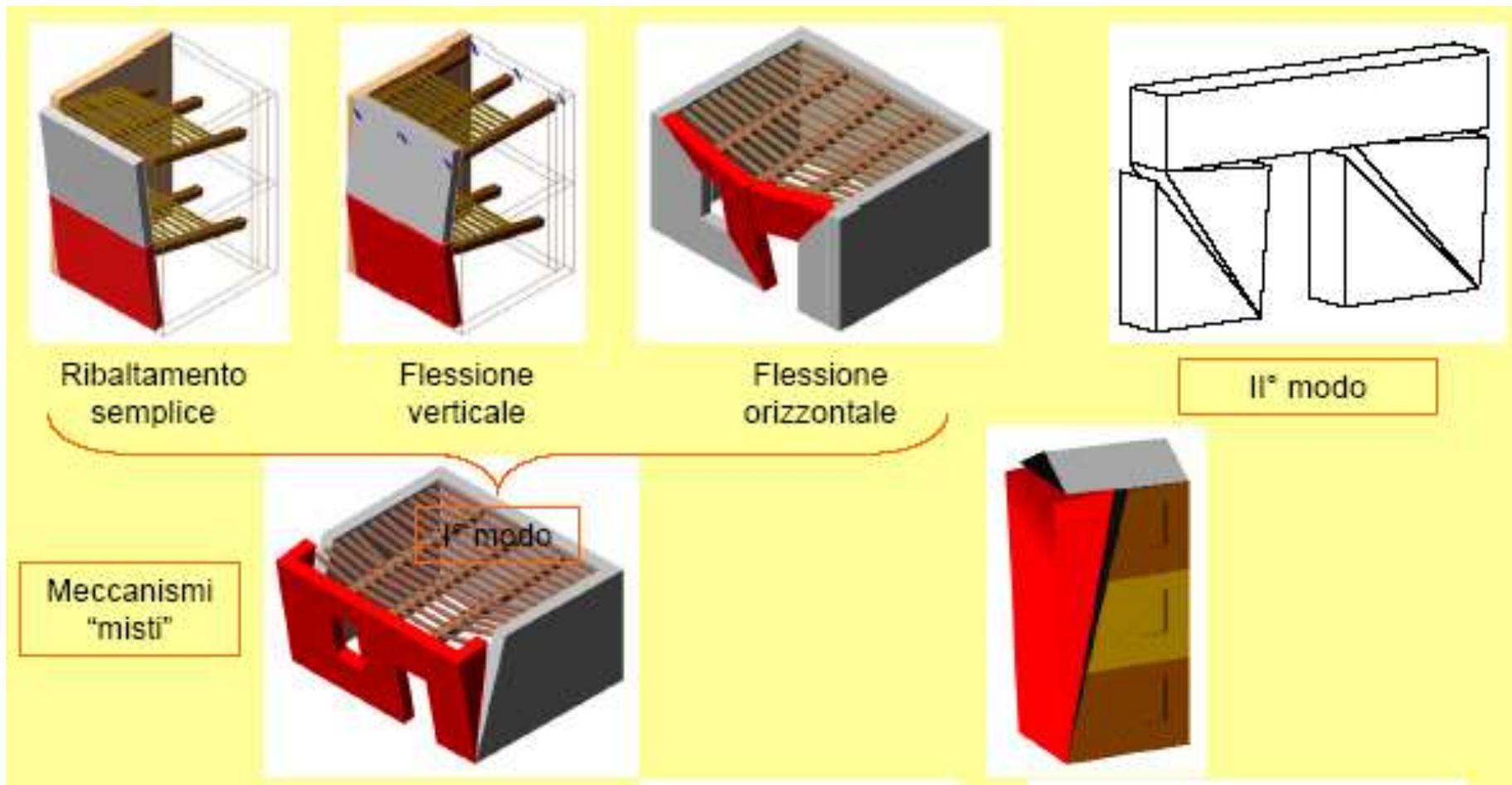


G.M. Verderame, I. Iervolino, P. Ricci (2009), *Report on the damages on buildings following the seismic event of 6th of april 2009*, V1.20. <http://www.reluis.it>

## MECCANISMI DI ROTTURA DELLE MURATURE

“Nonostante le costruzioni in muratura presentino una grande varietà per tipologie, dimensioni e materiali, **l'osservazione dei danni a seguito di eventi sismici ha mostrato meccanismi locali ricorrenti**, a cui fare riferimento per le verifiche”.

Alcuni meccanismi  
locali ricorrenti

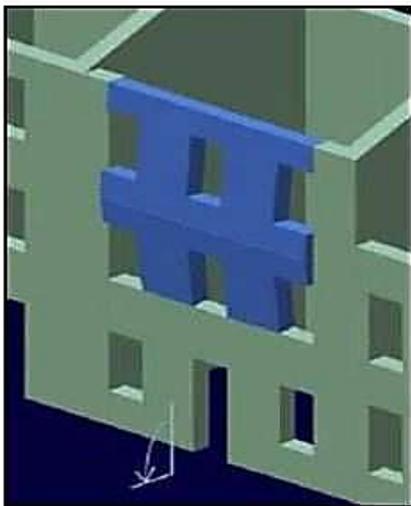


Principali tipologie di collasso della struttura  
riconducibili ai solai:

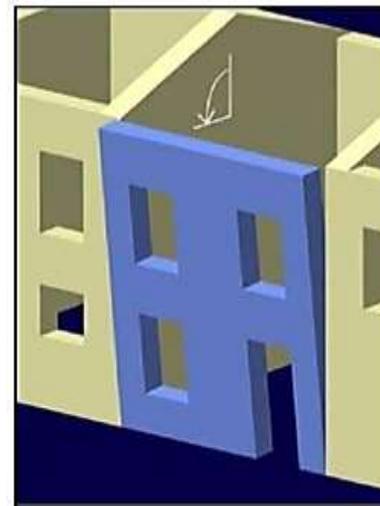
- **Sfilamento del solaio dal piano di appoggio** con caduta dello stesso a causa di una carente connessione solaio-elementi verticali (a)
- **Collasso della parete ortogonale all'azione sismica**: il solaio non è in grado di trasmettere le forze orizzontali sismiche alla parete (b e c)



(a)



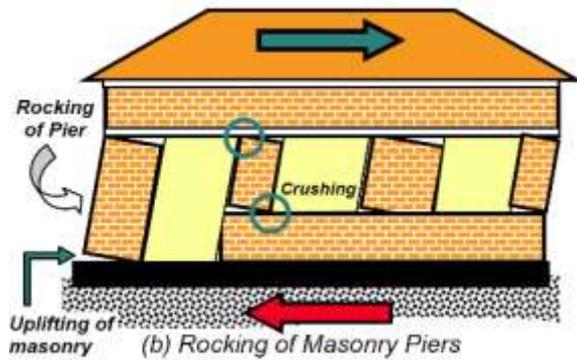
(b)



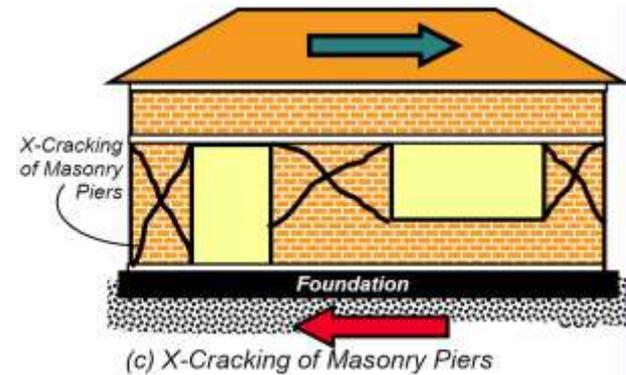
(c)

# MECCANISMI DI ROTTURA DI 2° MODO DEI MASCHI MURARI

ELEMENTI SOGGETTI A DANNO  
PREVALENTE PER FLESSIONE



ELEMENTI SOGGETTI A DANNO  
PREVALENTE PER TAGLIO



© Reluis 2009  
www.reluis.it



Masonry building lo  
Evidence of diagonal

© Reluis 2009  
www.reluis.it



Masonry building lo  
Diagonal cracks invol



No connections between floors and walls

Rigid RC roof

## Amatrice (2016)



Ties & connections between floors and walls

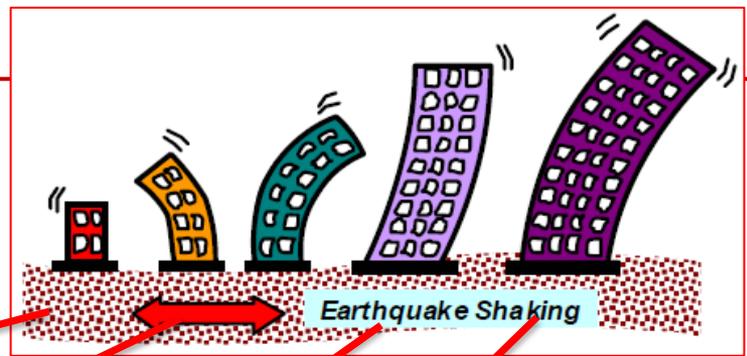
Flexible timber diaphragms

---

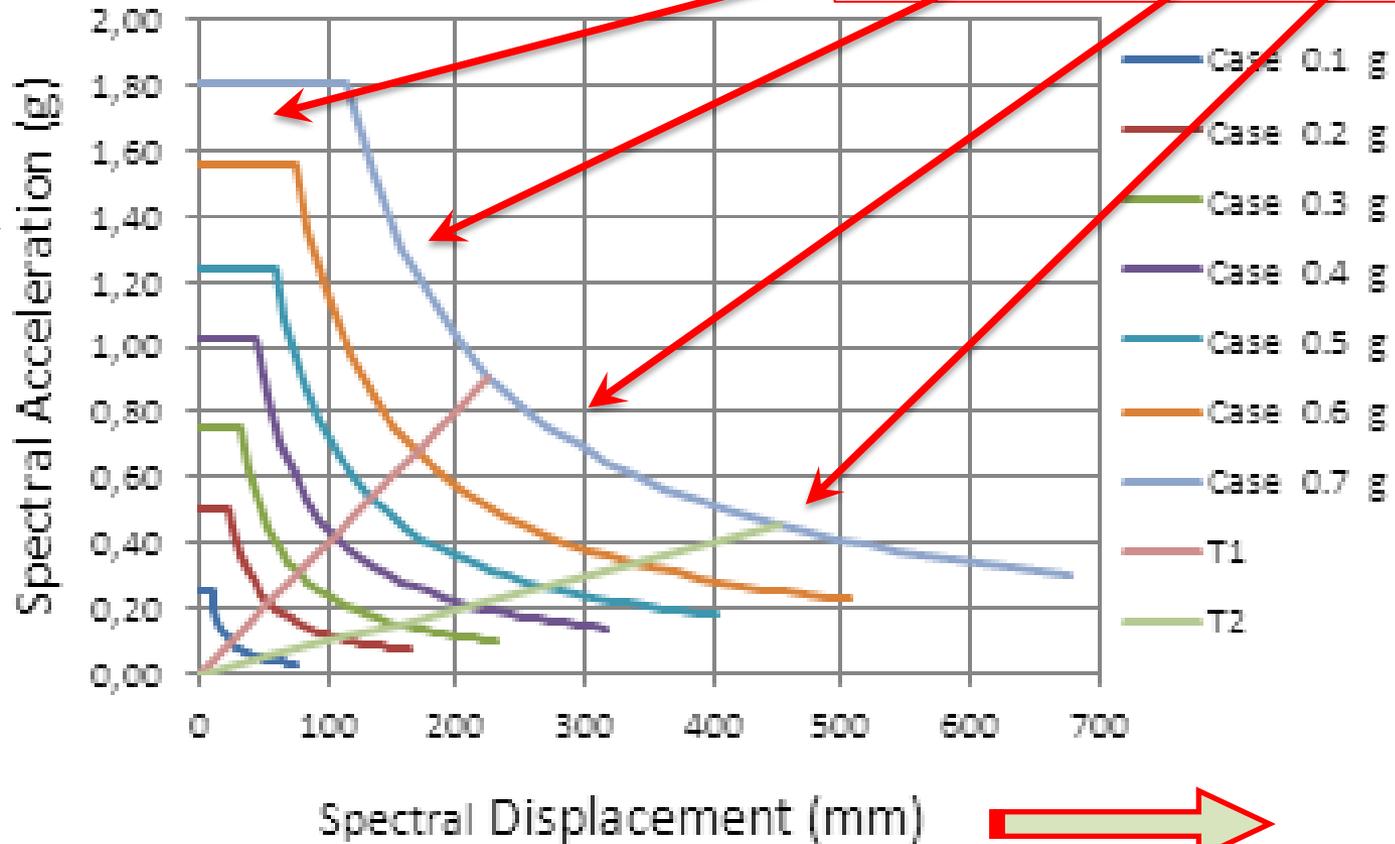
# **I METODI DI INTERVENTO NOTI PER IL MGLIORAMENTO SISMICO**

# Effetto dinamico del sisma sulle costruzioni

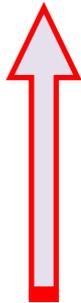




Response Spectra (ADRS format)



Taglio alla base / Peso edificio

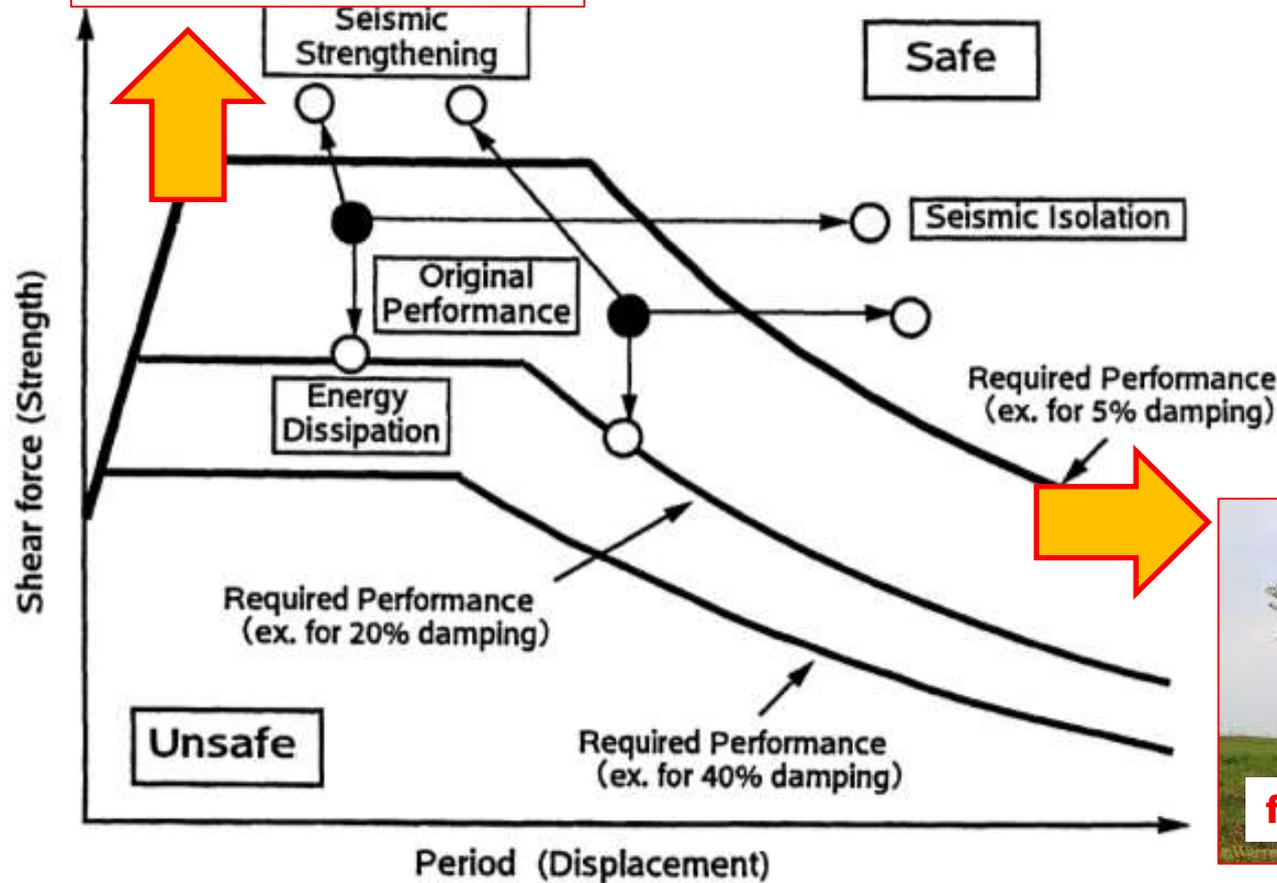


SPOSTAMENTO

# Opzioni di miglioramento/adeguamento sismico

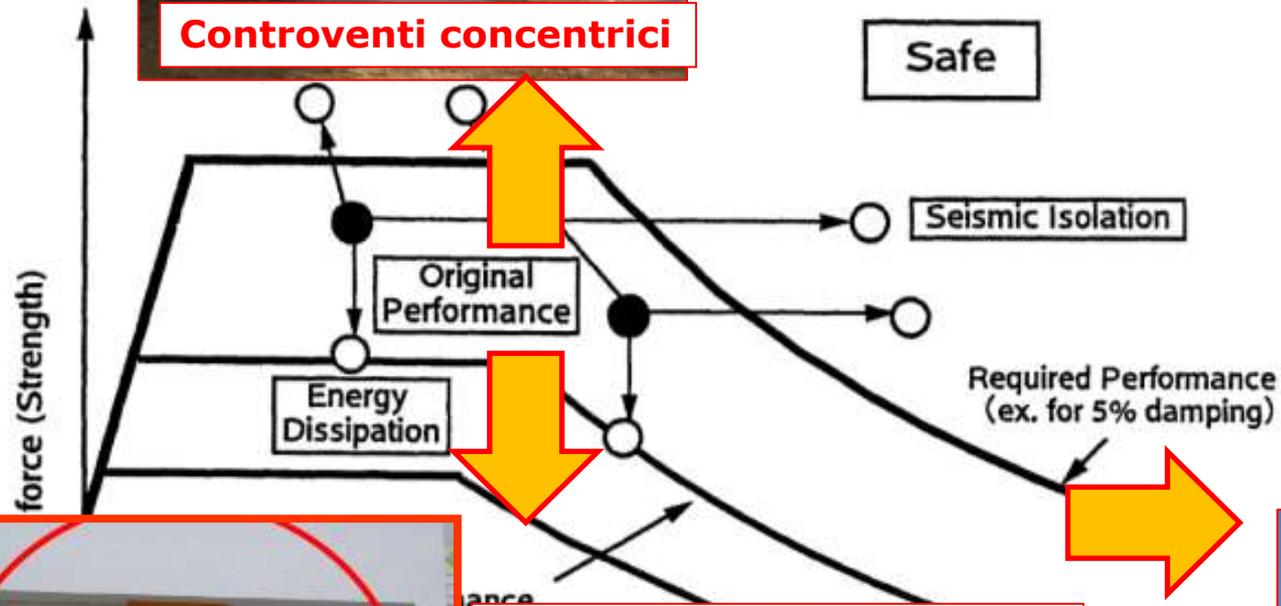


**Resistenza e rigidezza**





**Controventi concentrici**



**Isolamento sismico**

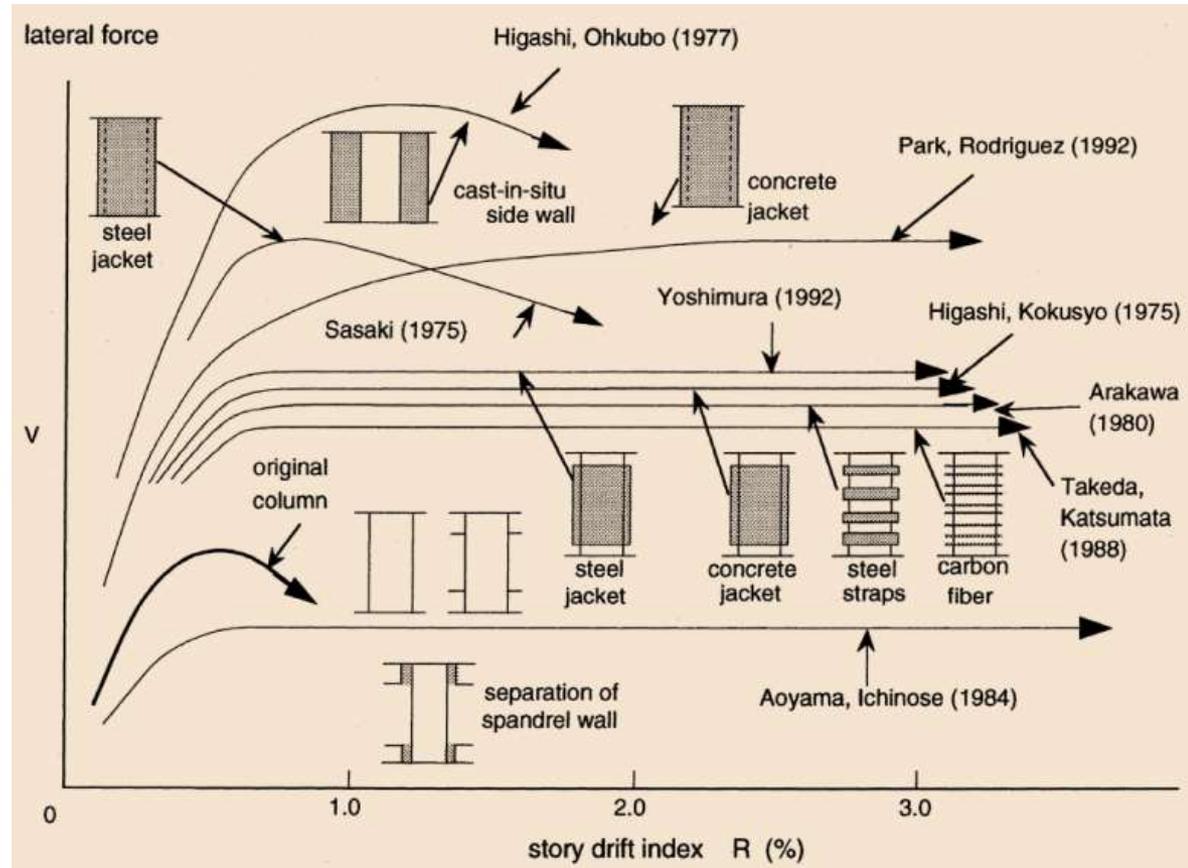
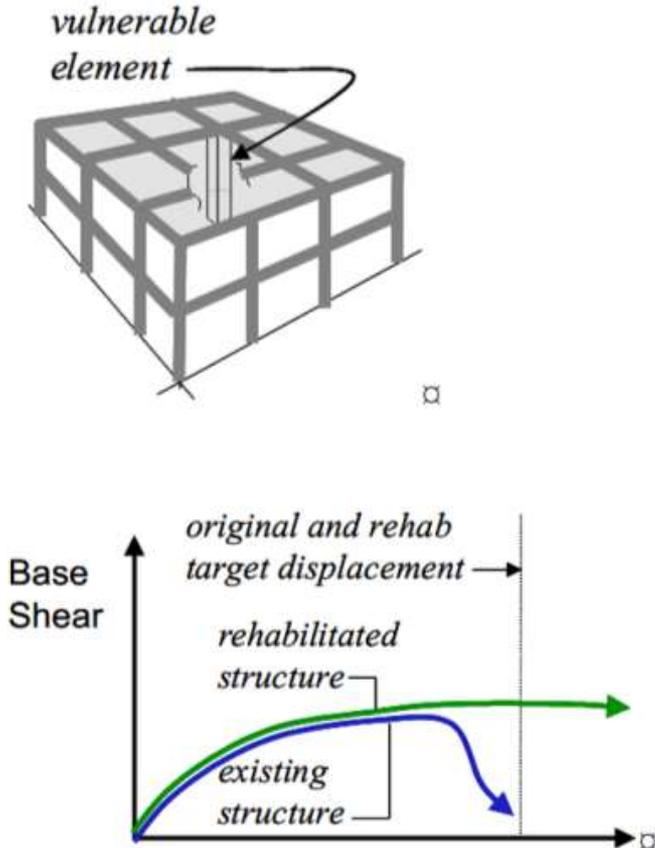


