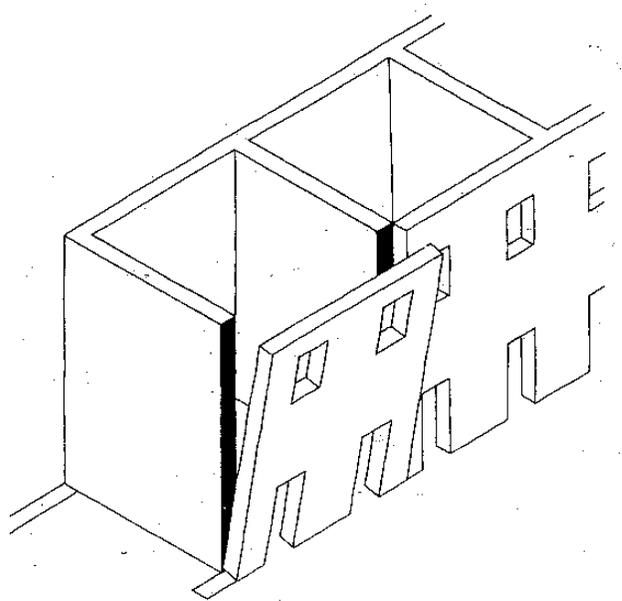


WEBINAR N.2 (3 CFP)  
venerdì 14.02.2025 – ore 15.30  
Edilizia storica

# Interventi di riduzione della vulnerabilità