**Controventi dissipativi**



**Viscous damper**

## INTERVENTI «LOCALI»



## INTERVENTI «LOCALI»



carbon fibres wrapping to increase the shear strength in a column



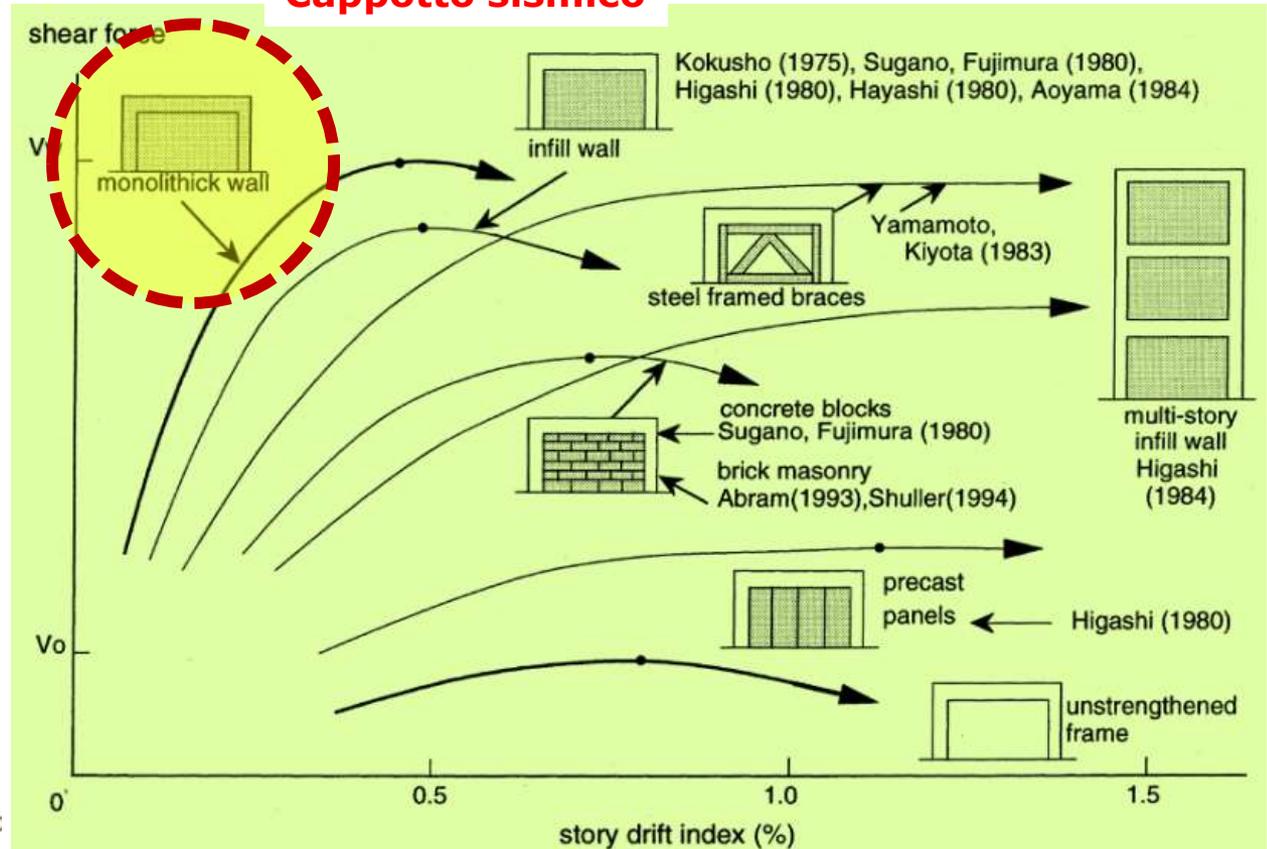
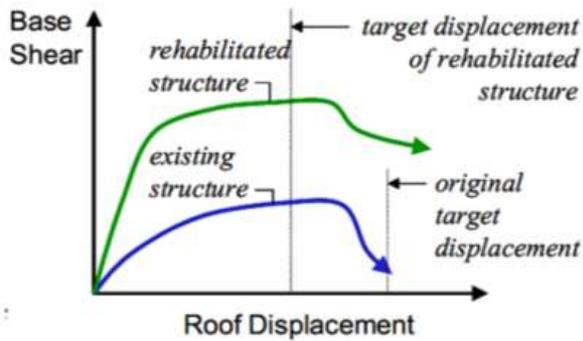
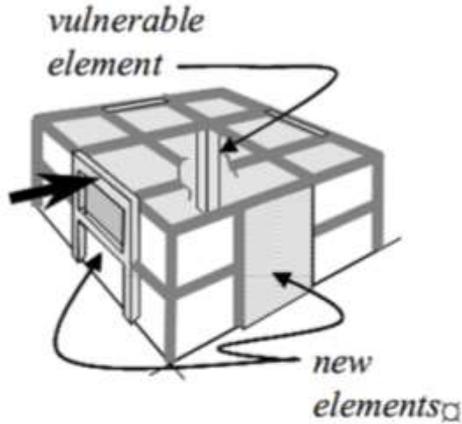
concrete casting to increase shear and flexural strength



steel encasing for the same purpose

## INTERVENTI «GLOBALI»

### Cappotto sismico



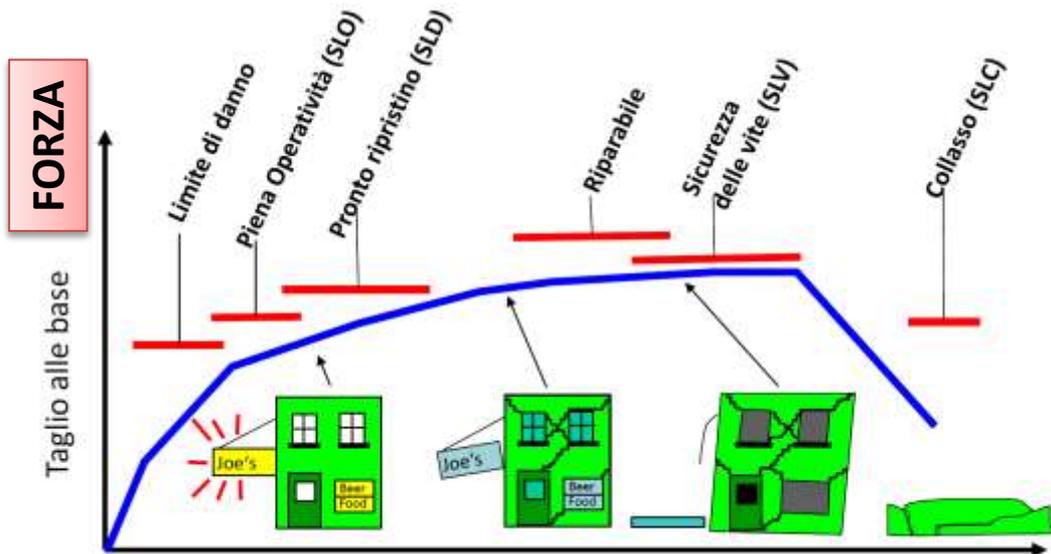
# Aggiunta di controventi che modificano l'organismo strutturale



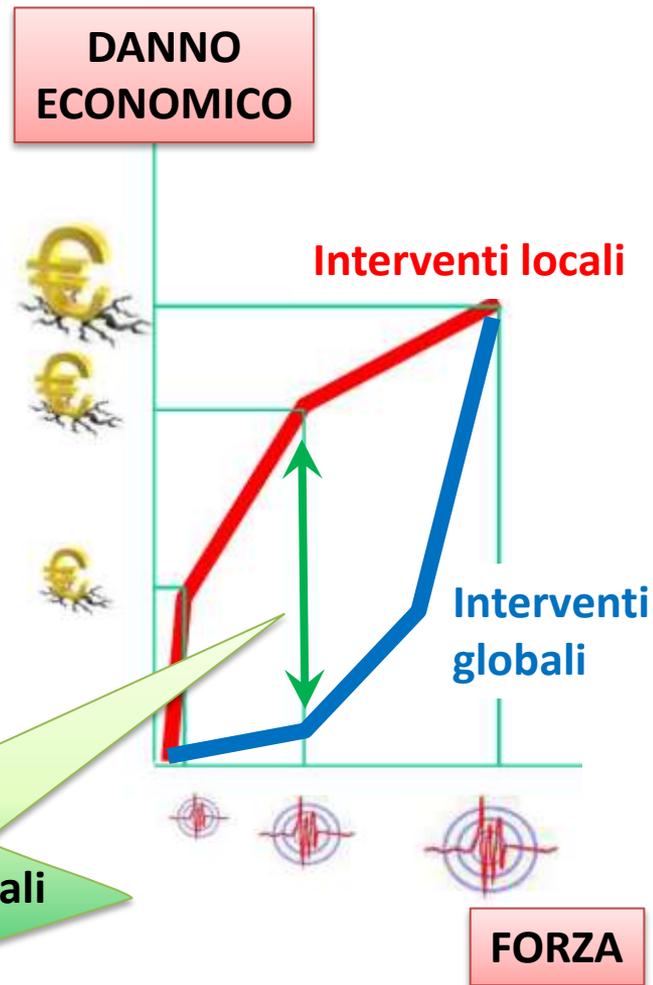
## Aggiunta di nuove pareti strutturali



# INTERVENTI LOCALI O GLOBALI?



SPOSTAMENTO



Per terremoti di modesta entità  
– quindi «frequenti» –  
elevati danni economici agli elementi non strutturali

---

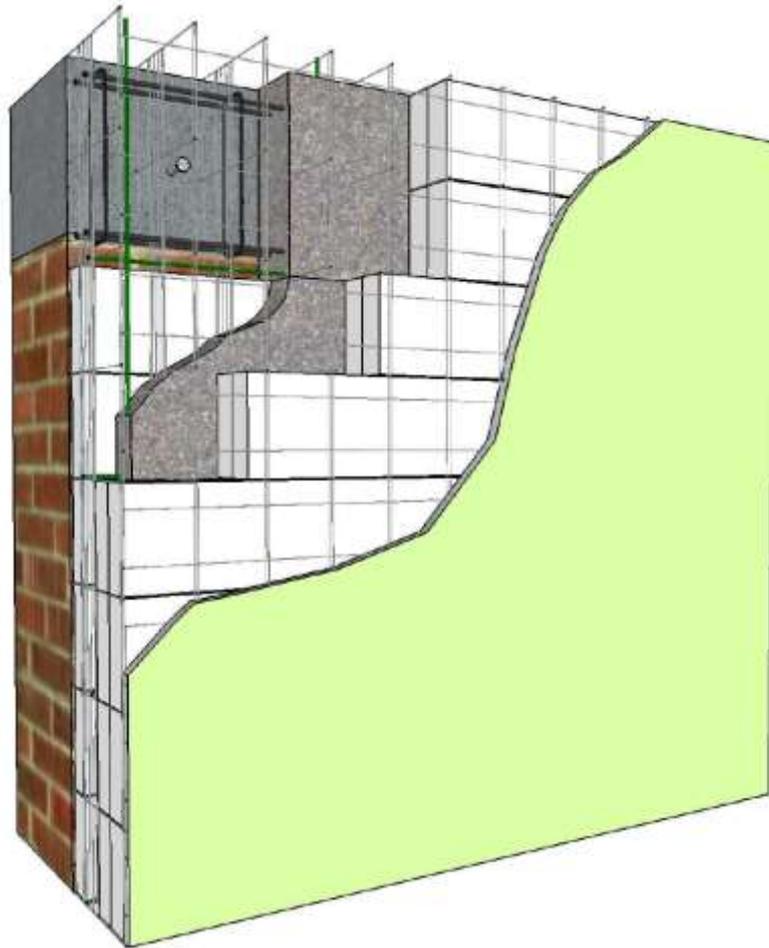
# **LA TECNOLOGIA INNOVATIVA**

## **Il cappotto antisismico**

### **SPERIMENTAZIONE E VALIDAZIONE**

#### **& casi pratici di applicazione**

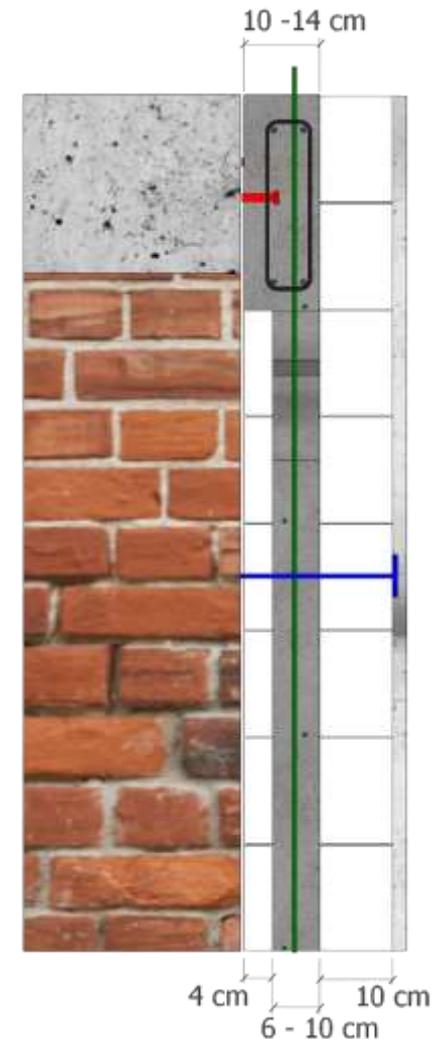
# Una tecnologia innovativa: il cappotto antisismico



# Una tecnologia innovativa: il cappotto antisismico

Il Cappotto Sismico è costituito da:

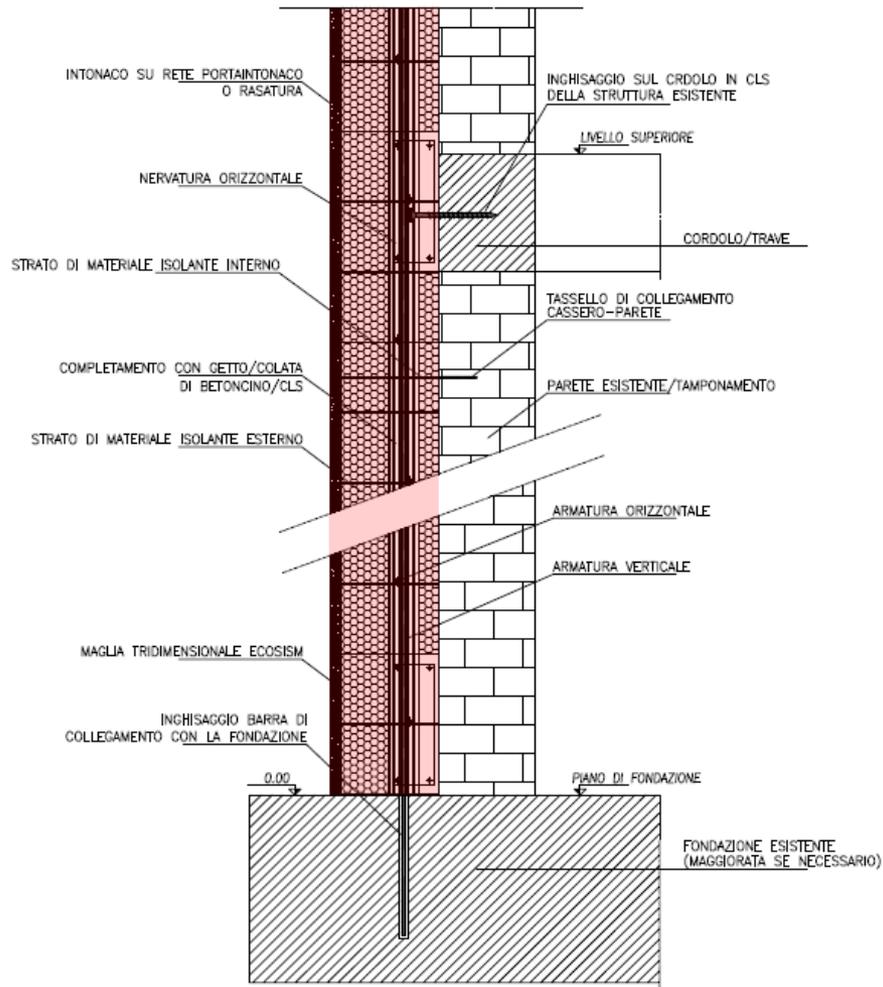
1. **Cassaforma termica a rimanere prodotta su misura** ECOSISM®
2. **Lastra sottile** in cemento armato/betoncino a resistenza gettata in opera (armatura baricentrica diffusa) in base al progetto strutturale
3. **Materiale isolante pre-assemblato** in base al progetto termotecnico
4. **Collegamento alla struttura esistente** a livello dei cordoli di piano e della fondazione per garantire la collaborazione del sistema di rinforzo con il fabbricato esistente.
5. **Nervature orizzontali e verticali** per garantire la massima solidarietà alla struttura esistente, migliorare il comportamento a flessione della lastra e ridurre il rischio di instabilità fuori piano.



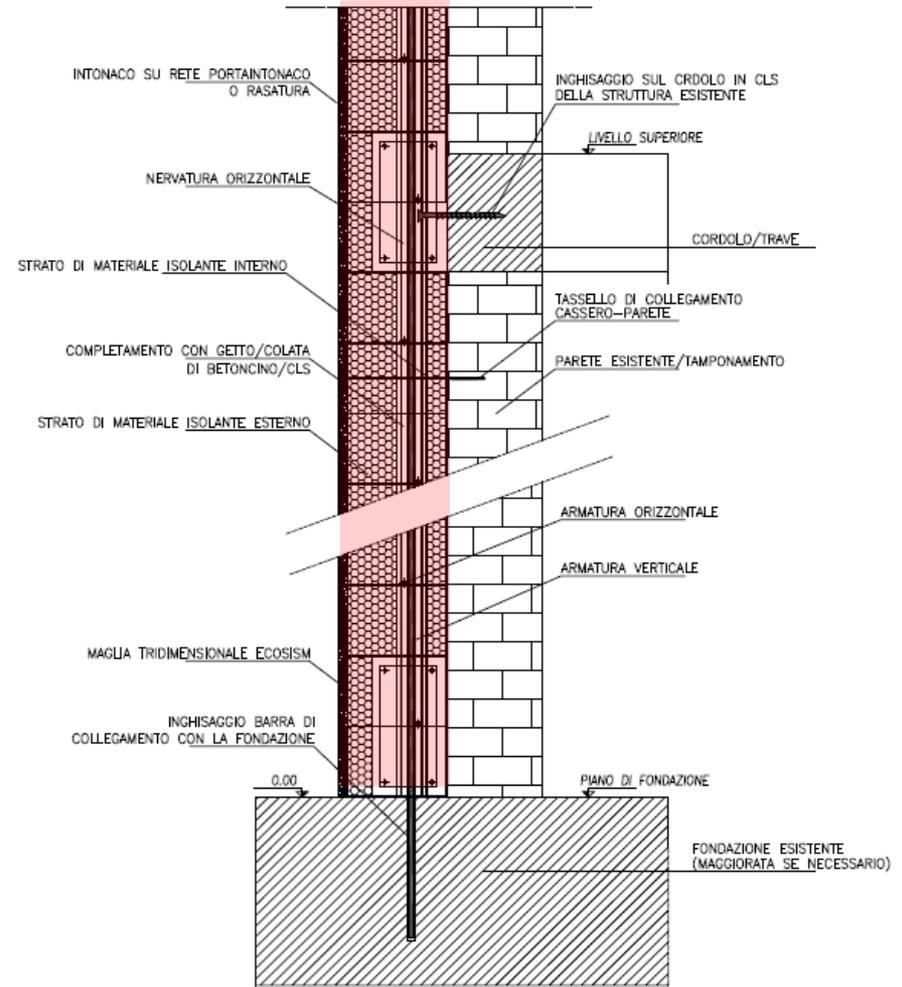
# Dettagli costruttivi

## APPLICAZIONE ESTERNA

ATTACCO FONDAZIONE E CORDOLO SUPERIORE  
Sezione verticale - Scala 1:10

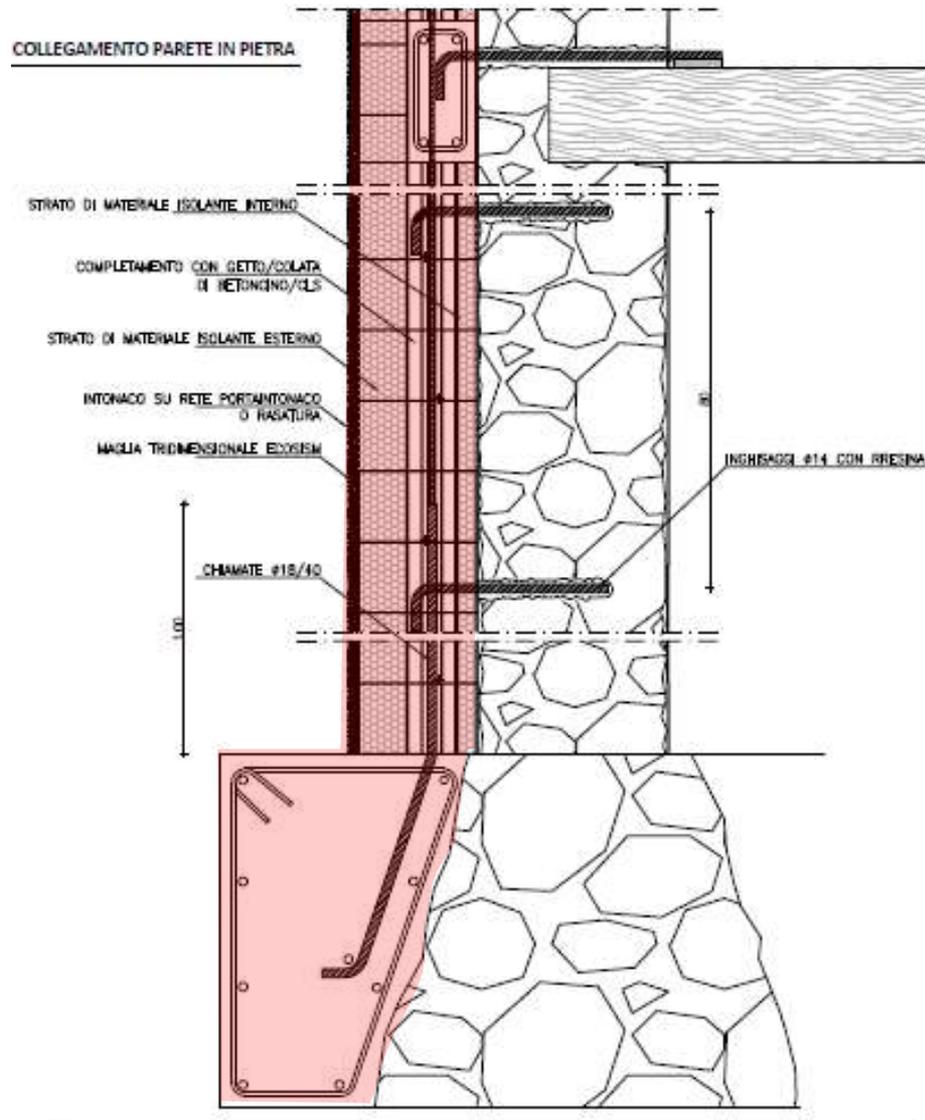


ATTACCO FONDAZIONE E CORDOLO SUPERIORE - ALLARGAMENTO NERVATURA ORIZZONTALE  
Sezione verticale - Scala 1:10



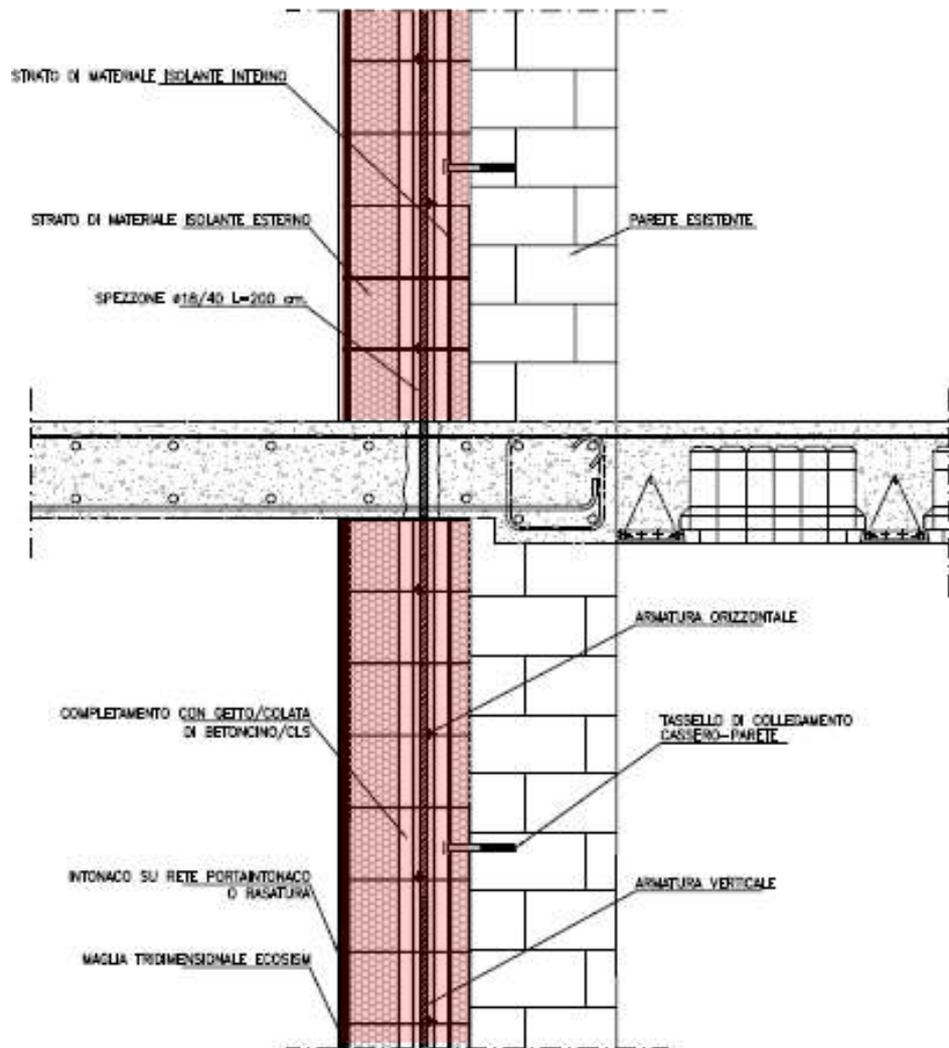


# Dettagli costruttivi

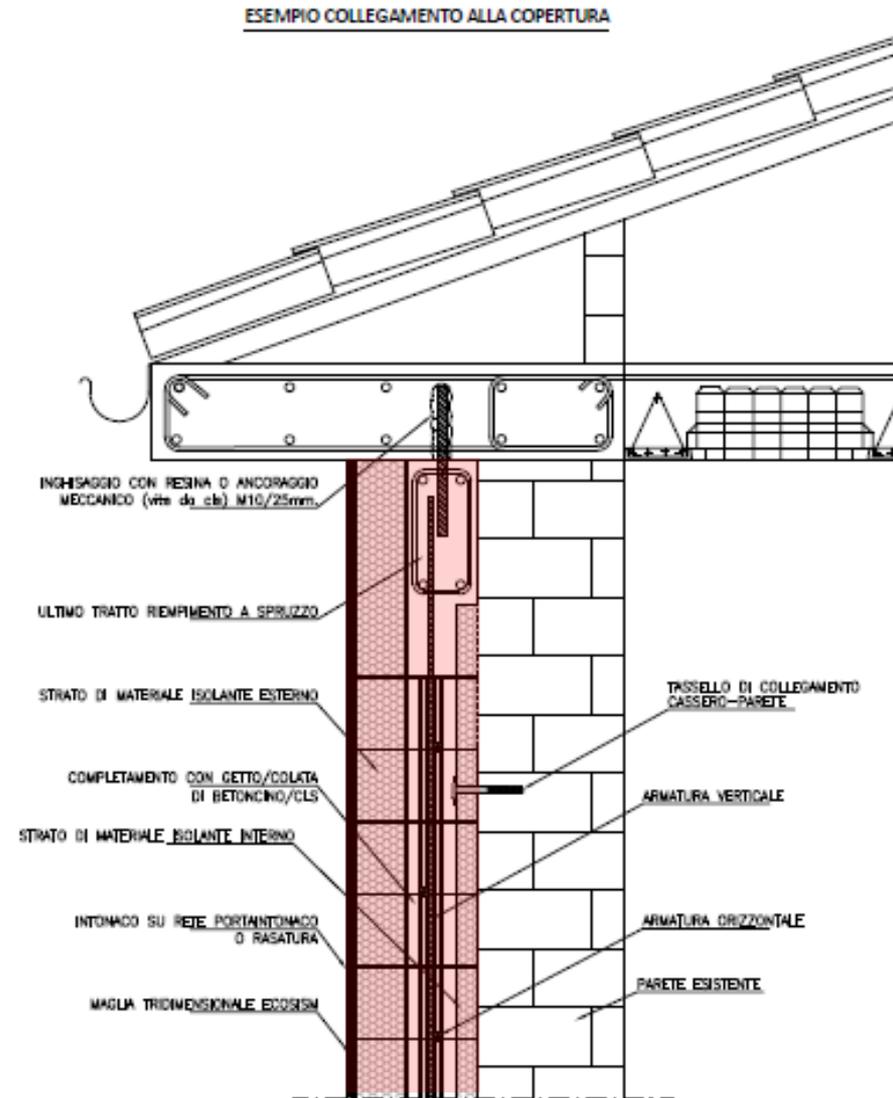


# Dettagli costruttivi

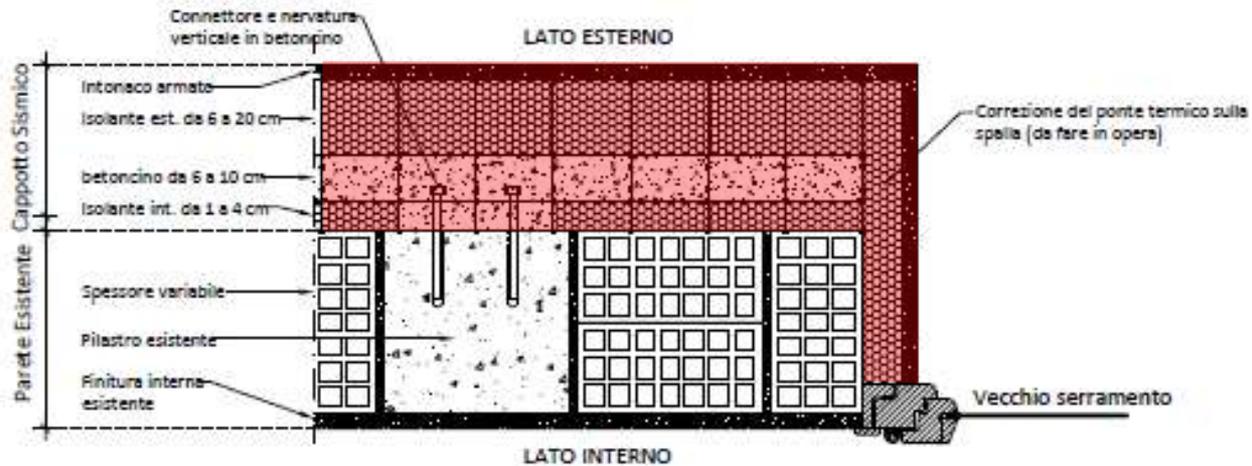
ESEMPIO ATTRAVERSAMENTO TERRAZZO



ESEMPIO COLLEGAMENTO ALLA COPERTURA



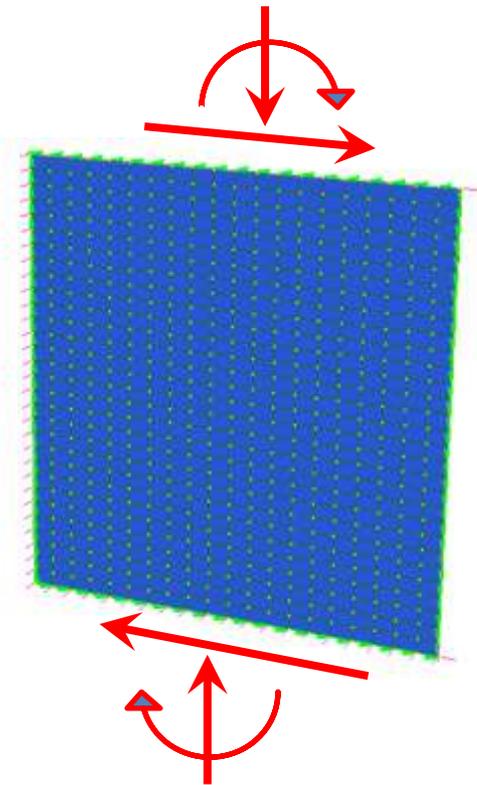
# Dettagli costruttivi



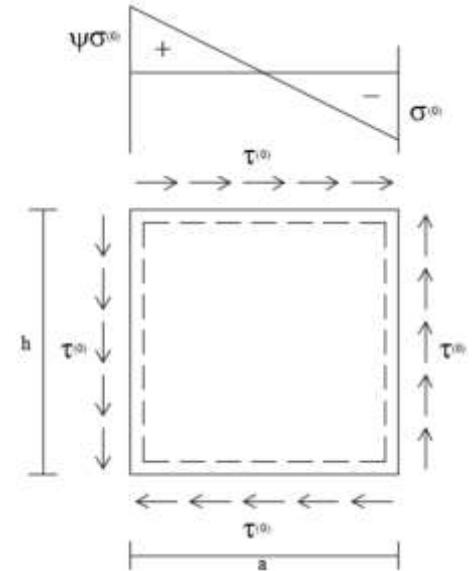
## Esempio 2 - Con sostituzione del vecchio serramento



Sollecitazioni  
composte (N, M, V)



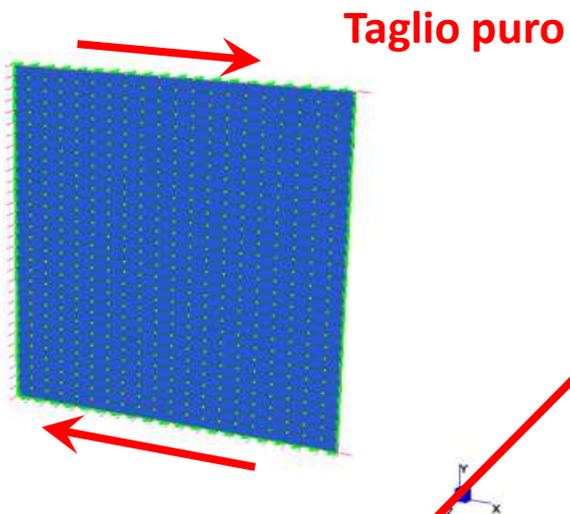
Stato tensionale  
corrispondente



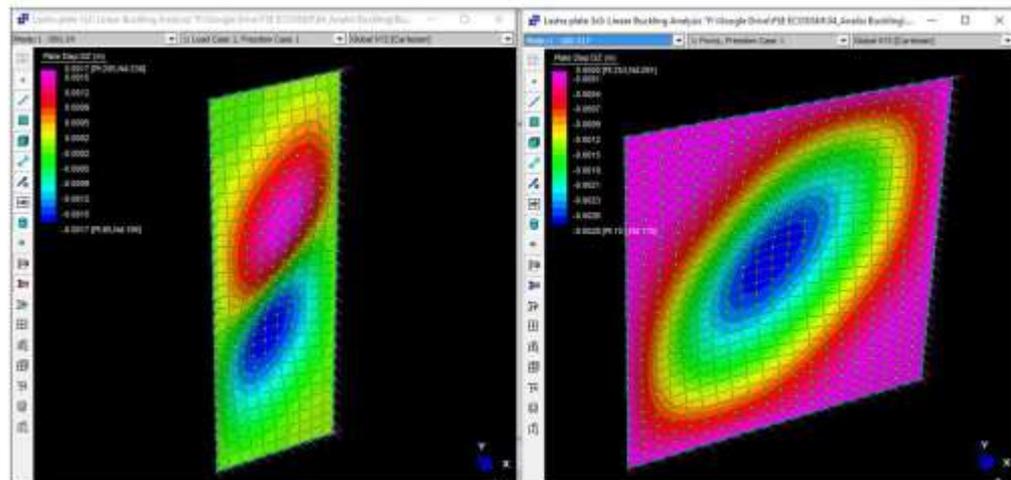
$$\left(\frac{\tau^{(0)}}{\tau_{cr}^{(0)}}\right) = 1 - \frac{1 + \psi}{2} \left(\frac{\sigma^{(0)}}{\sigma_{cr}^{(0)}}\right) - \frac{1 - \psi}{2} \left(\frac{\sigma^{(0)}}{\sigma_{cr}^{(0)}}\right)^2$$

# Instabilità dell'equilibrio delle lastre sottili di c.a. sollecitate nel piano

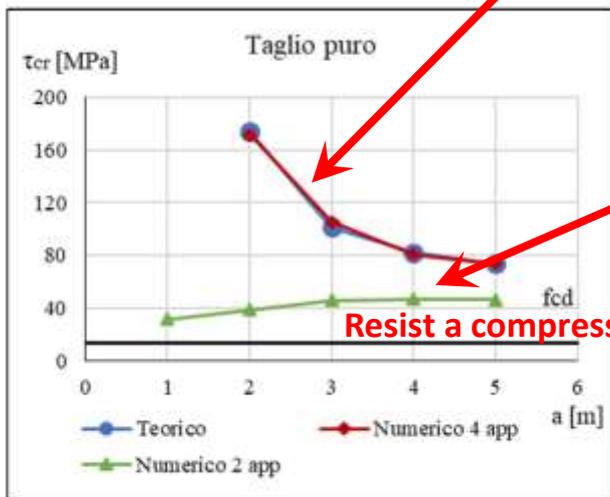
Spessore  $t=6$  cm – altezza  $h=3$  m



Vincolata sui quattro lati

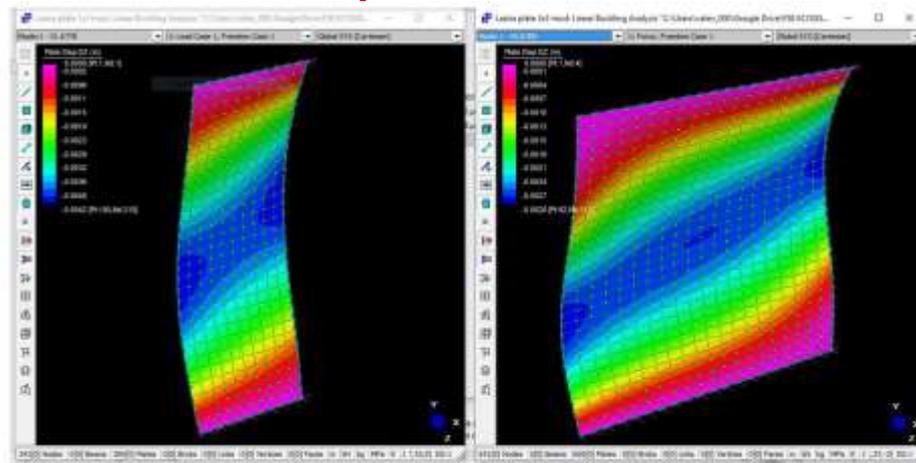


Configurazione deformata della lastra su quattro appoggi di lunghezza rispettivamente  $a = 1$  m e  $a = 3$  m.



Confronto dell'andamento della tensione critica nelle due configurazioni di vincolo

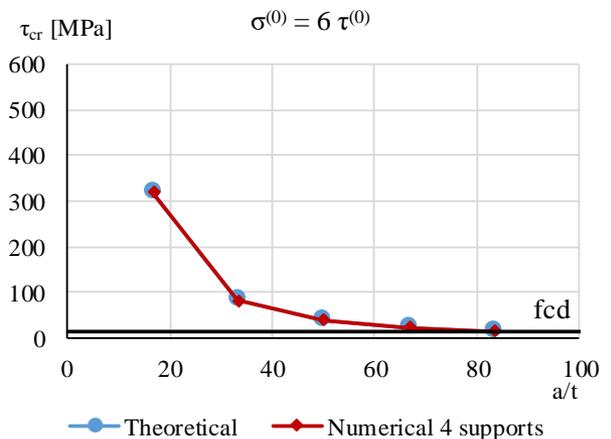
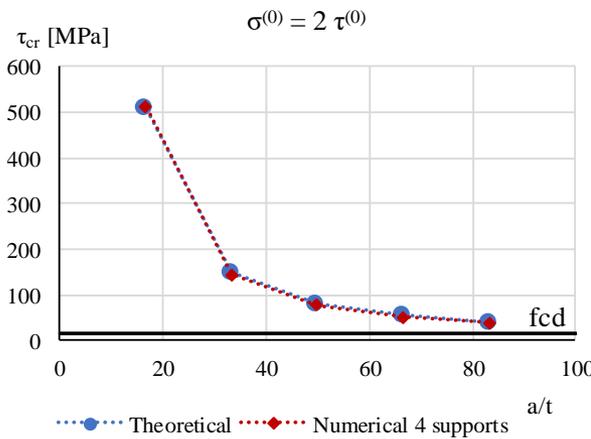
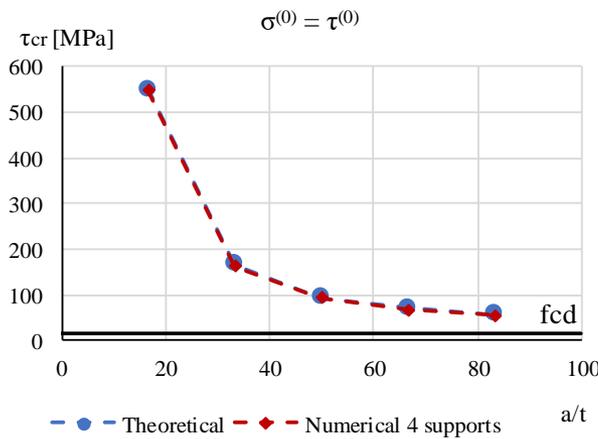
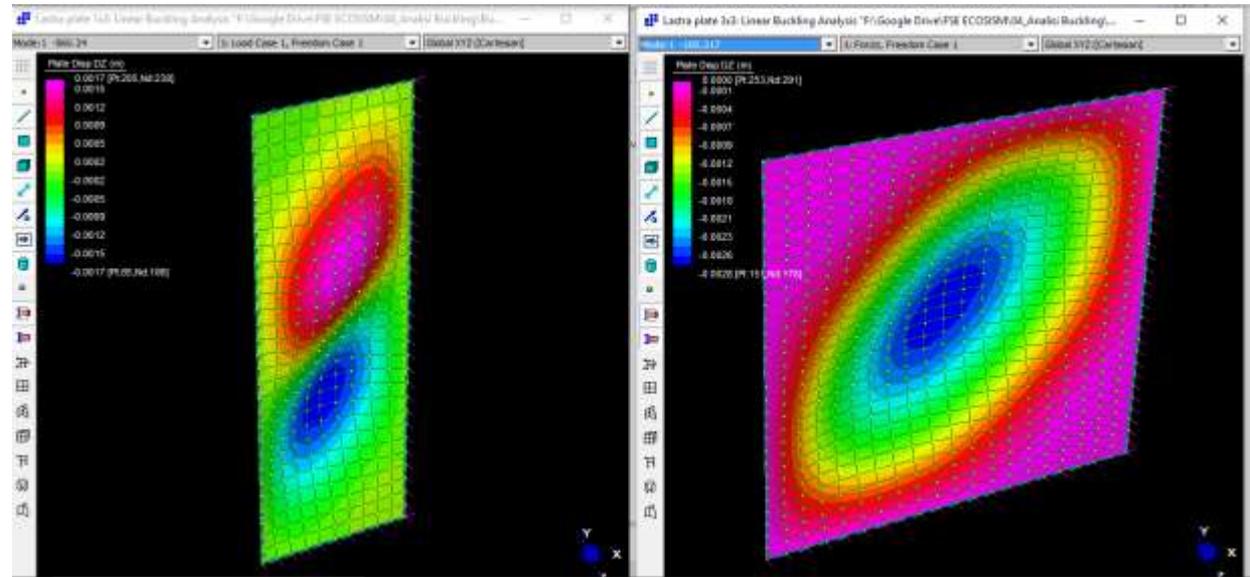
Vincolata solo sopra e sotto



6. Configurazione deformata della lastra su due appoggi di lunghezza rispettivamente  $a = 1$  m e  $a = 3$  m.

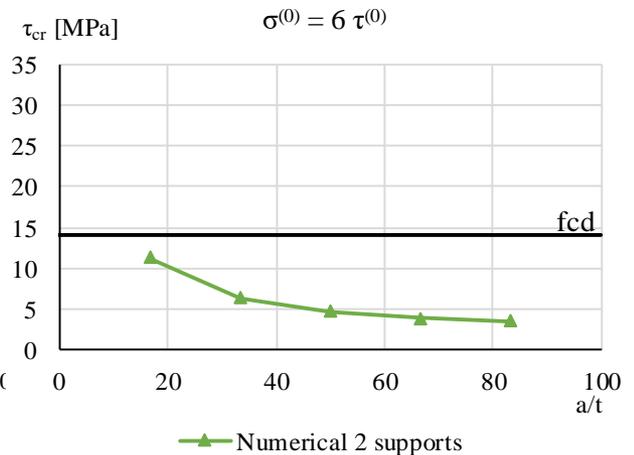
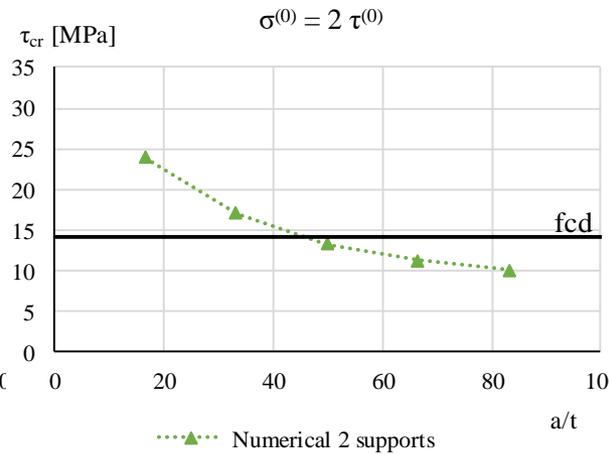
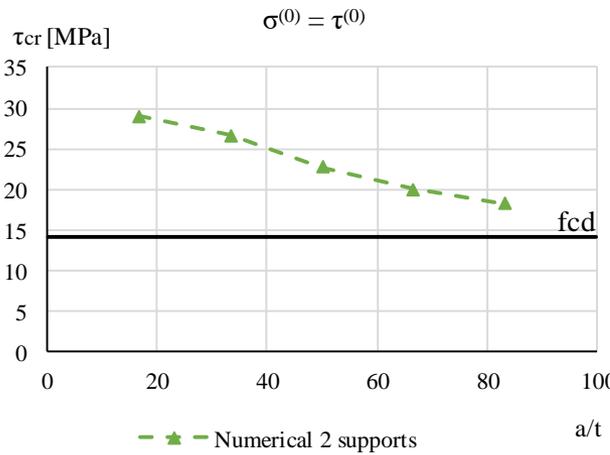
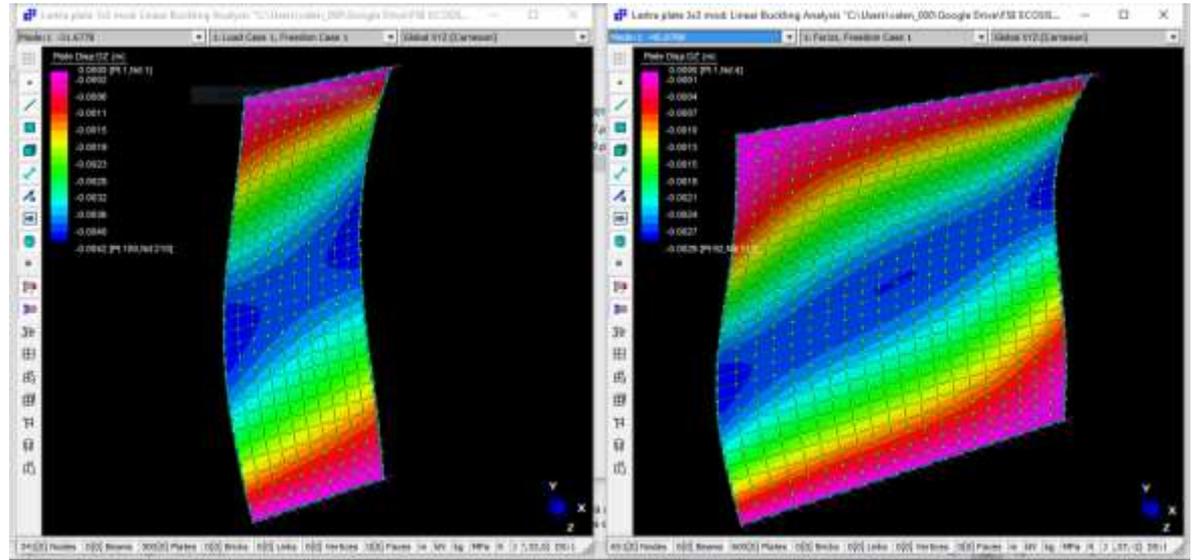
## FLESSIONE E TAGLIO COMPOSTI – VINCOLI SUI 4 LATI

spessore  $t=6$  cm  
 altezza  $h=3$  m



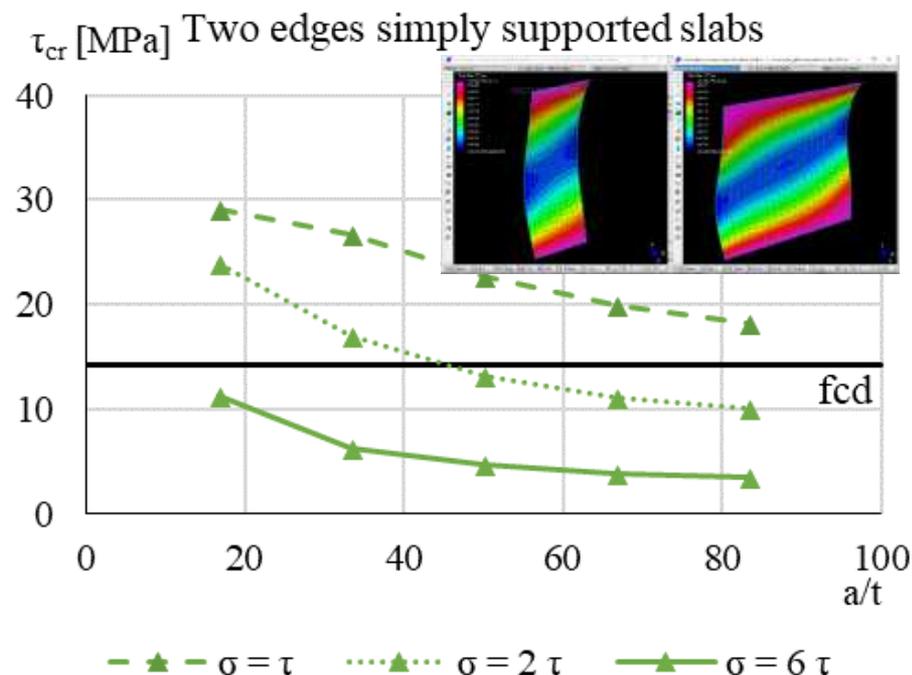
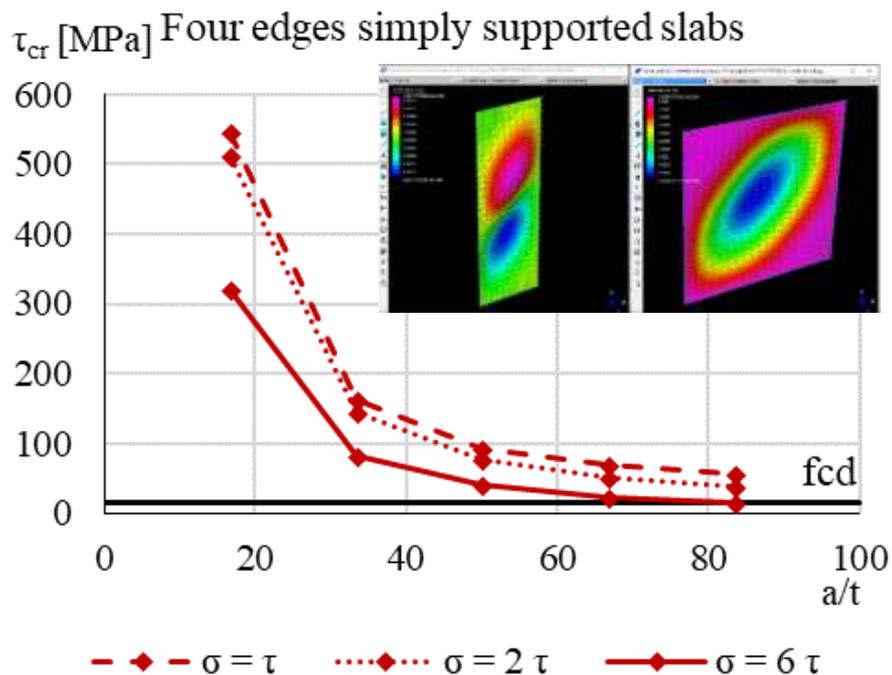
## FLESSIONE E TAGLIO COMPOSTI – VINCOLATO SOLO ORIZZONTALMENTE

spessore  $t=6$  cm  
 altezza  $h= 3$  m



## CONCLUSIONI

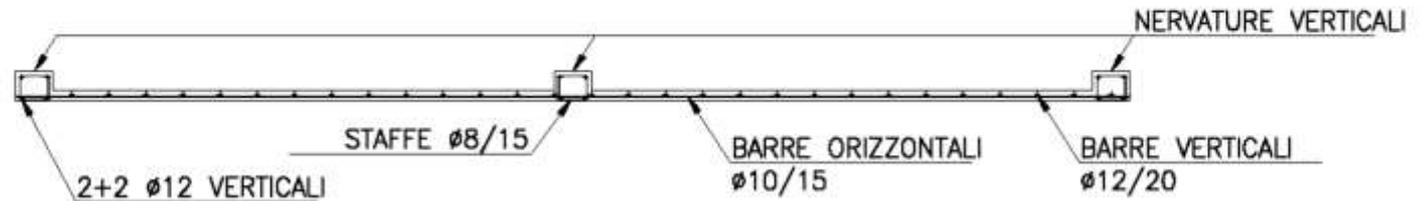
All'aumentare delle tensioni di compressione e flessione, le tensioni tangenziali critiche per le quali la lastra si instabilizza diminuiscono.



**Ma con gli usuali spessori e tassi di lavoro del calcestruzzo il raggiungimento della condizione di instabilità dell'equilibrio rappresenta è puramente teorica.**

# Resistenza meccanica delle pareti secondo NTC

**Parete tipica** SPESSORE 6 cm,  $\phi 12/20$  verticali,  $\phi 10/15$  orizzontali



## 3.2. Calcolo delle resistenze delle pareti

Appurato che il rischio di instabilità per le lastre in esame può essere controllato col posizionamento delle nervature verticali, si procede con il calcolo delle resistenze a taglio e a flessione delle pareti secondo la normativa italiana vigente. Per brevità si riportano solamente le denominazioni delle verifiche effettuate ed i relativi riferimenti normativi.

- Resistenza a taglio in assenza di armatura,  
*§4.1.2.1.3.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio*
- Resistenza a taglio con armatura,  
*§4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio*
- Resistenza a scorrimento,  
*§7.4.4.5.2.2 Taglio – verifica a scorrimento nelle zone critiche*
- Resistenza a flessione,  
*§4.1.2.1.2 Resistenza a sforzo normale e flessione*

Le singole pareti sono state ipotizzate come incastrate alla base e soggette solo all'azione del peso proprio per quanto riguarda i carichi verticali, poiché nelle ipotesi alla base del calcolo si assume che le azioni verticali restino affidate alla struttura portante esistente.

# Resistenza meccanica delle pareti secondo NTC

## Parete tipica

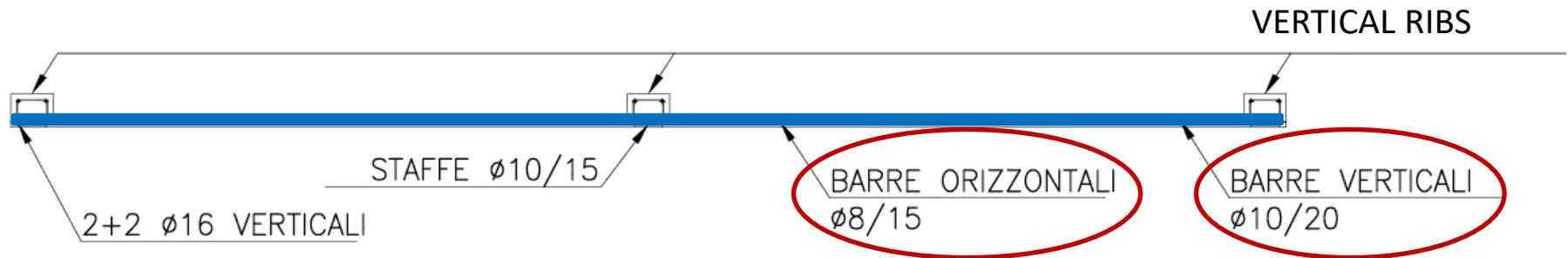


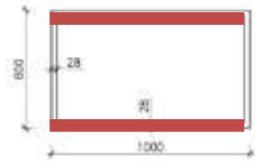
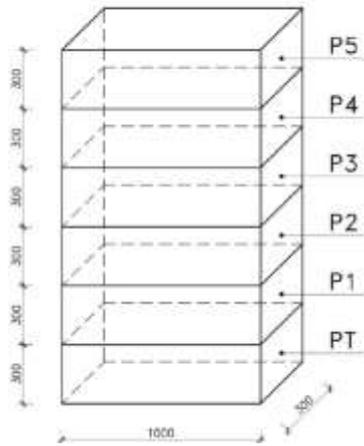
Tabella 3.2. Resistenze a flessione, taglio e scorrimento per parete di lunghezza pari a 6 m.

SPESSORE PARETE (cm)	ARM. VERT $\phi$ (mm)	PASSO ARM. VERT (cm)	ARM. ORIZZ $\phi$ (mm)	PASSO ARM. ORIZZ (cm)	flessione	taglio senza armatura	taglio					scorrimento	
					$M_{Rd}$ [kNm]	$V_{Rd}$ [kN]	$\Theta=45^\circ$		$\Theta$ variabile			passo 20cm	passo 10cm
							$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	$\Theta$ [°]	$V_{Rd,5}$ [kN]	$V_{Rd,5}$ [kN]
10	16	20	14	15	7535	238	1928	1693	1928	1693	45	1005	1588
8	14	20	12	15	5785	205	1416	1355	1416	1355	45	784	1230
6	12	20	10	15	4275	169	983	1016	1015	1015	44	581	909
6	10	20	8	15	3093	169	629	1016	940	940	34	481	709
6	8	20	8	15	2073	169	629	1016	940	940	34	399	545
6	8	20	6	15	2073	169	354	1016	771	771	25	399	545
4	8	20	6	15	1992	125.3	354	677	595	595	31	329	474

# Analisi di efficacia

EDIFICIO TIPO

PIANTA PIANO TIPO

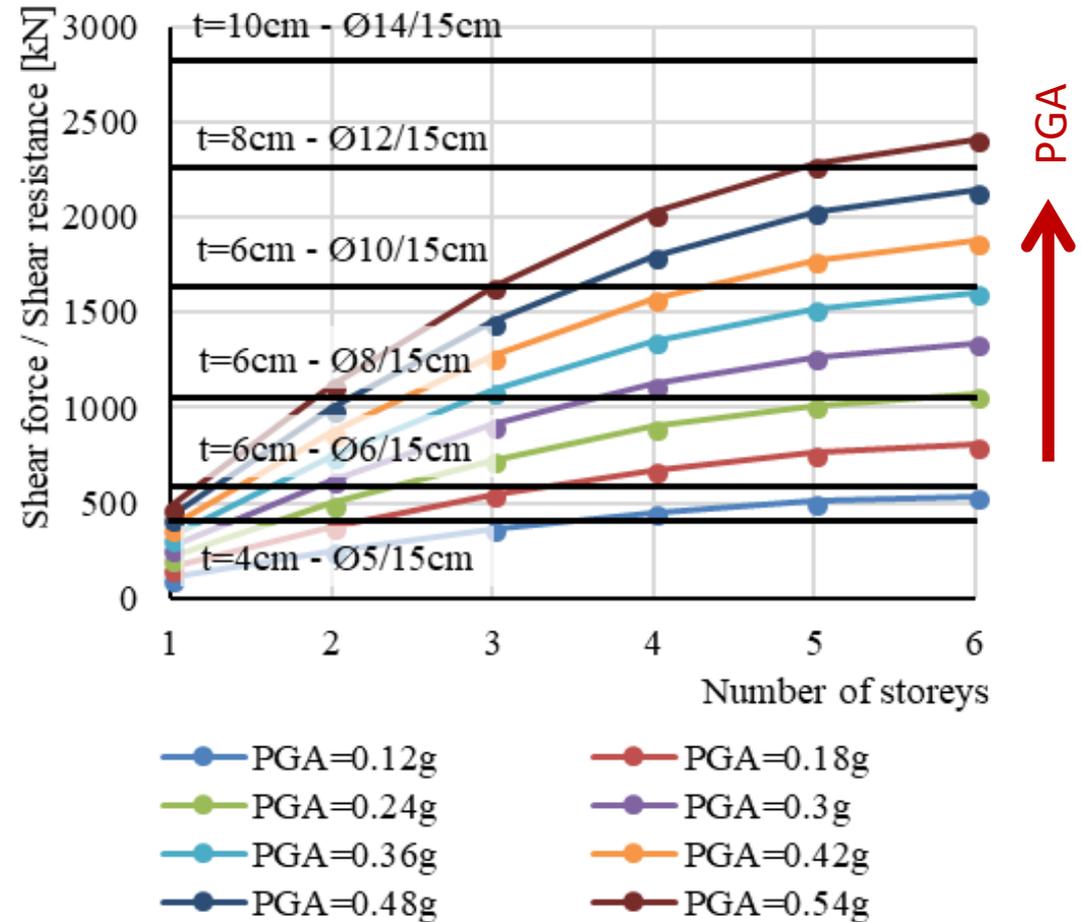


**Azione sismica**

Tabella 3.6. PGA,  $S_d$  e  $F_h$  al variare dell'intensità sismica.

PGA [g]	$S_d$ [g]	$F_h$ [kN]
0.12	0.2	1071.43
0.18	0.3	1607.14
0.24	0.4	2142.86
0.3	0.5	2678.57
0.36	0.6	3214.29
0.42	0.7	3750.00
0.48	0.8	4285.71
0.54	0.9	4821.43

**Wall L=10 m**



# Analisi di efficacia

EDIFICIO TIPO

PIANTA PIANO TIPO

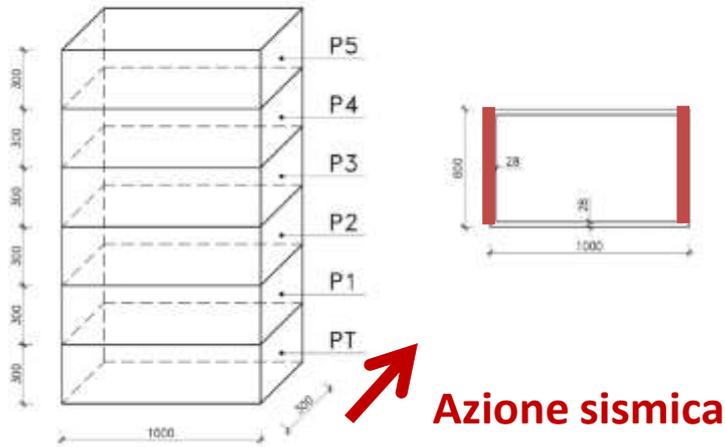
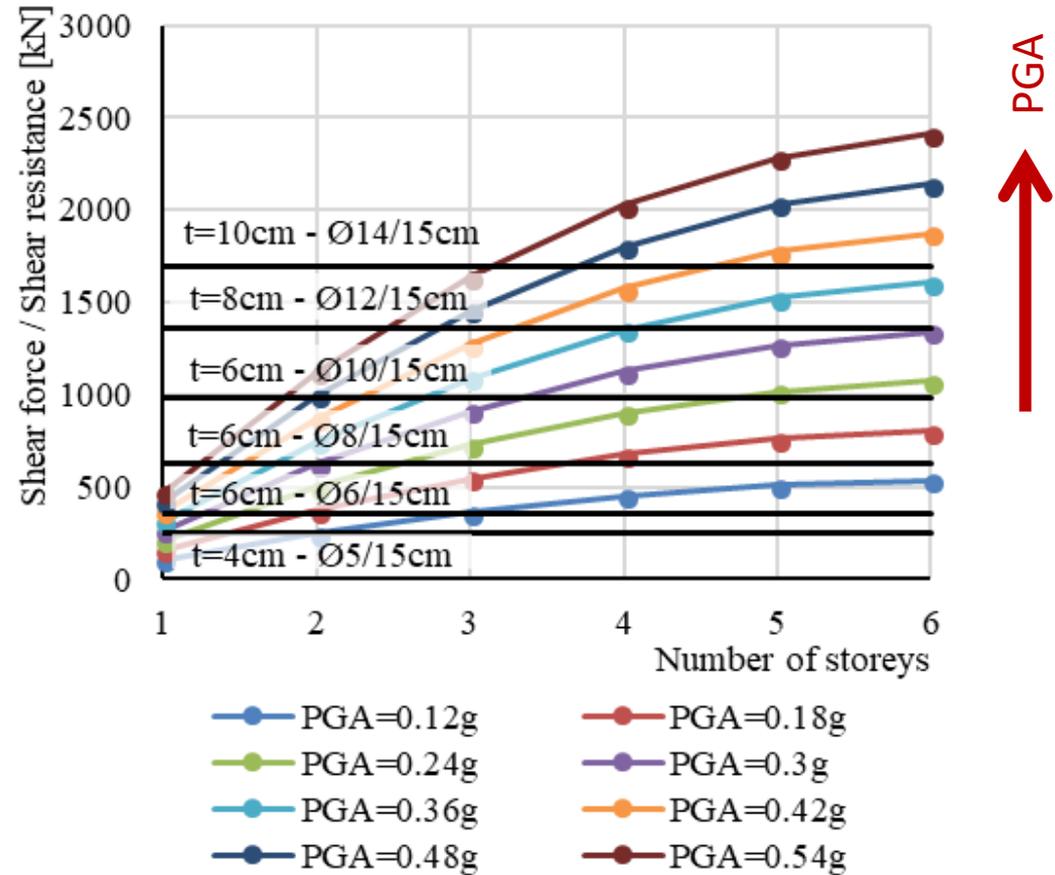


Figura 3.19. Schemi edificio analizzato.

Tabella 3.6. PGA,  $S_d$  e  $F_h$  al variare dell'intensità sismica.

PGA [g]	$S_d$ [g]	$F_h$ [kN]
0.12	0.2	1071.43
0.18	0.3	1607.14
0.24	0.4	2142.86
0.3	0.5	2678.57
0.36	0.6	3214.29
0.42	0.7	3750.00
0.48	0.8	4285.71
0.54	0.9	4821.43

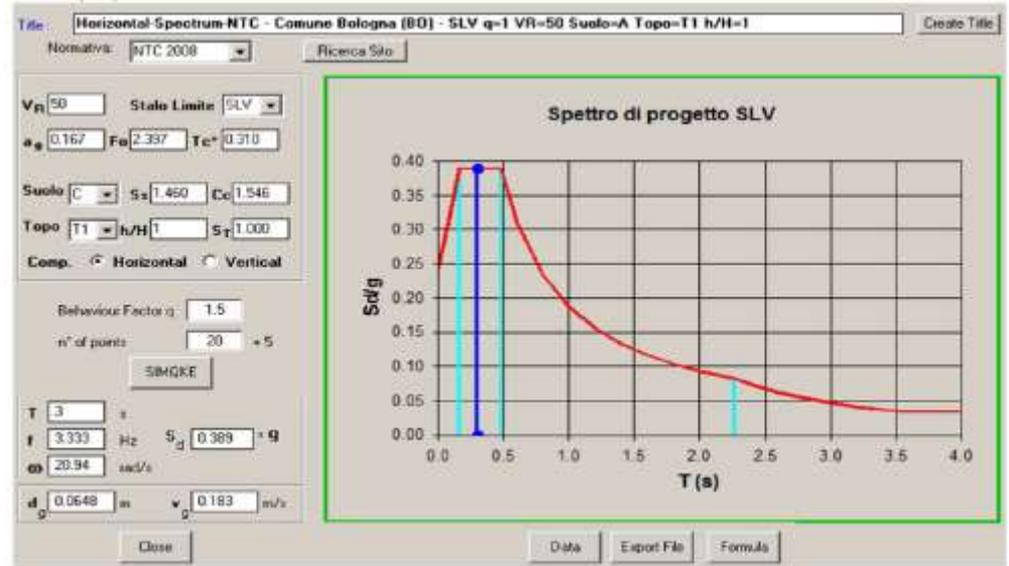
Wall L=6 m



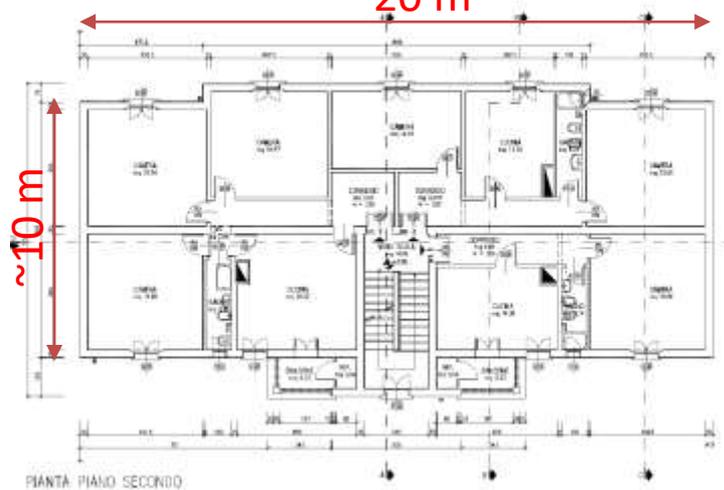
# Caso studio – edificio a 6 piani in muratura



Figura 3.23. Prospetto SUD



~20 m



## 3.5.6. Adeguamento sismico

Per ottenere l'adeguamento sismico si devono coprire le seguenti sollecitazioni alla base dell'edificio:

$$M = 59405 \text{ kNm}$$

$$V = 4269.56 \text{ kN}$$

Si riporta in figura 20 la sezione di base che garantisce l'adeguamento sismico. Ovviamente andando verso l'alto lo spessore e l'armatura possono essere ridotti in relazione alle sollecitazioni agenti.

SPESORE 15 cm,  $\phi 20/20\text{cm}$  verticali,  $\phi 16/15\text{cm}$  orizzontali

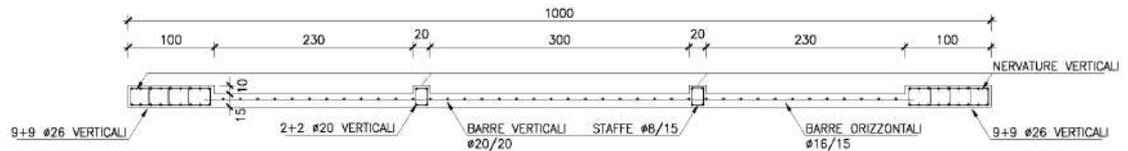
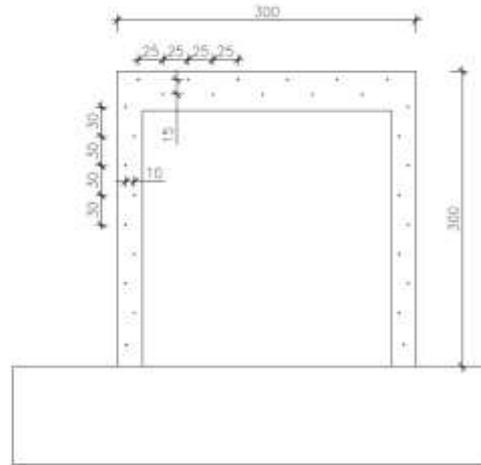
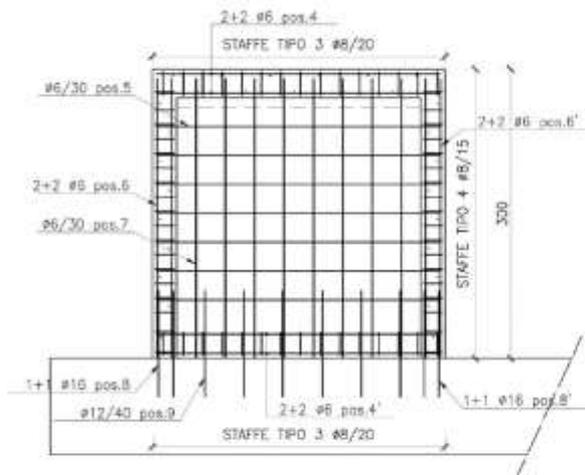


Figura 3.36. Sezione di base per raggiungere l'adeguamento

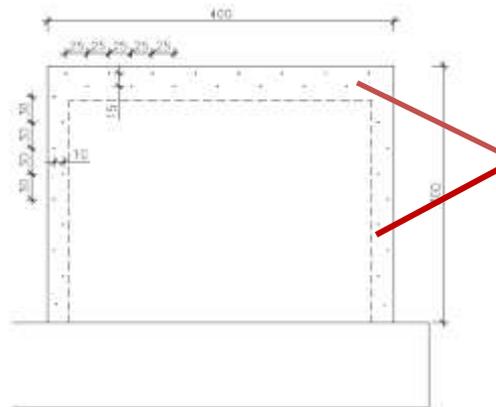
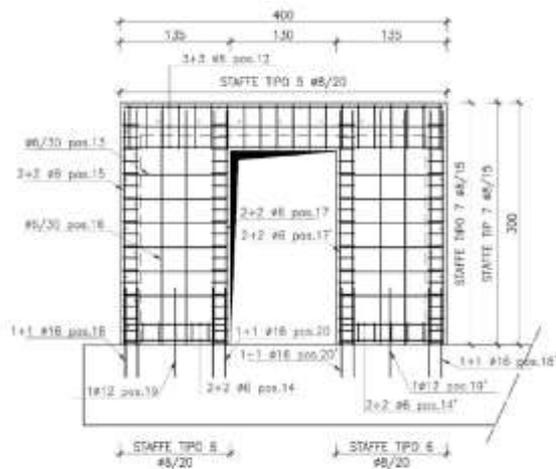
# Validazione sperimentale 2017



## Campione 1

**TELAI IN C.A., con e senza aperture, con nervature verticali al bordo e contorno fori**

Viti autofilettanti da calcestruzzo d12x130 / 25 cm



## Campione 2

Figura 4.1. Armatura del Cappotto Sismico nel Campione 1 (a destra) e posizione dei connettori (a sinistra)

Figura 4.2. Armatura del Cappotto Sismico nel Campione 2 (a destra) e posizione dei connettori (a sinistra)

# Validazione sperimentale 2017

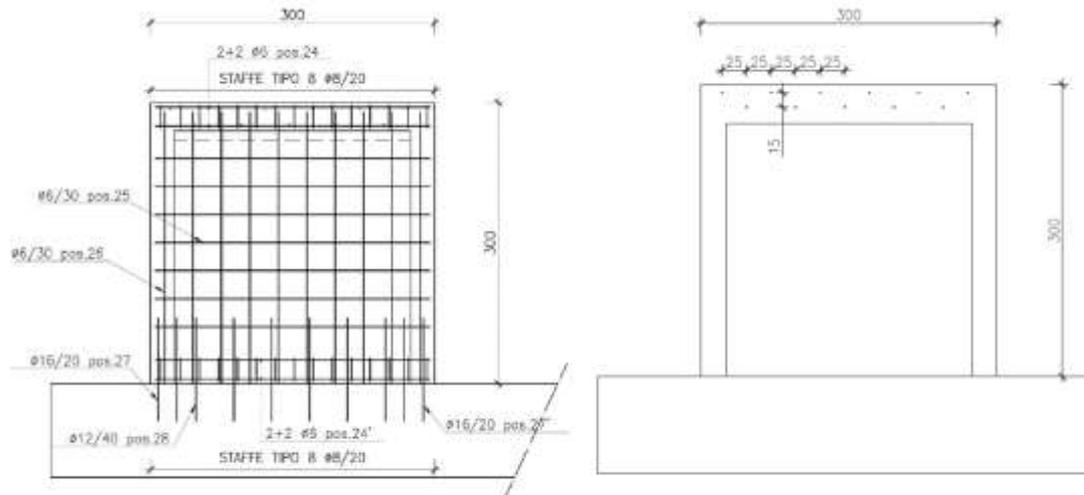
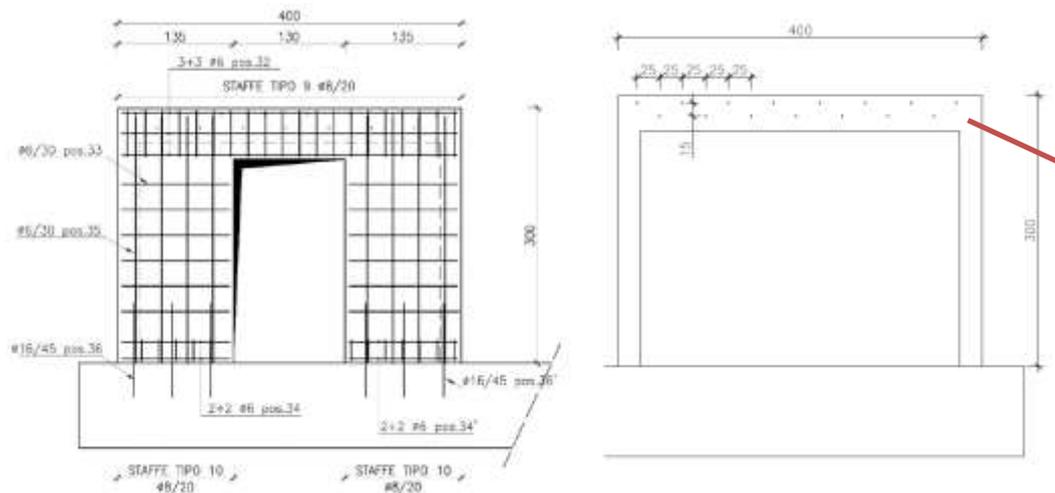


Figura 4.3. Armatura del Cappotto Sismico nel Campione 3 (a destra) e posizione dei connettori (a sinistra)

**Campione 3 = 1**

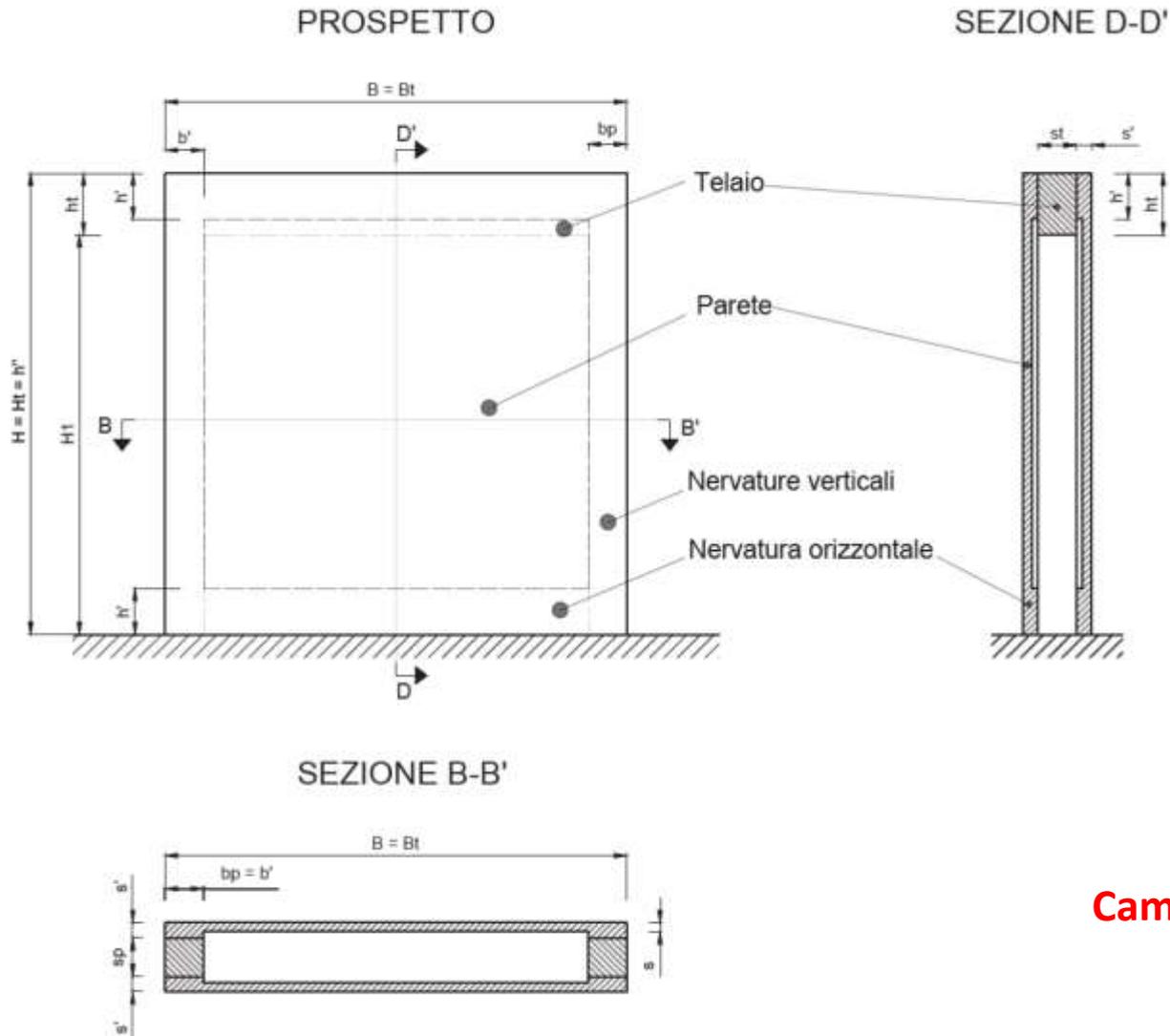
**COME I PRECEDENTI, ma  
senza nervature verticali**



Viti autofilettanti da  
calcestruzzo d12x130 / 25 cm

**Campione 4 = 2**

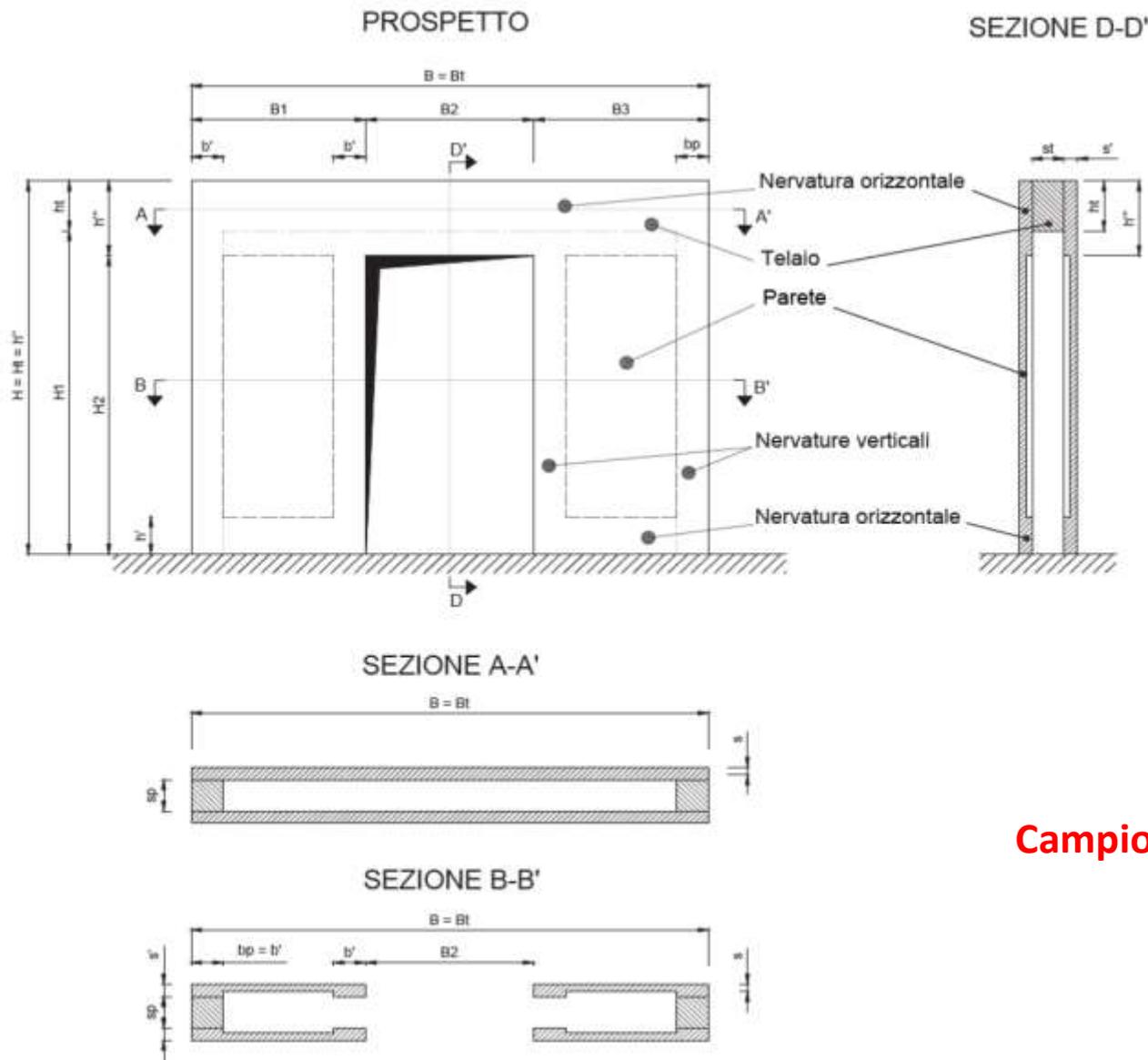
# Validazione sperimentale 2017



**Campione 1**

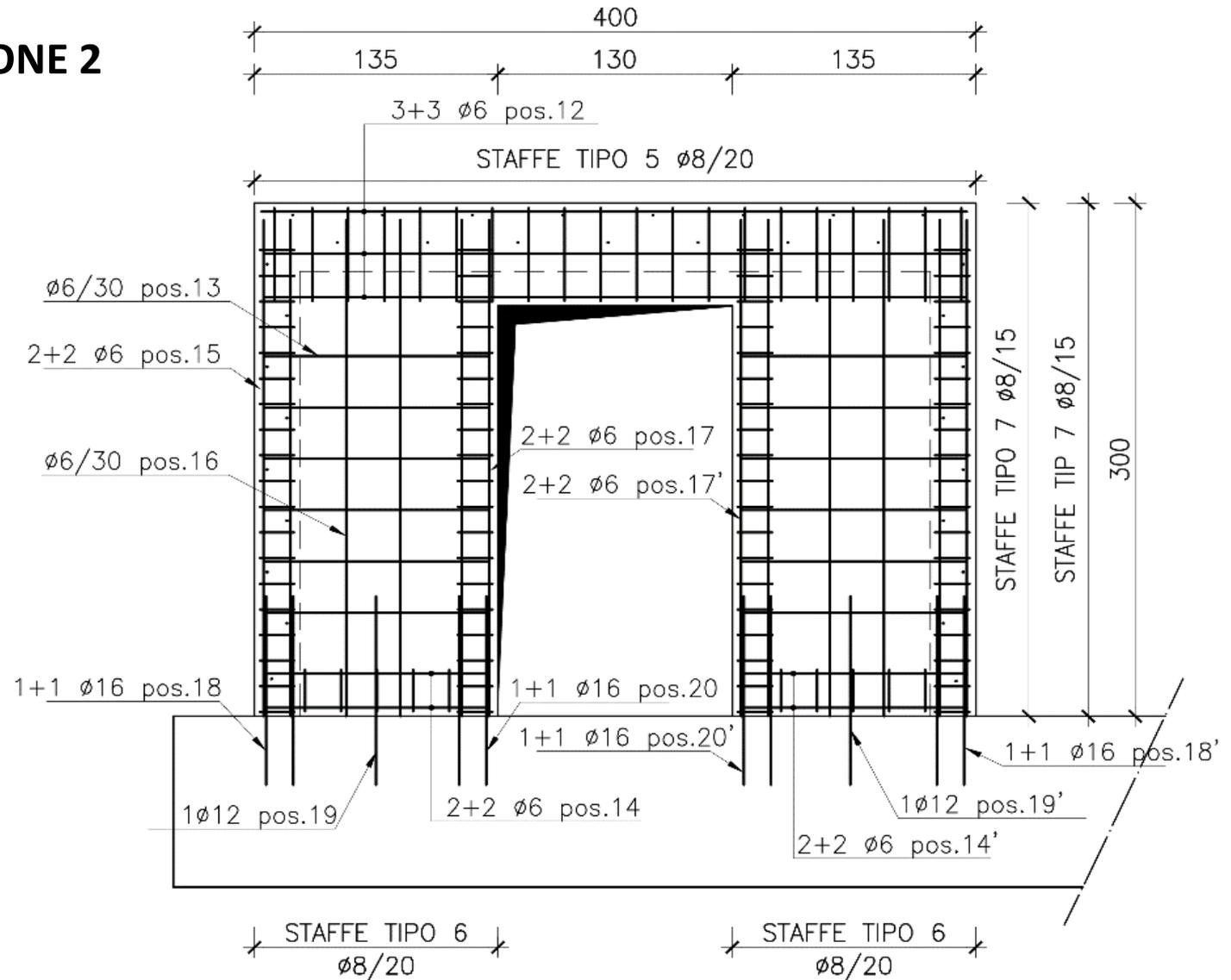
Figura 4.5. Schematizzazione del campione 1

# Validazione sperimentale 2017



**Campione 2**

## DETTAGLI CAMPIONE 2



# Validazione sperimentale 2017

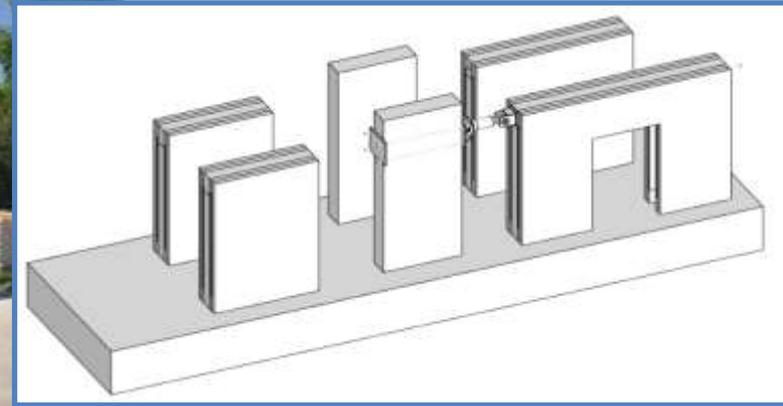


Figura 4.11. Foto del banco prova realizzato e dei telai di supporto dei campioni.

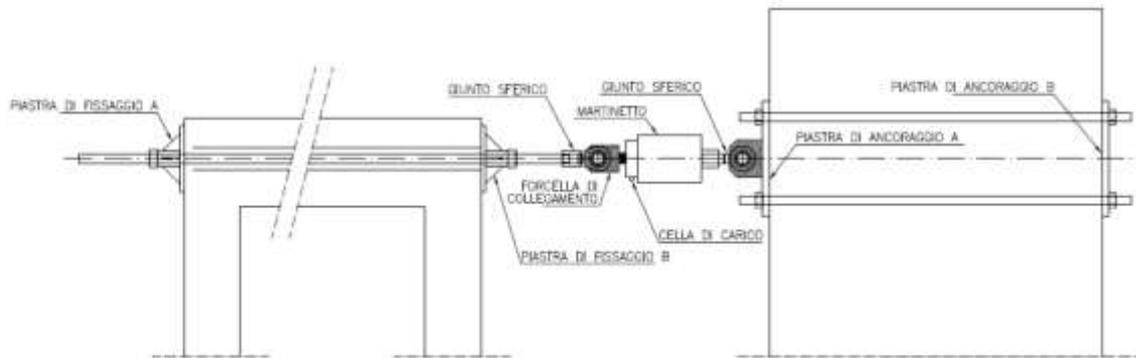


Figura 4.13 - Schema del setup di prova e della carpenteria metallica per l'applicazione del carico



Figura 4.14. Sistema di applicazione del carico per prove cicliche quasi statiche.

# Validazione sperimentale 2017



**Ferri di  
chiamata in  
fondazione**

*Figura 4.15. Chiamate in fondazione*

**Connettori  
meccanici al  
telaio**



*Figura 4.16. Connettori*

# Validazione sperimentale 2017



**Posa dei  
casseri**

**Posa dell'armatura**

Figura 4.17. Pci



Figura 4.18. Posa dell'armatura



Figura 4.19. Getto di completamento

**Getto interno**

# Validazione sperimentale 2017



**Campioni  
finiti**

**Prove in corso**



# Validazione sperimentale 2017



Campione spogliato a test  
concluso



# Validazione sperimentale 2017

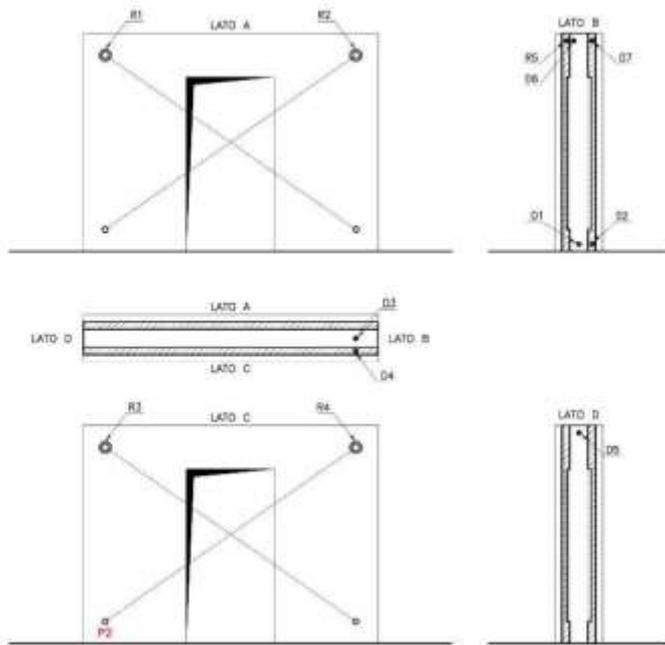


Figura 4.28. Disposizione sensori sul campione 2.

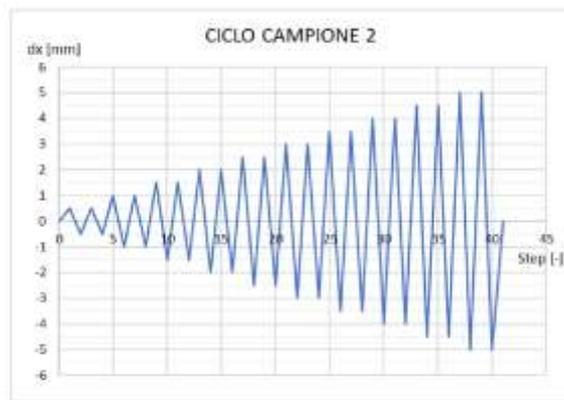
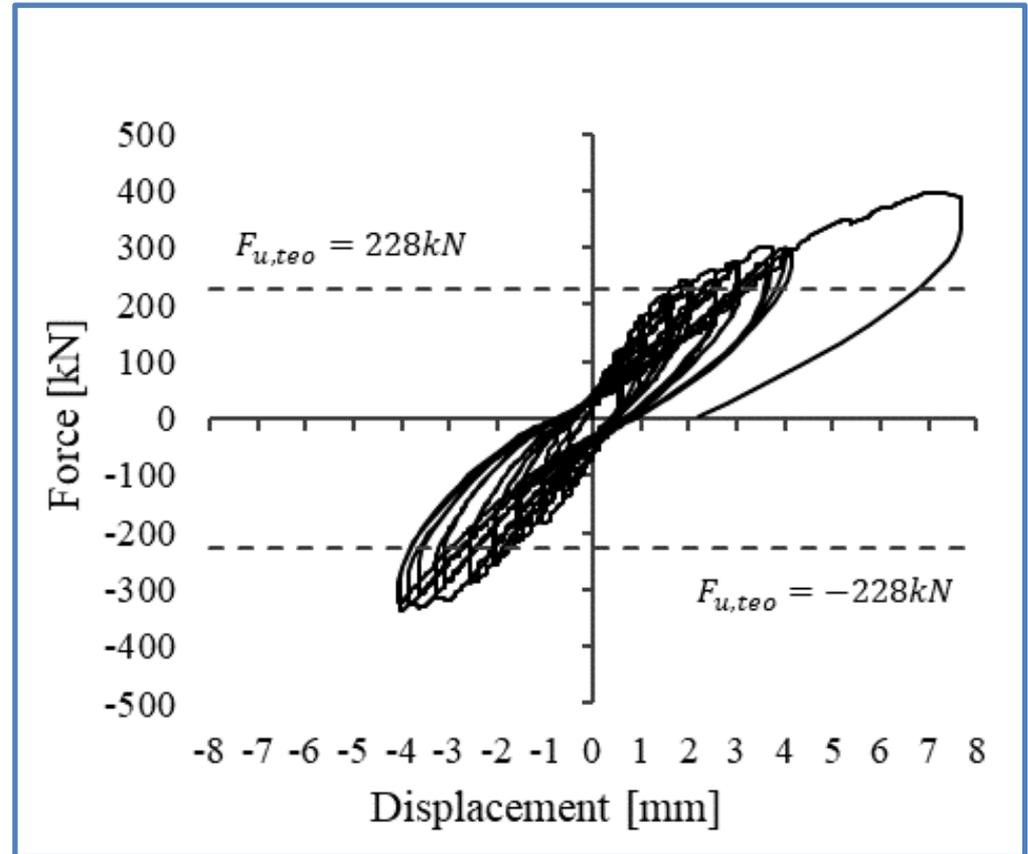


Figura 4.27. Storia di carico applicata al campione 2.

Sensori

Campione 2

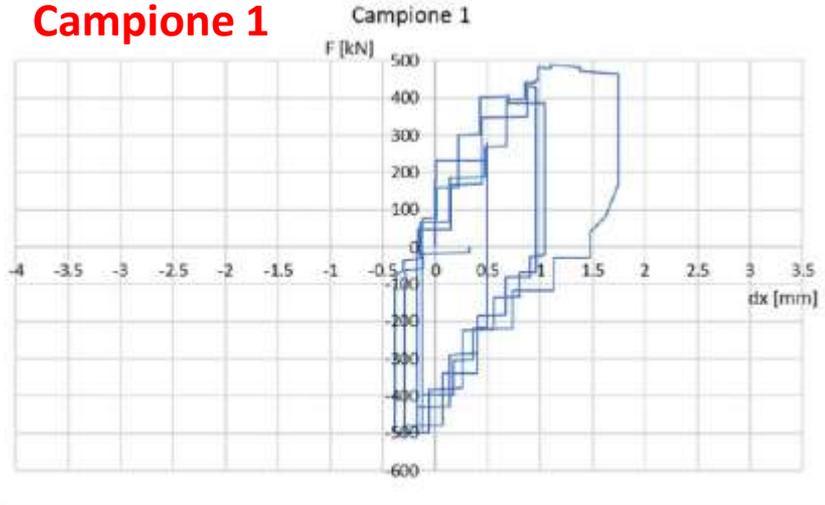


Spostamento – forza in sommità

Cicli di spostamento imposti

# Validazione sperimentale 2017

**Campione 1**



**Campione 3**

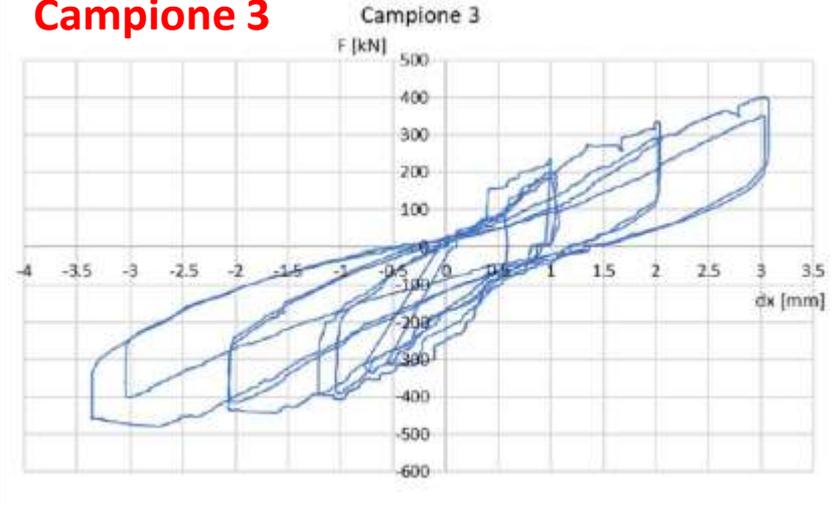
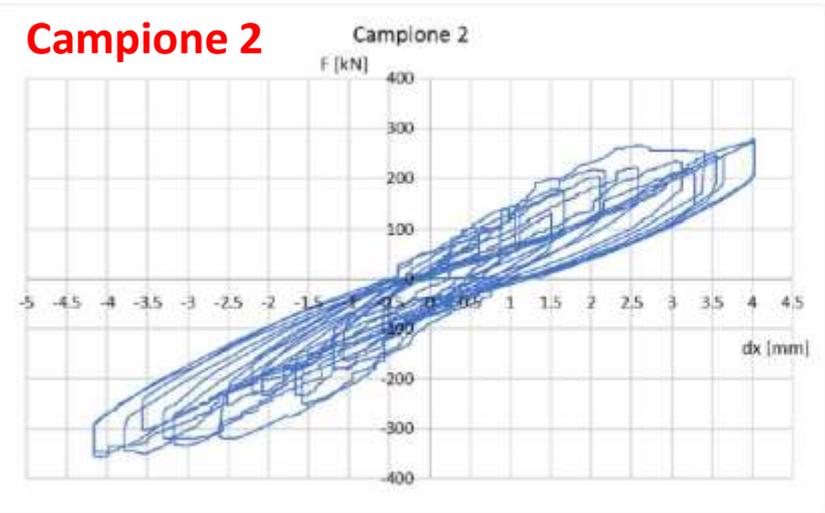


Figura 4.44. Grafici forza-spostamento relativi ai campioni 1 e 3.

**Campione 2**



**Campione 4**

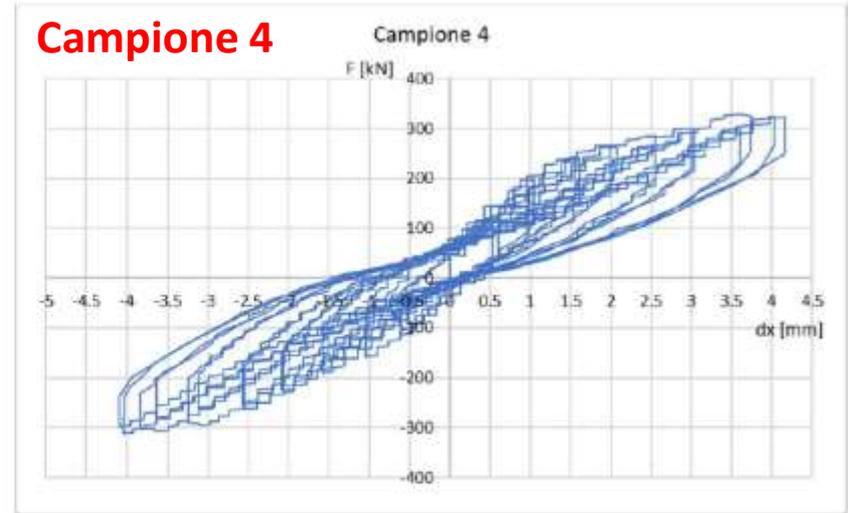


Figura 4.45. Grafici forza-spostamento relativi ai campioni 2 e 4.

# Validazione sperimentale 2017

## Simulazione numerica - campione 4

CAMPIONE 2

Con nervature  
collegate ai pilastri

$$N_{cr,1^\circ} = 44061 \text{ kN}$$

CAMPIONE 4

Senza nervature

$$N_{cr,1^\circ} = 15186 \text{ kN}$$

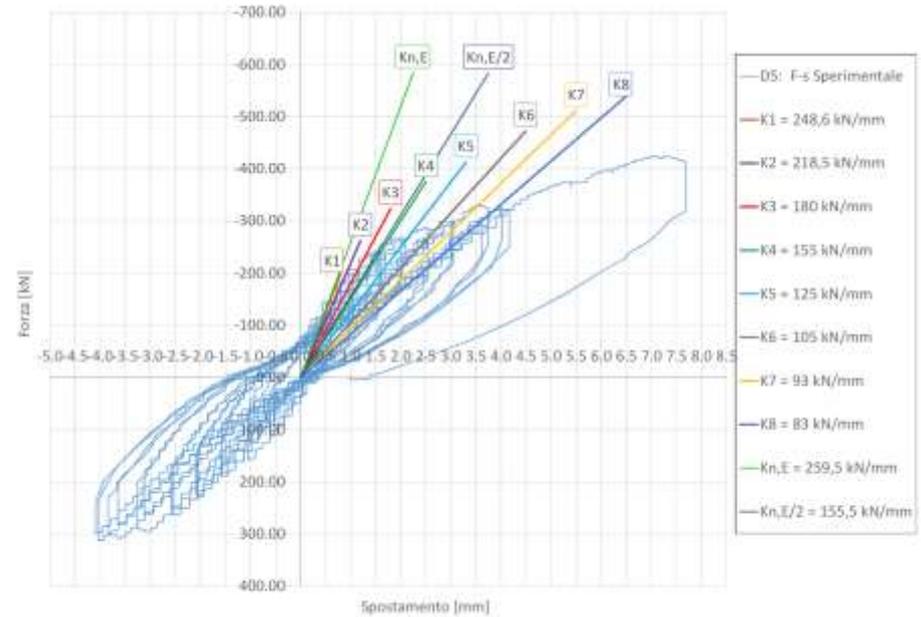
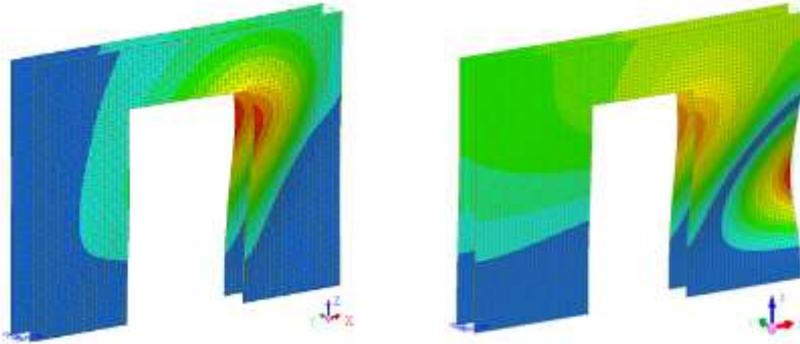
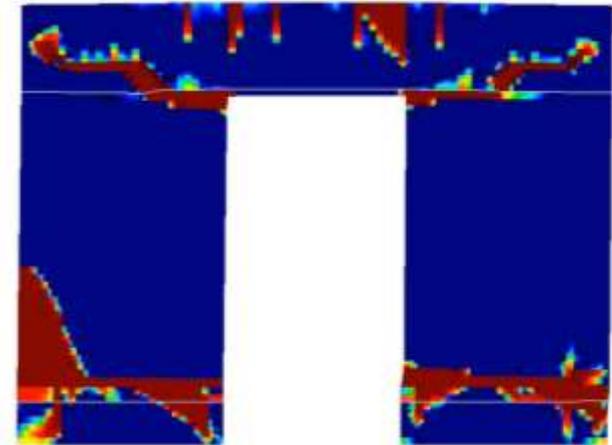
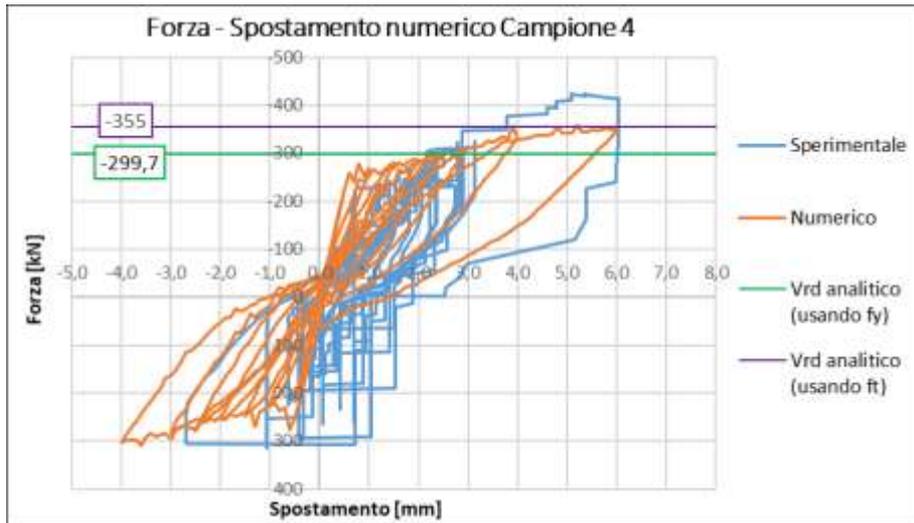


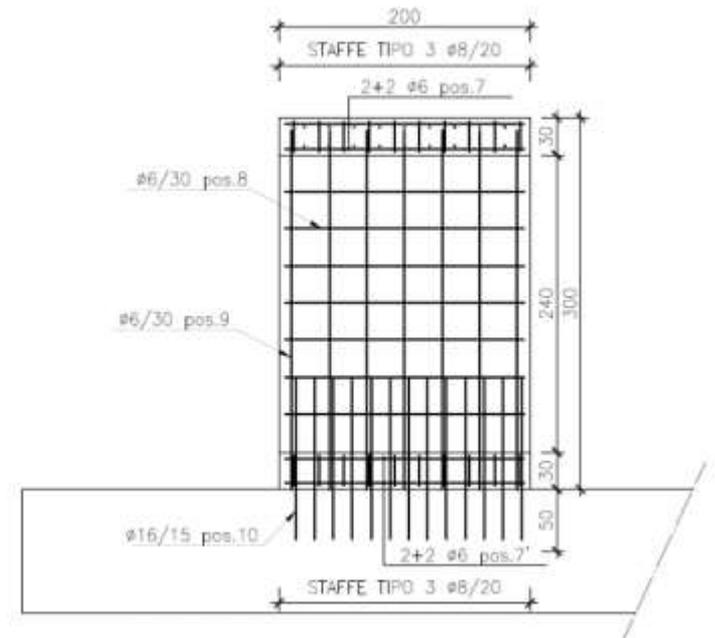
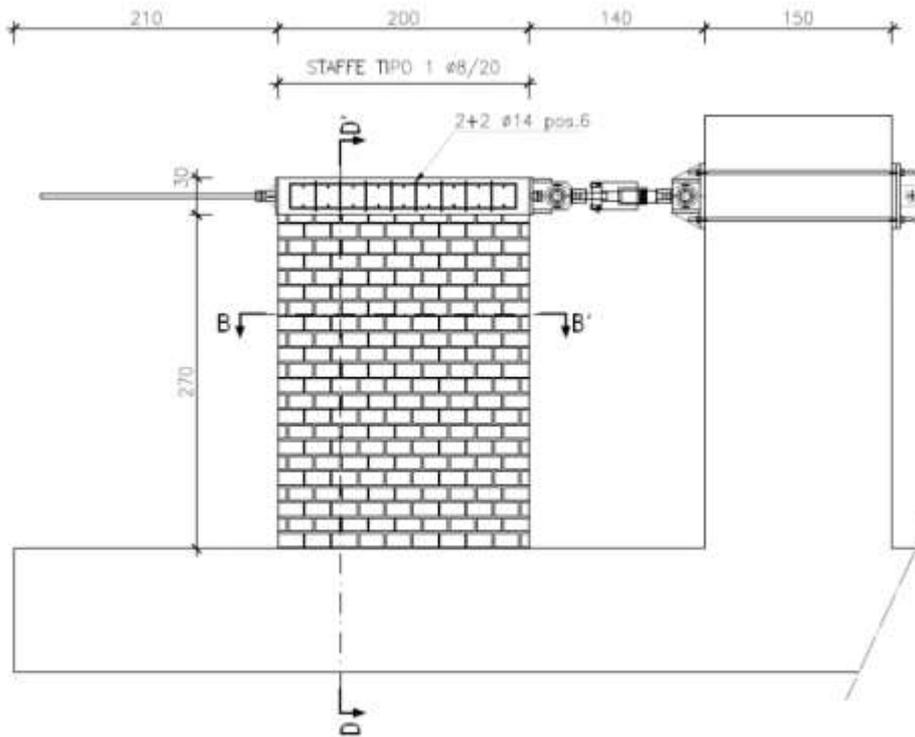
Figura 4.50. Confronto delle rigidità sperimentali con le rigidità numeriche – Campione n°4



## PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità – rinforzo con cappotto sismico

Campione 1 – Muratura in laterizio semipieno

Campione 2 – Muratura in tufo



# Validazione sperimentale 2018

**PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità –  
rinforzo con cappotto sismico**

**Pareti prive di rinforzo**



**Applicazione del cappotto**



**Test di spinta ciclica**



**PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità –  
rinforzo con cappotto sismico**

**Prova sul campione 2 (tufo) :  
Modalità di rottura**



# Validazione sperimentale 2018

**PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità –  
rinforzo con cappotto sismico**

**Prova sul campione 2 (tufo) :  
Modalità di rottura**



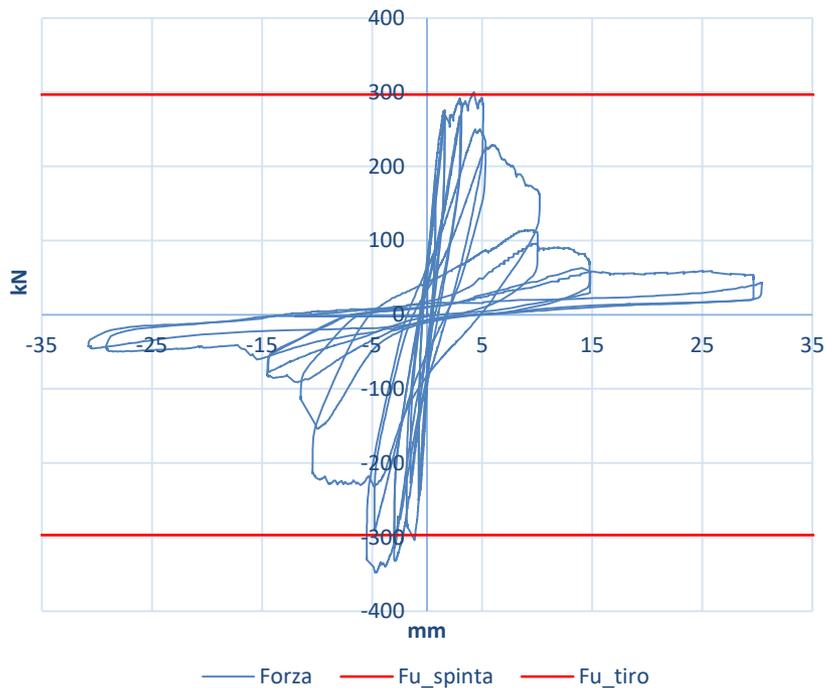
# Validazione sperimentale 2018

**PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità –  
rinforzo con cappotto sismico**

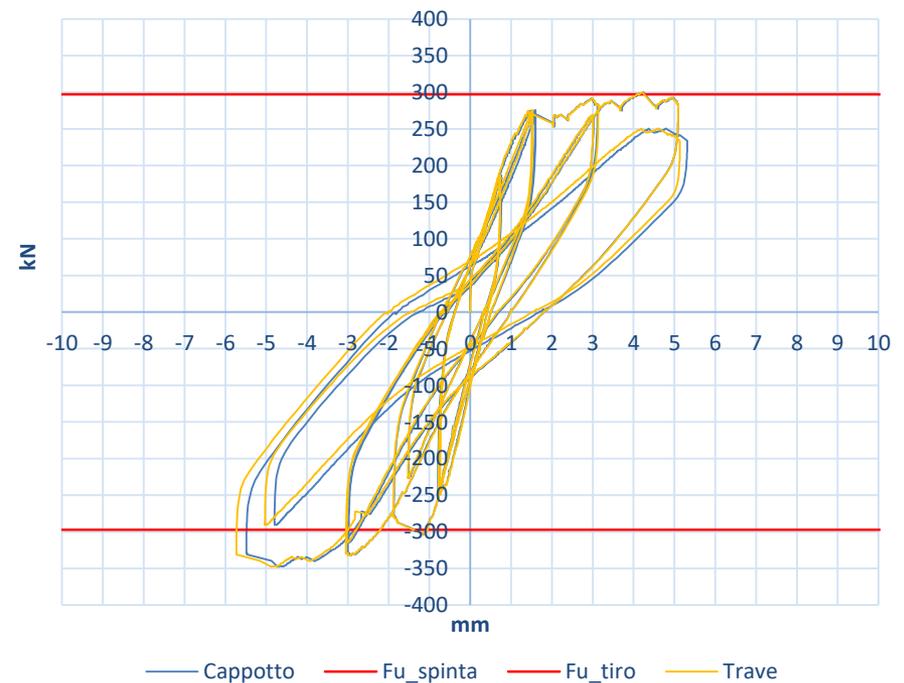
**Prova sul campione 2 (tufo) :  
Curva FORZA – SPOSTAMENTO per la lastra di cappotto**

**Fmax\_teorica = 297kN  
Fmax\_sperimentale = 347kN**

**Prova completa**



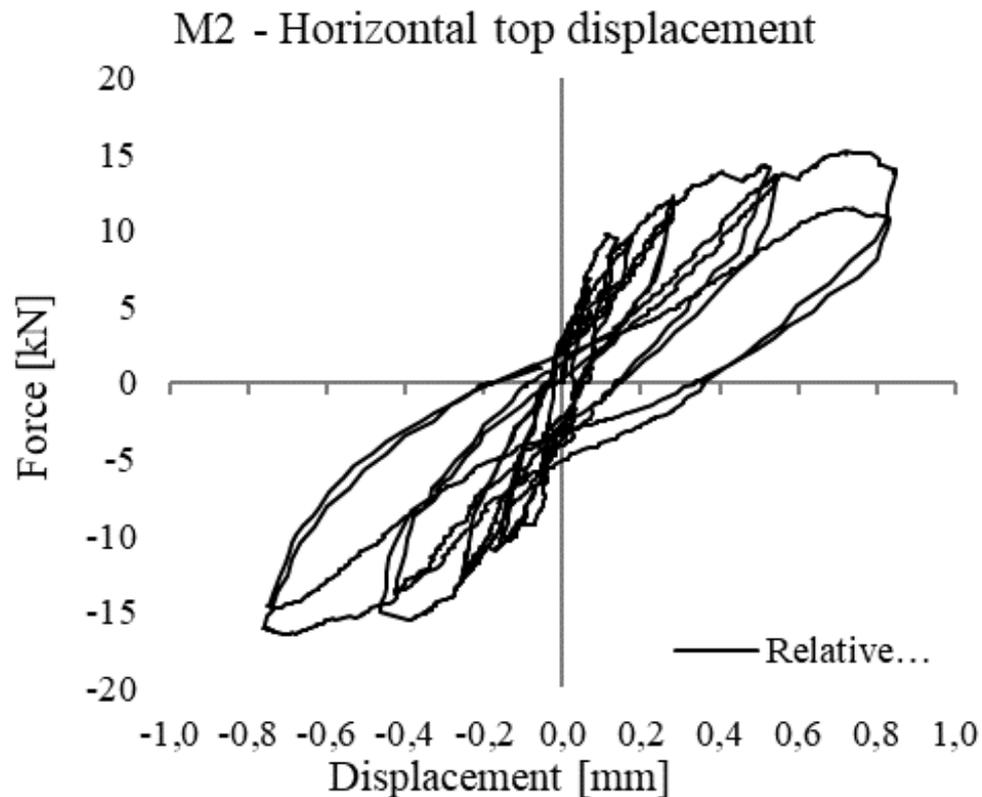
**Confronto trave e cappotto  
u\_max = 5mm**



## PARETI IN MURATURA con cordolo di calcestruzzo in sommità – rinforzo con cappotto sismico

Prova sul campione 2 (tufo) :  
Curva FORZA – SPOSTAMENTO per singolo connettore

$F_{max\_teorica} = 297\text{kN}$   
 $F_{max\_sperimentale} = 347\text{kN}$

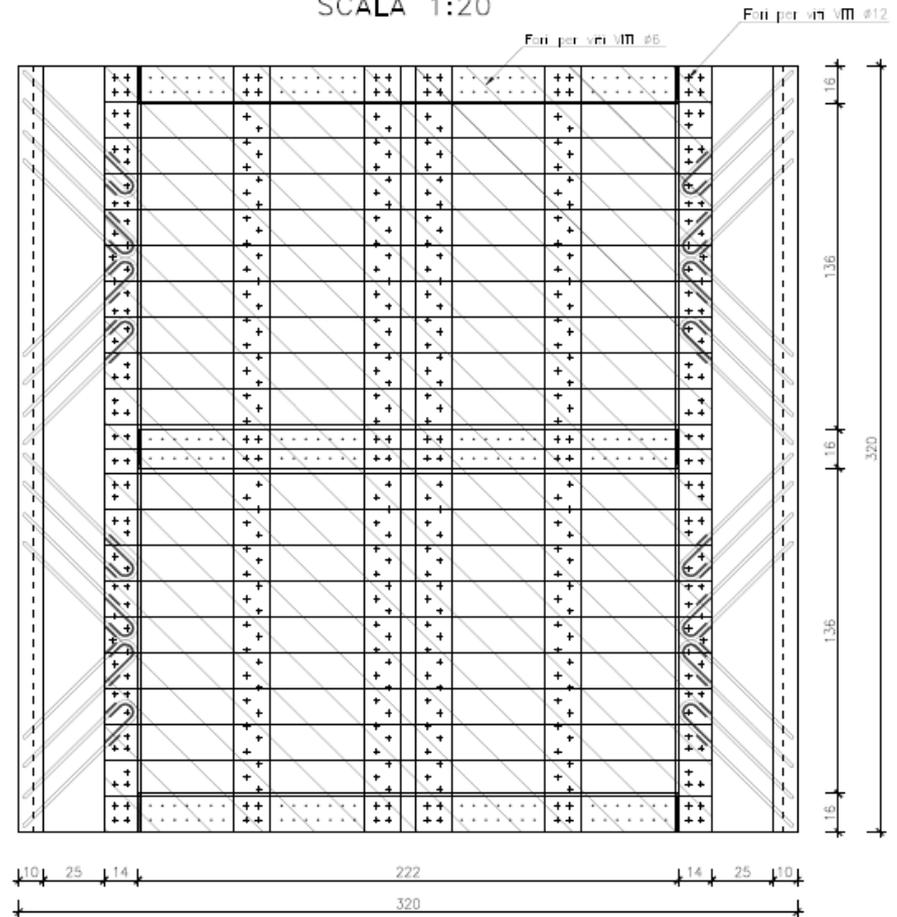


# Validazione sperimentale 2018

**EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito**  
**– rinforzo con cappotto sismico s=6 cm**

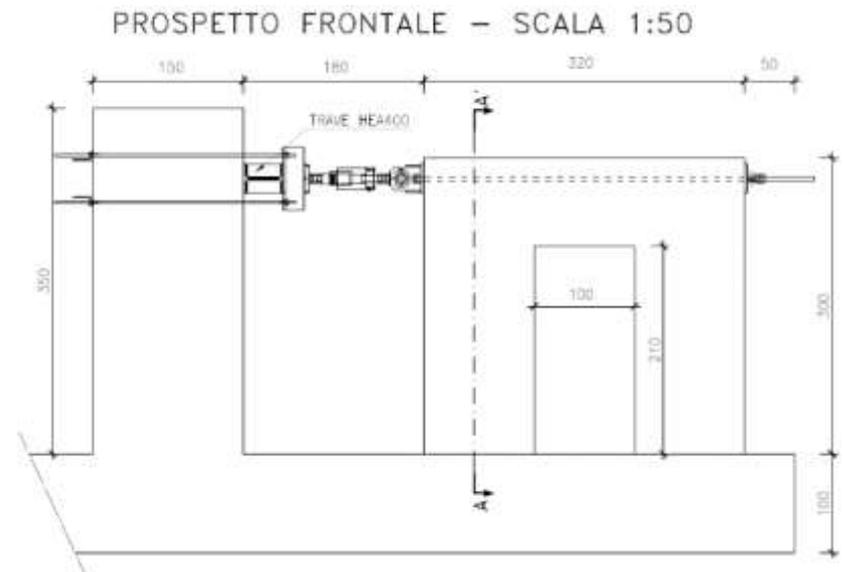
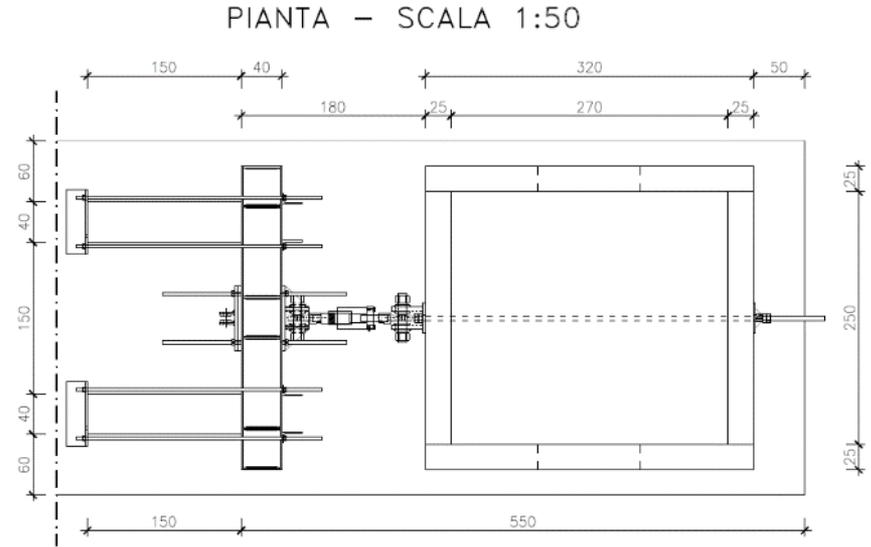
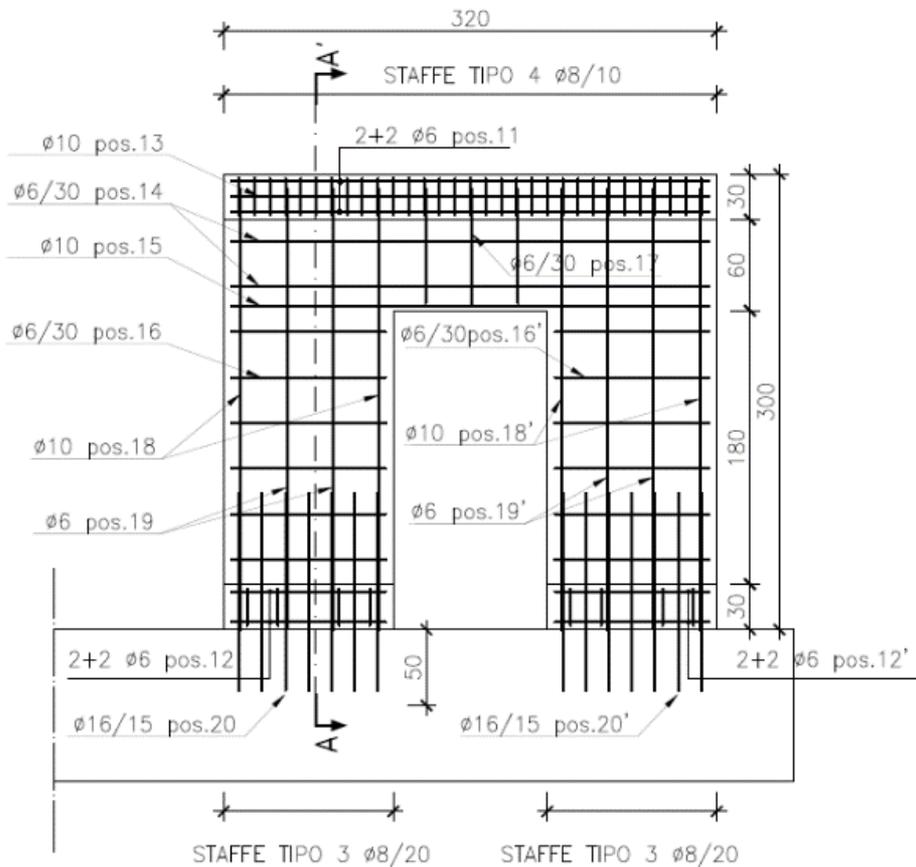


PIANTA SOLAIO IN LEGNO  
CON ELEMENTI SOVRAPPOSTI  
SCALA 1:20

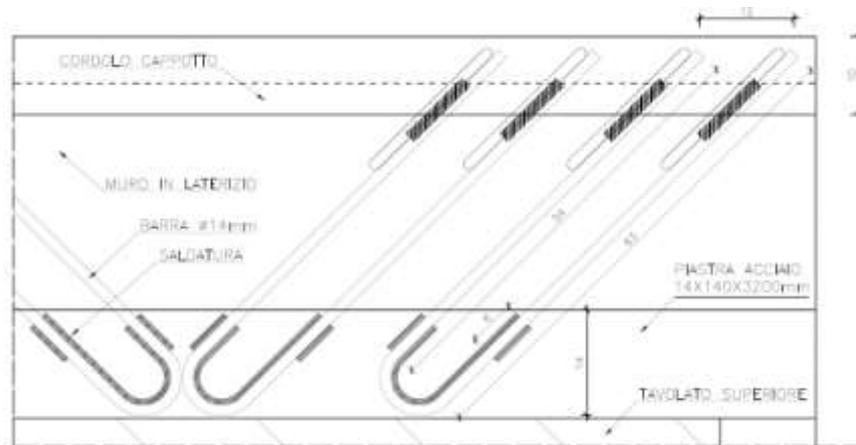
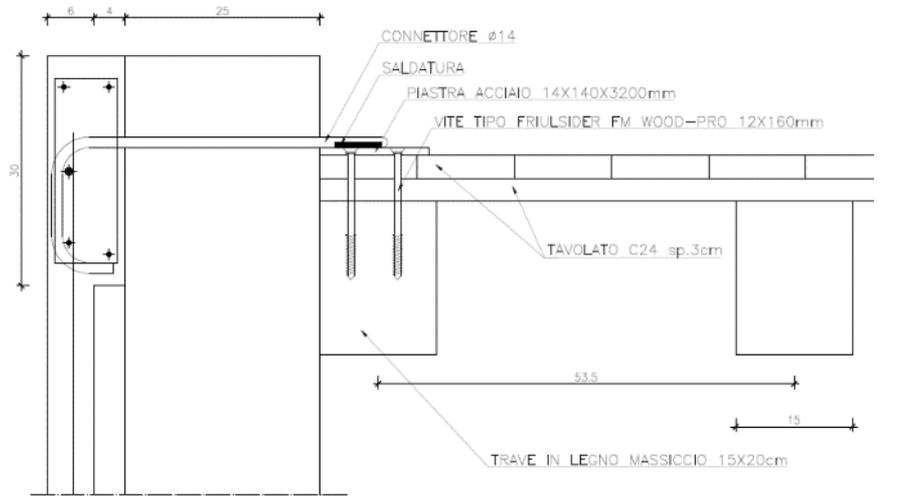


# Validazione sperimentale 2018

**EDIFICIO IN MURATURA**  
**con solaio in legno irrigidito**  
**– rinforzo con cappotto sismico**



## EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito – rinforzo con cappotto sismico

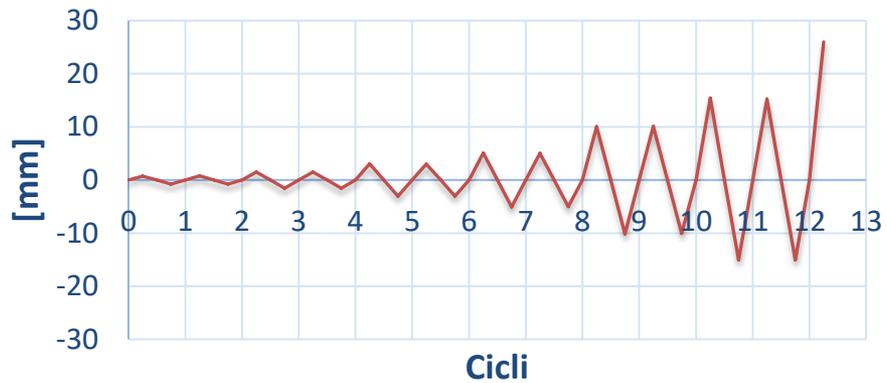


# Validazione sperimentale 2018

## EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito – rinforzo con cappotto sismico

### Modalità di esecuzione della prova

Spostamenti imposti al campione



# Validazione sperimentale 2018

**EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito – rinforzo con cappotto sismico**

**Modalità di rottura del campione**

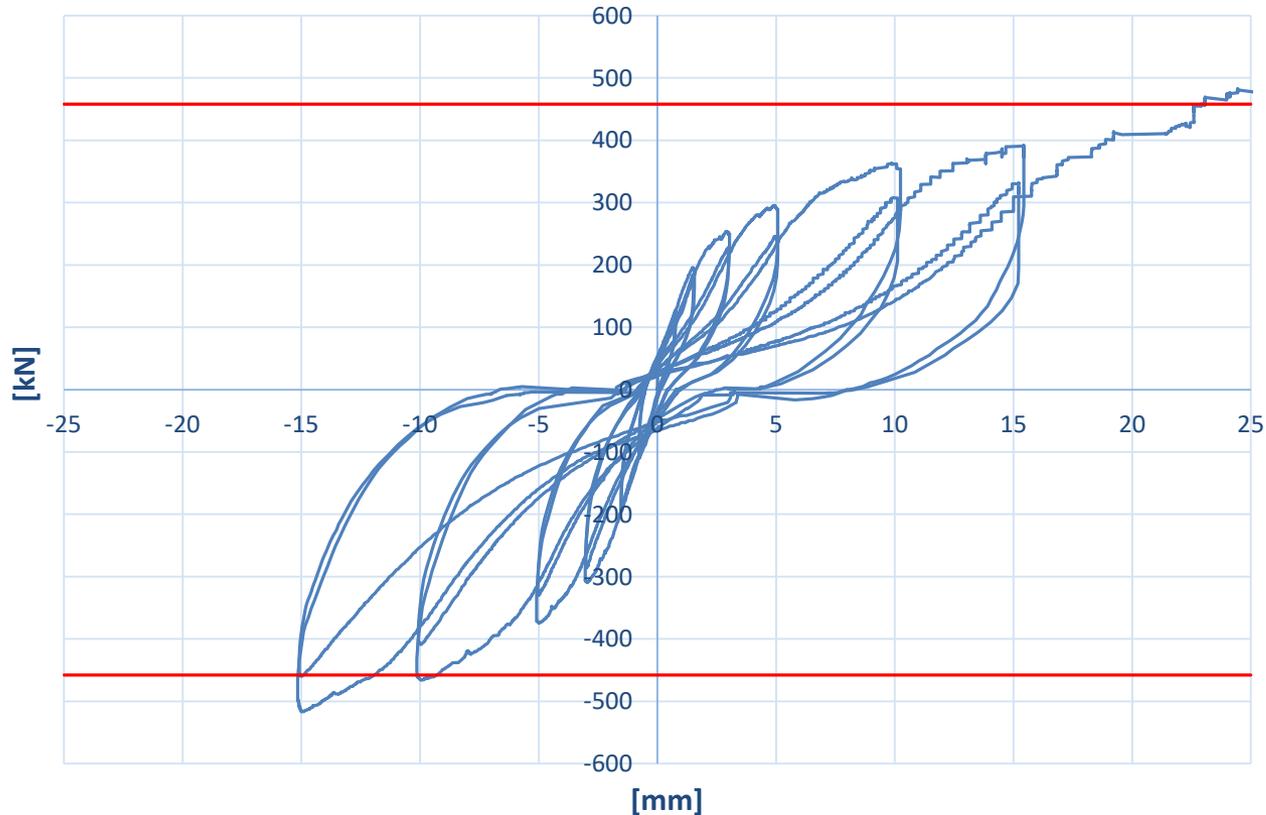




# Validazione sperimentale 2018

EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito – rinforzo con cappotto sismico

## Ciclo forza-spostamento del cappotto



$F_{max\_exp} = +485\text{kN}$

$F_{max\_teo} = +458\text{kN}$

$U_{max} = 26\text{mm}$

$Drift_{max} = 0.86\%$

— Forza-spostamento sul cappotto

—  $F_{u\_spinta}$

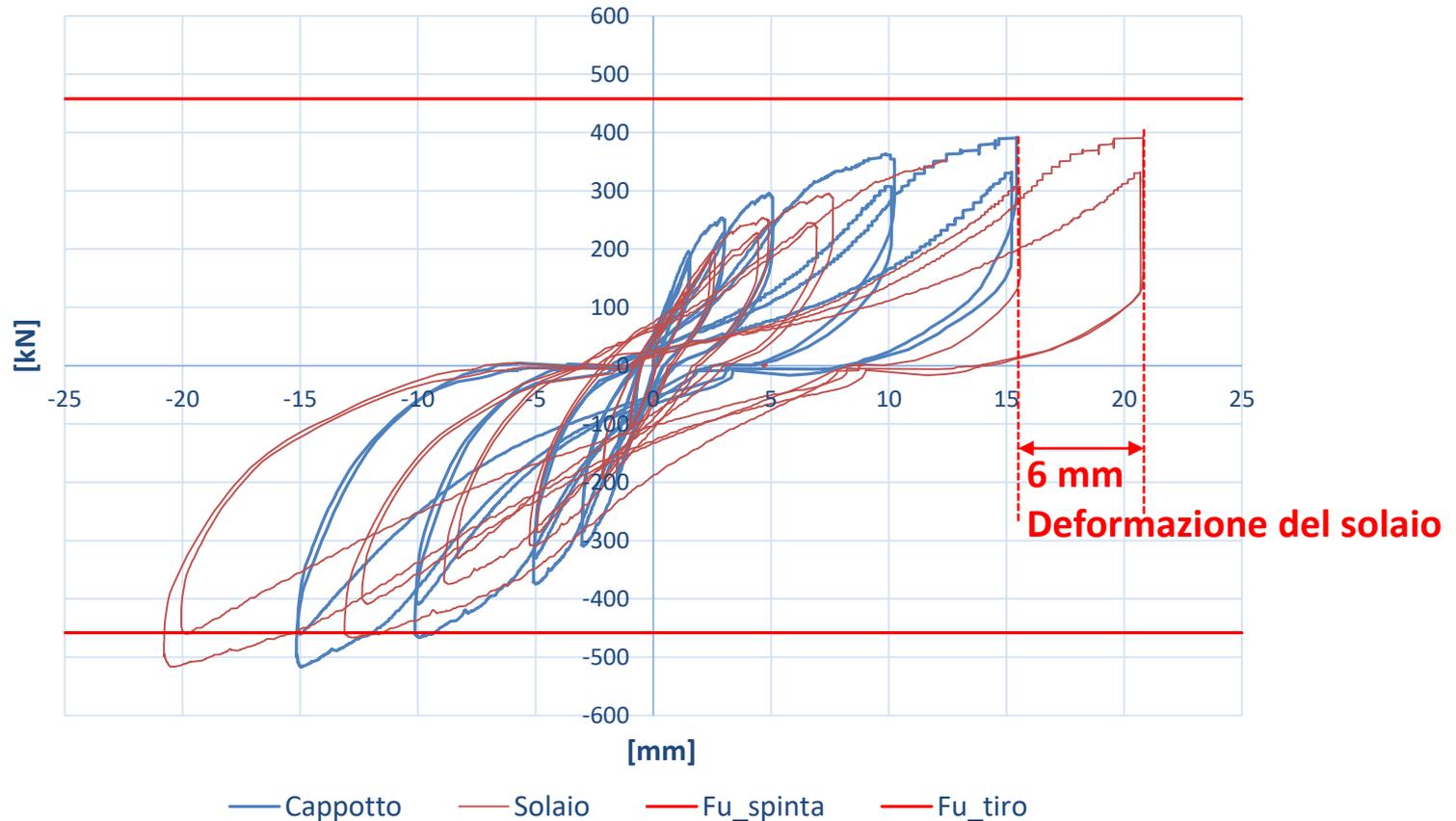
—  $F_{u\_tiro}$

# Validazione sperimentale 2018

EDIFICIO IN MURATURA con solaio in legno irrigidito – rinforzo con cappotto sismico

Deformabilità del solaio (spostamenti misurati in mezzeria)

## Confronto spostamenti solaio e cappotto



---

# **LA TECNOLOGIA INNOVATIVA**

## **Il cappotto antisismico**

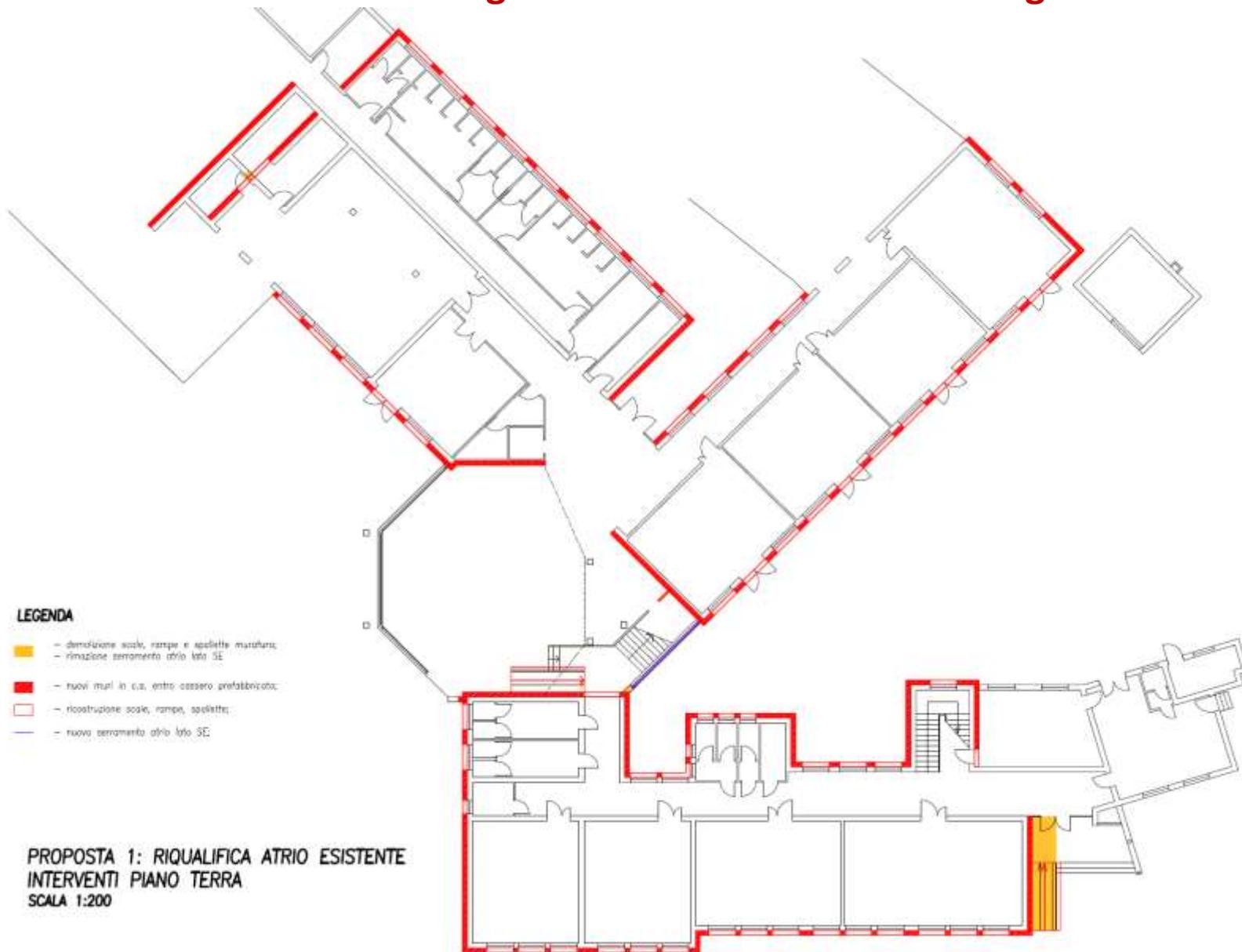
### **CASO STUDIO**

**Riqualificazione sismica ed energetica di  
edificio scolastico in provincia di Bologna**

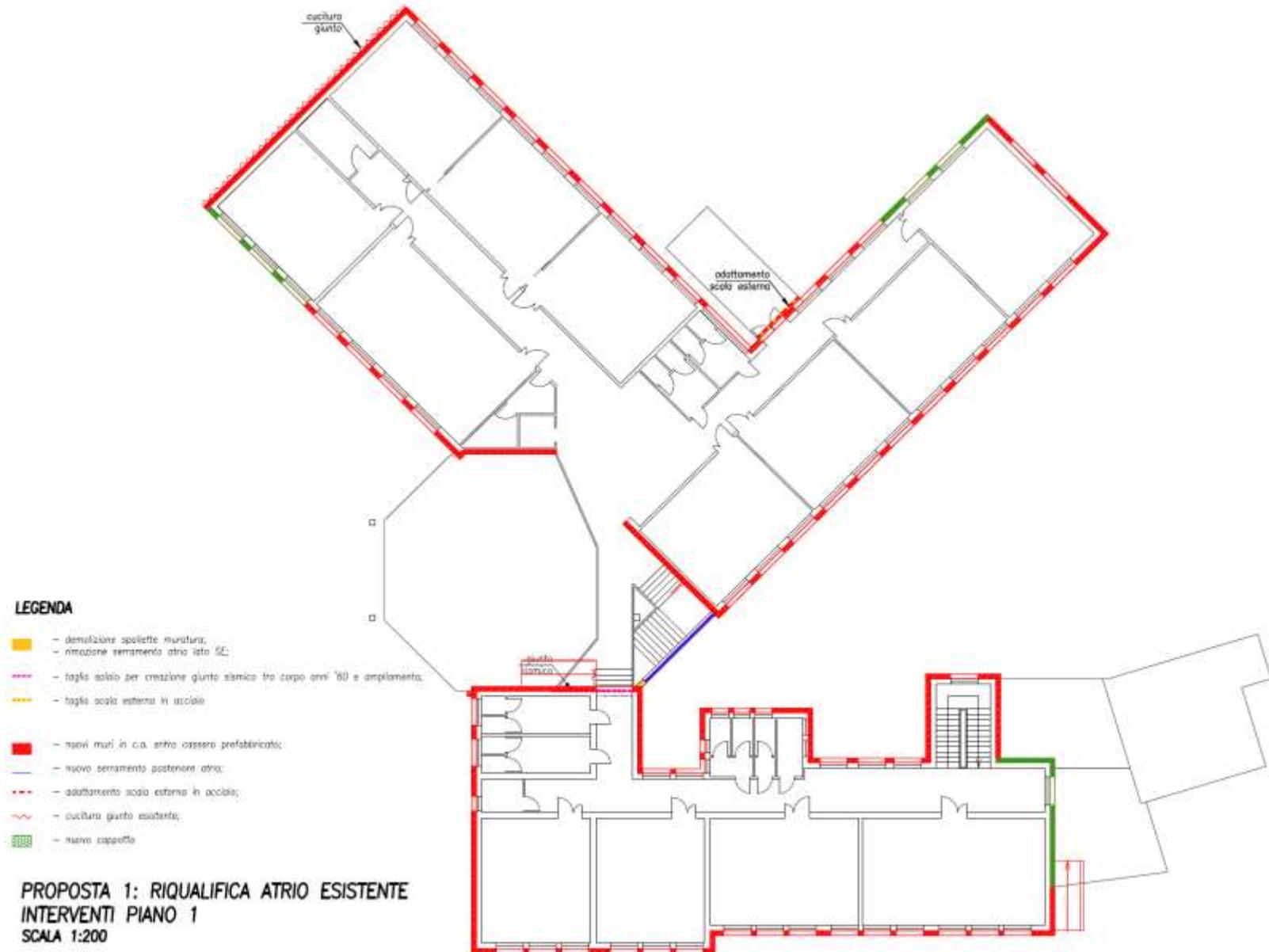
# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



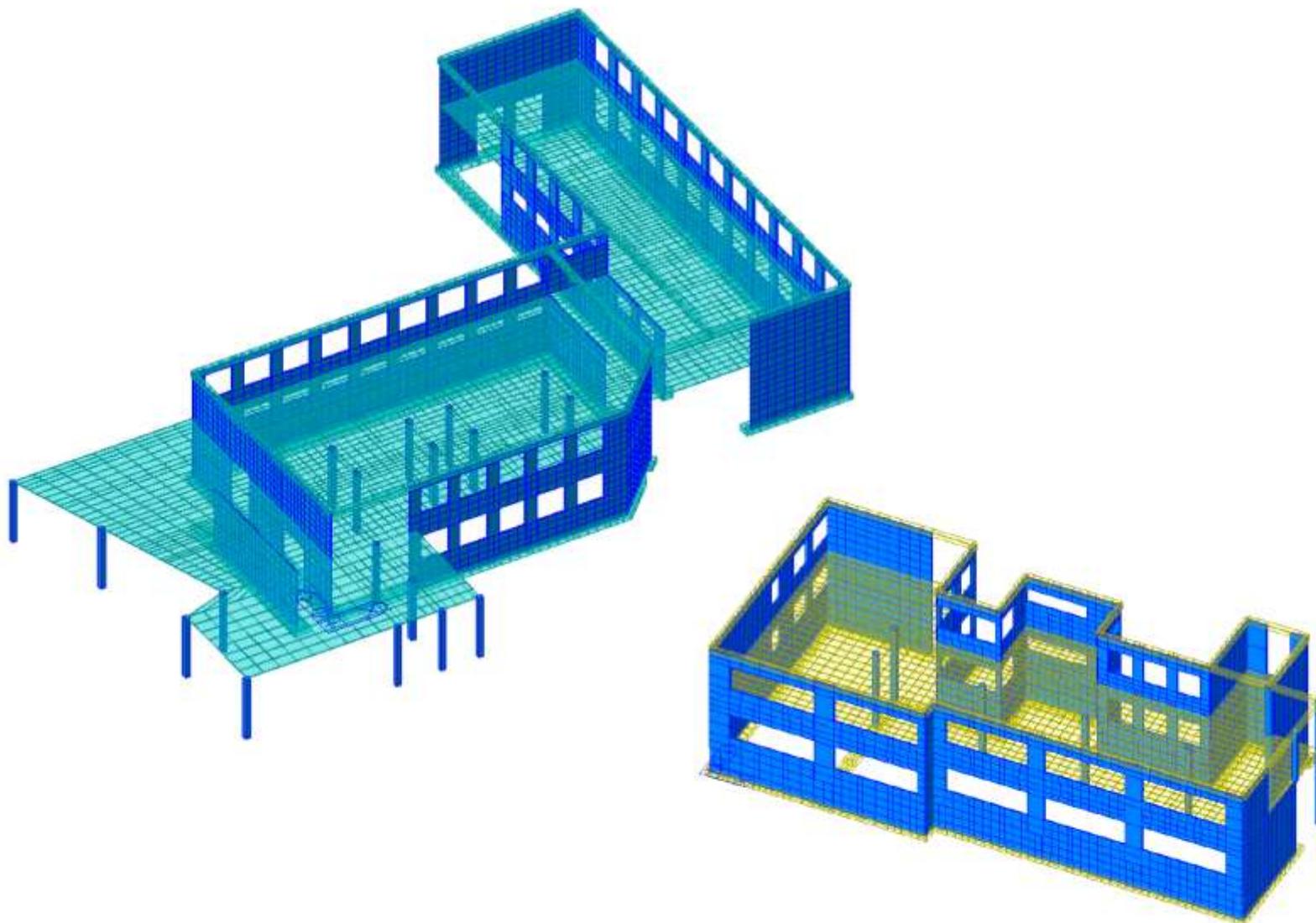
# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna

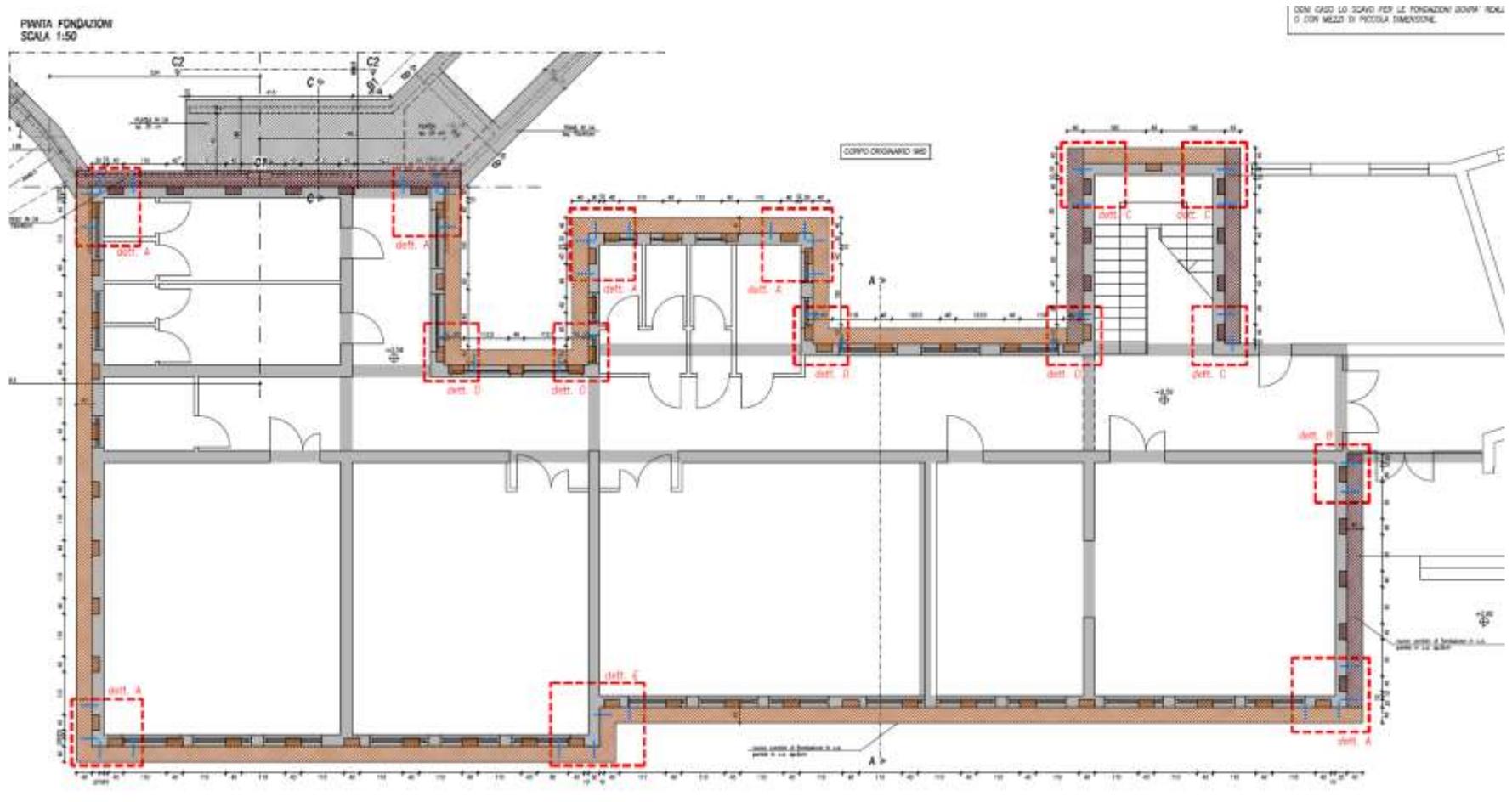


# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna

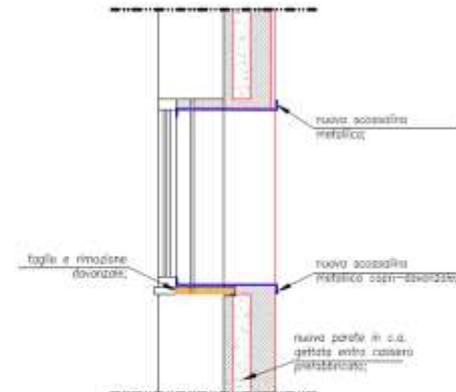


*Figura 1- Viste dei modelli agli elementi finiti impiegati per le analisi e verifiche sismiche*

## Pianta fondazioni corpo A

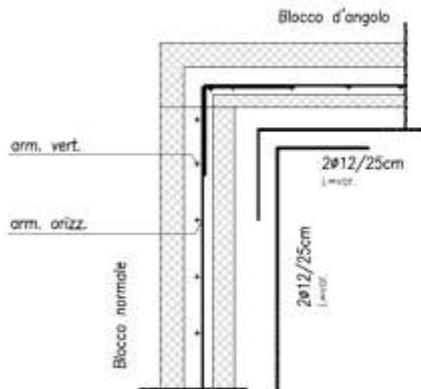


# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna

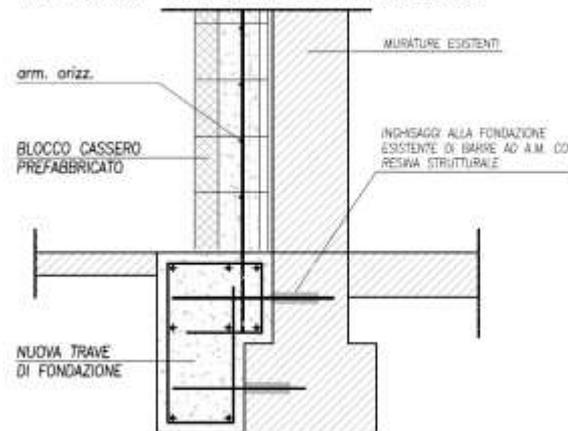


**PARTICOLARE TIPOLOGICO IN CORRISPONDENZA FOROMETRIE**

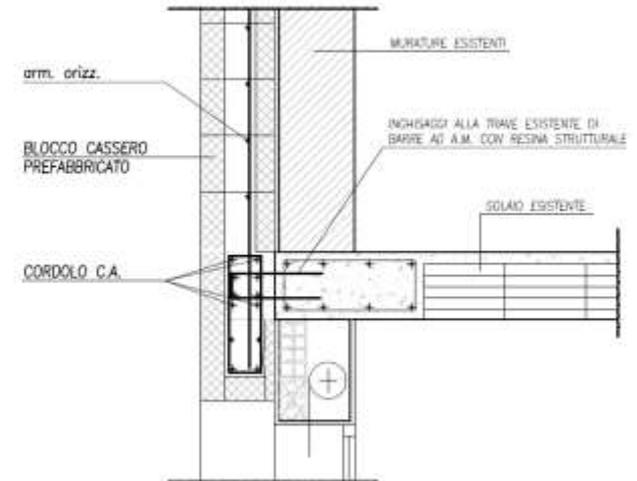
**TIPOLOGICO NODO D'ANGOLO PARETI**



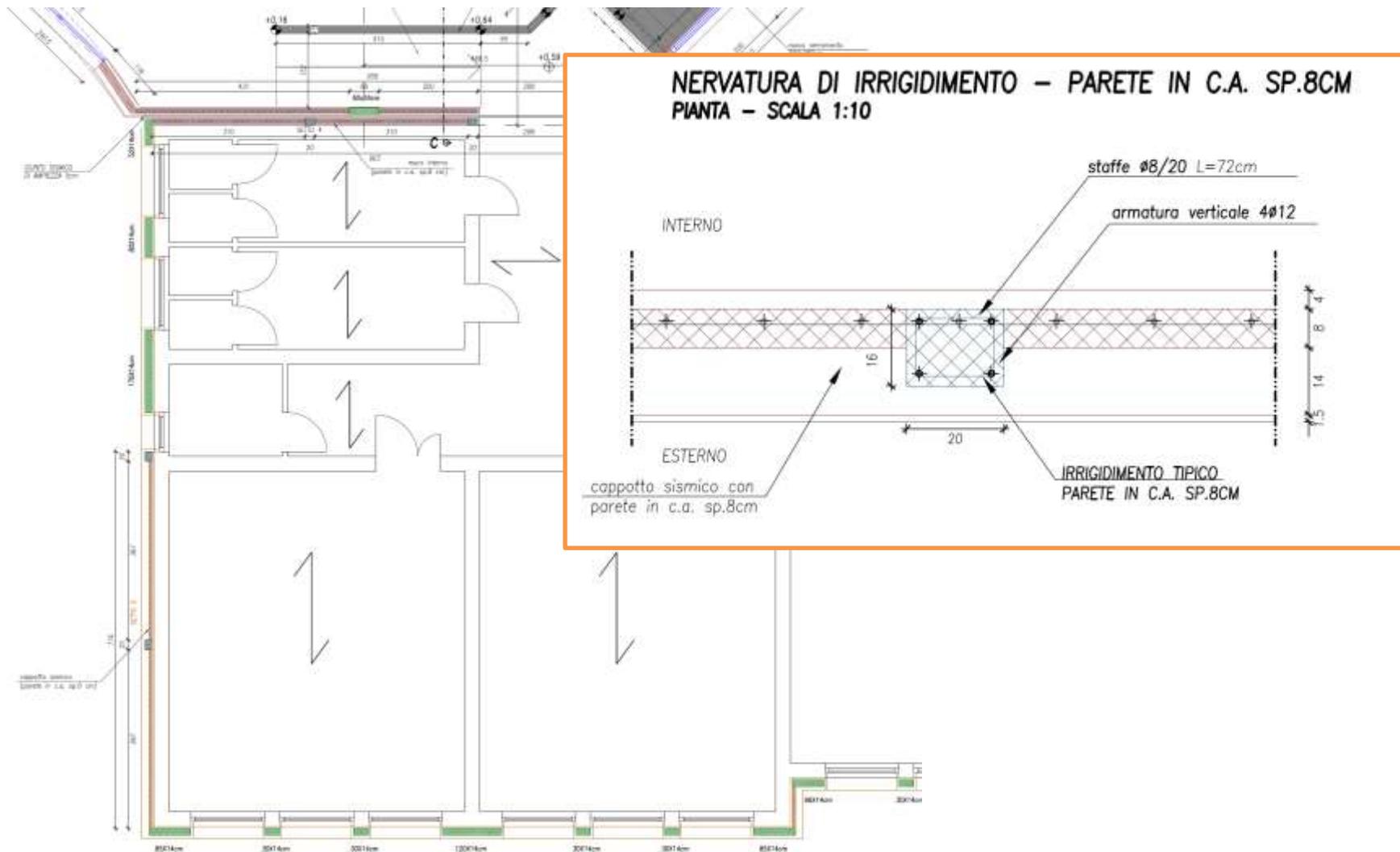
**BLOCCHI CON ISOLAMENTO TERMICO INTEGRATO: TIPOLOGICO COLLEGAMENTO FONDAZIONE**



**BLOCCHI CON ISOLAMENTO TERMICO INTEGRATO: TIPOLOGICO COLLEGAMENTO TRAVI ESISTENTI**



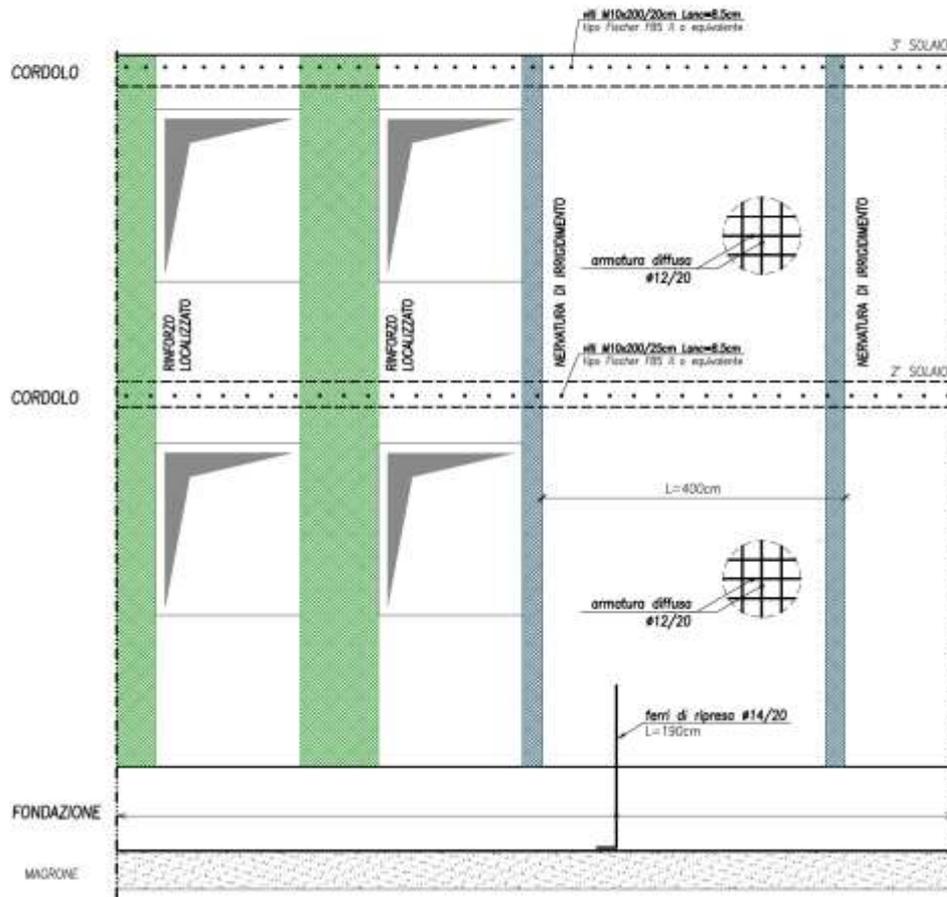
## Dettaglio pareti al piano terra - corpo A



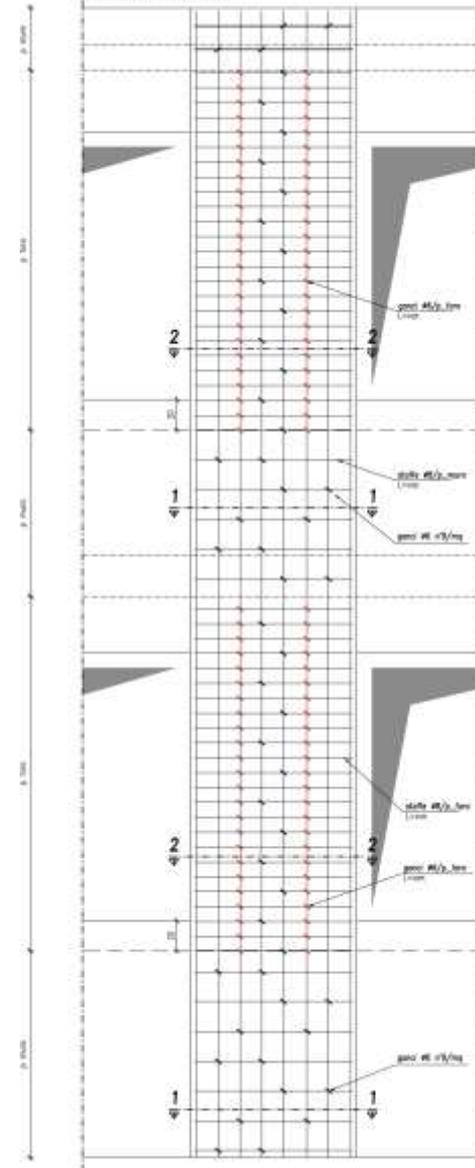


## Dettaglio prospetto pareti - corpo A

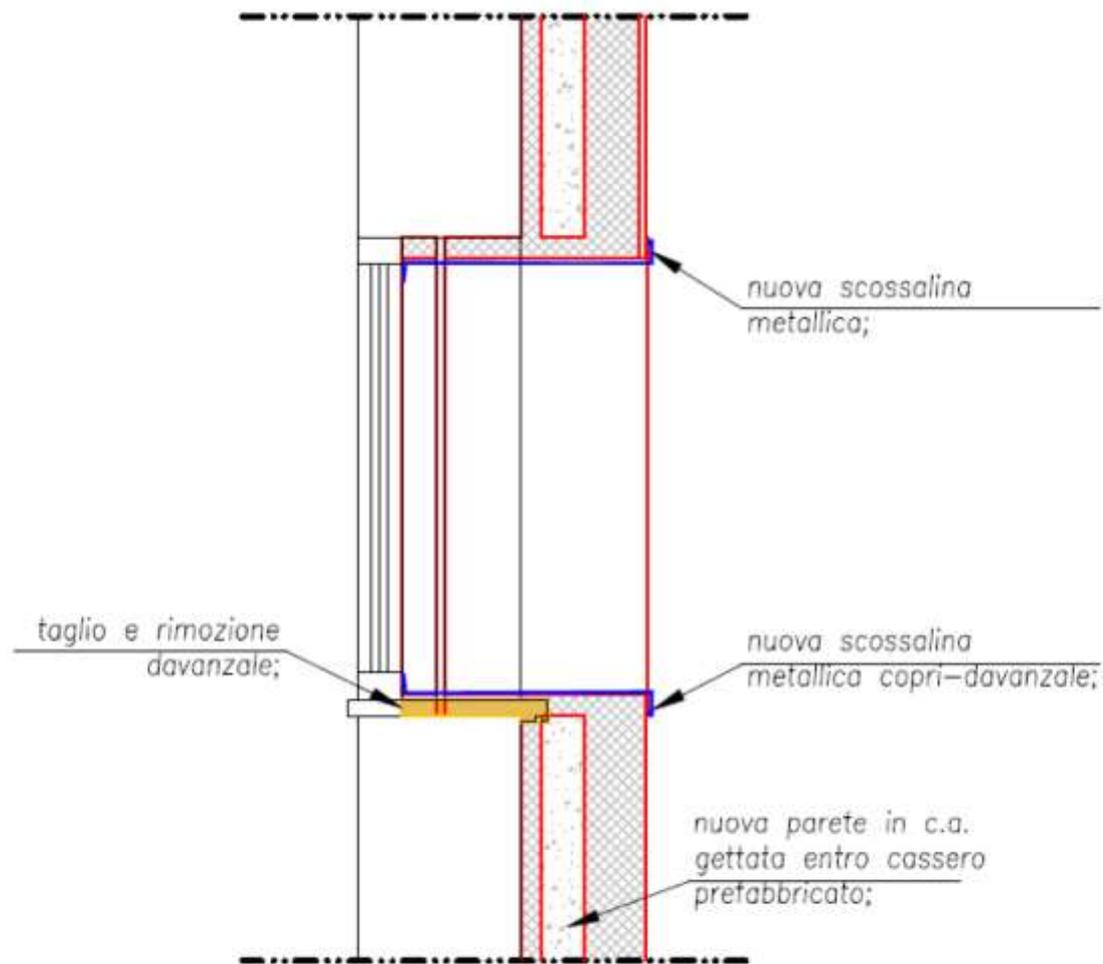
"CAPPOTTO SISMICO" CON PARETE IN C.A. SP.6CM  
PROSPETTO TIPO  
SCALA 1:50



RINFORZO LOCALIZZATO  
PROSPETTO - SCALA 1:20



# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



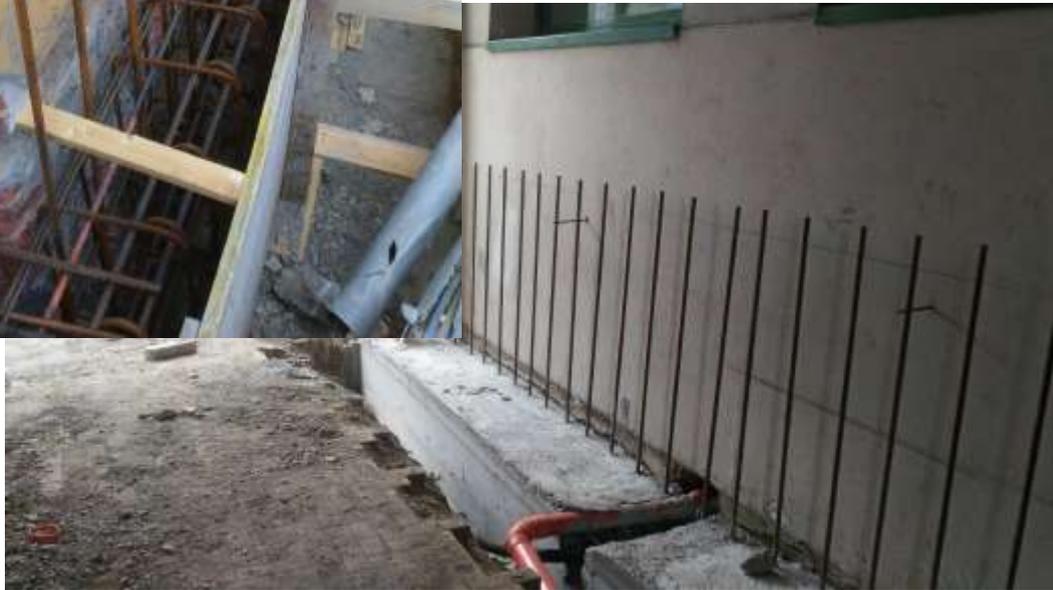
*Figura 2 - Dettagli sul cappotto sismico tipo Ecosism e particolare tipologico in corrispondenza delle forometrie*

# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna

Inizio cantiere 10/6/19



## Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



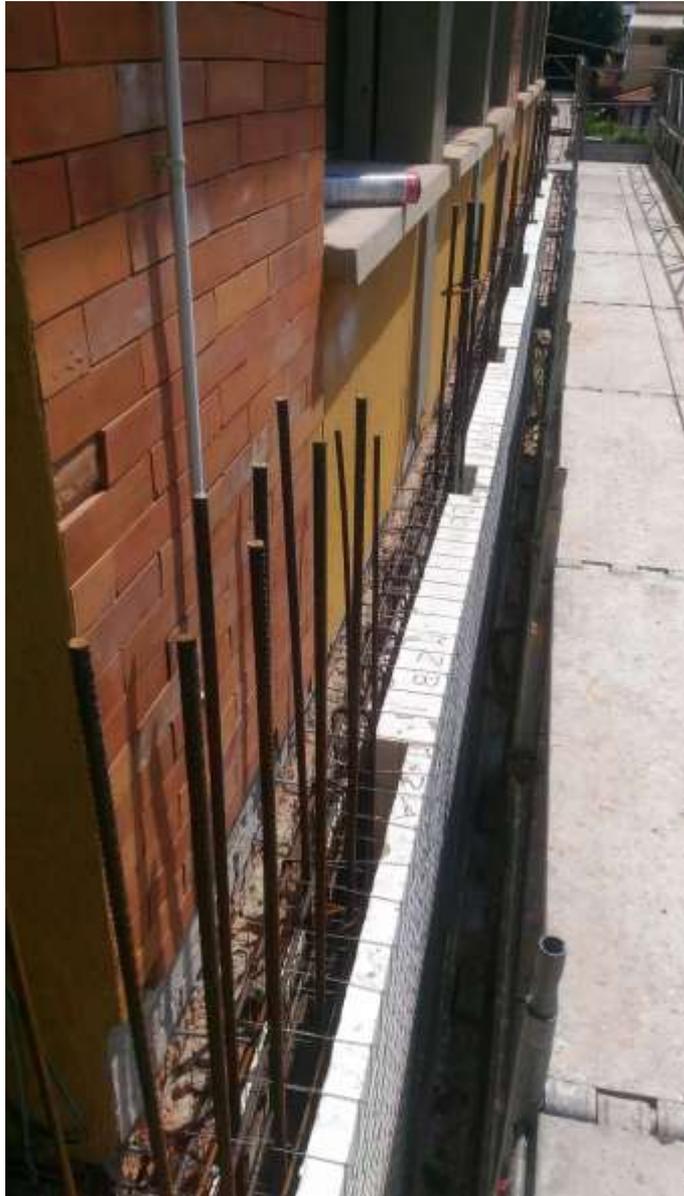
## Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



## Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



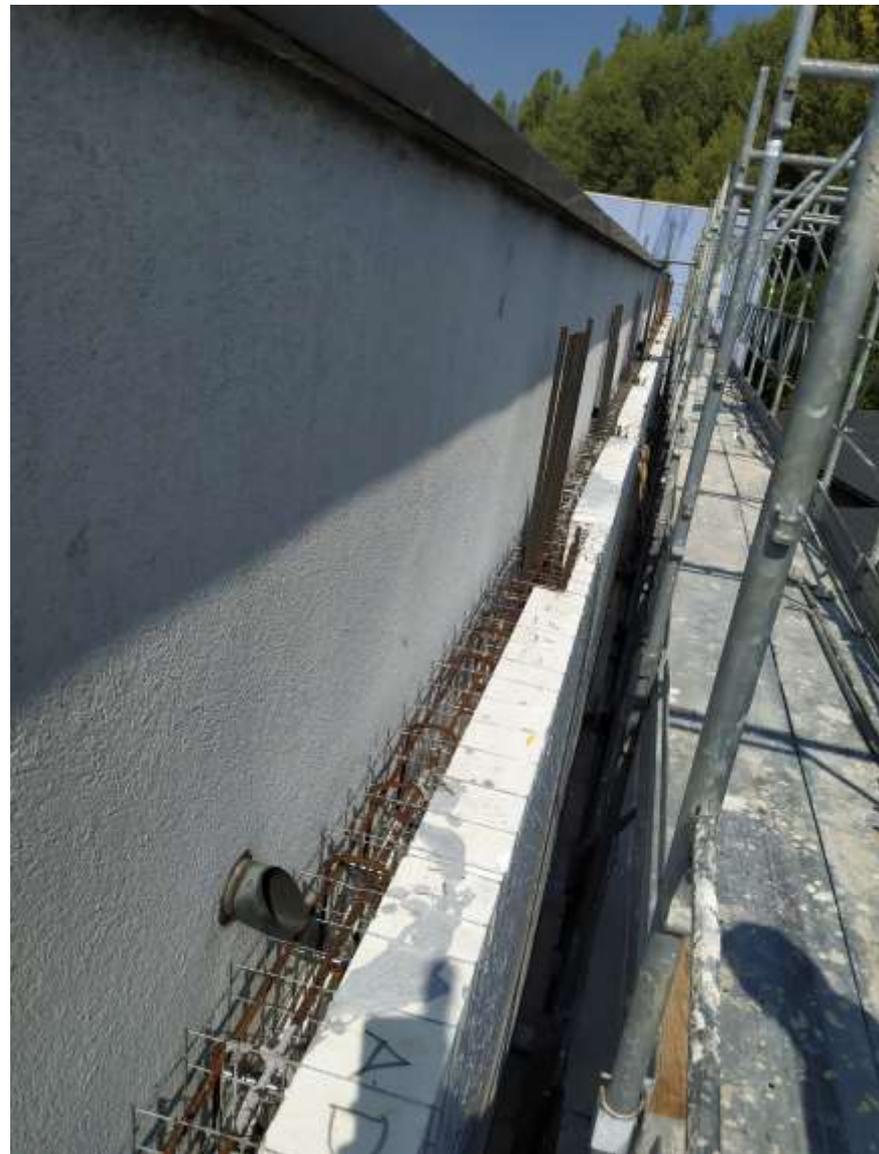
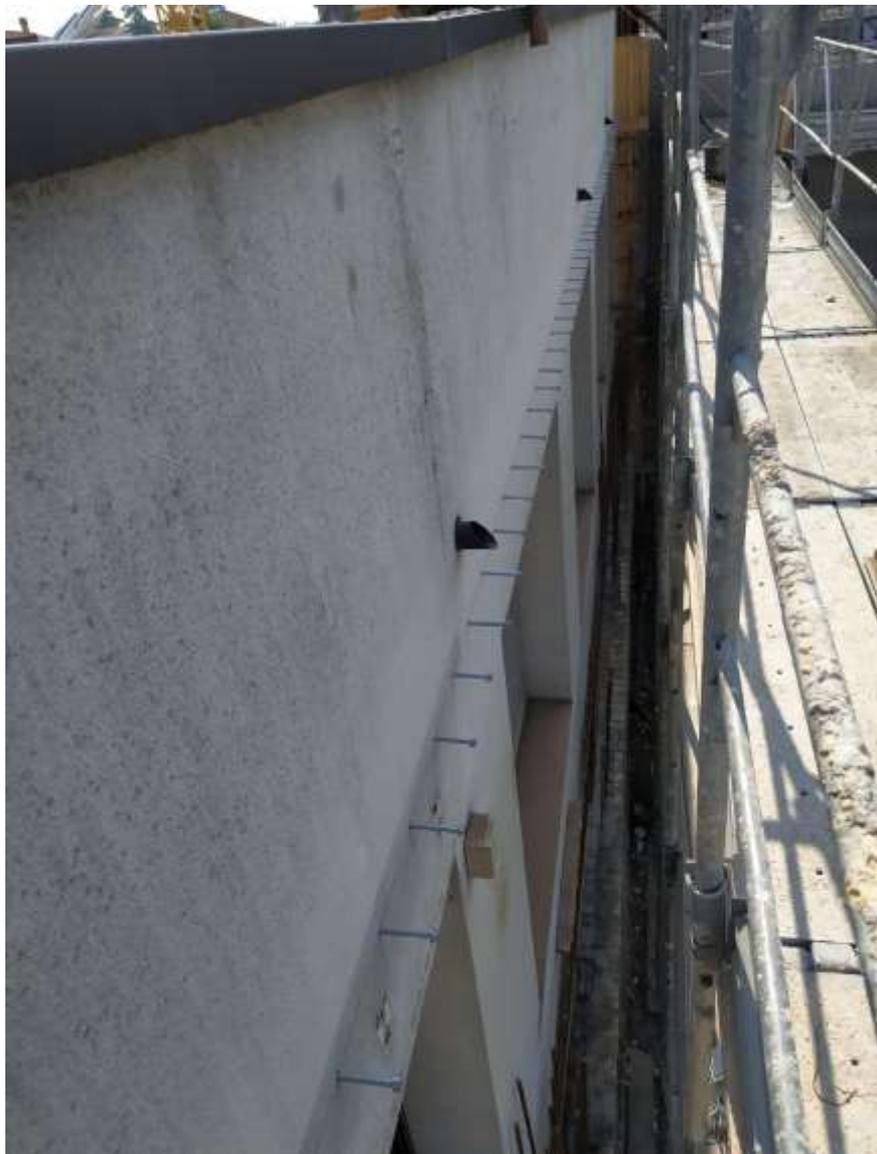
# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



## Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



## Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



# Riqualificazione sismica ed energetica edificio scolastico a Bologna



Finito ... 12/09/2019



Com'era 3 mesi prima



---

# **LA TECNOLOGIA INNOVATIVA**

## **Il cappotto antisismico**

### **ALTRI PROGETTI di**

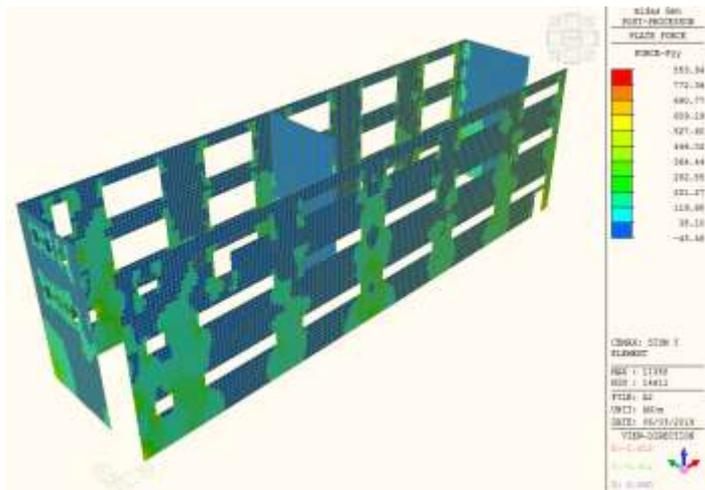
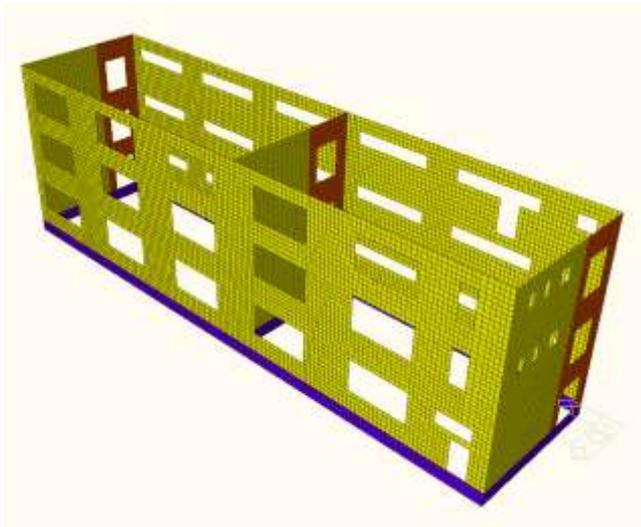
## **Riqualificazione sismica ed energetica**





# Edificio scolastico – Toscana

## Zona sismica 2



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

**Per contatti ed chiarimenti:**

**Ing. ROBERTO SCOTTA**

[roberto.scotta@unipd.it](mailto:roberto.scotta@unipd.it)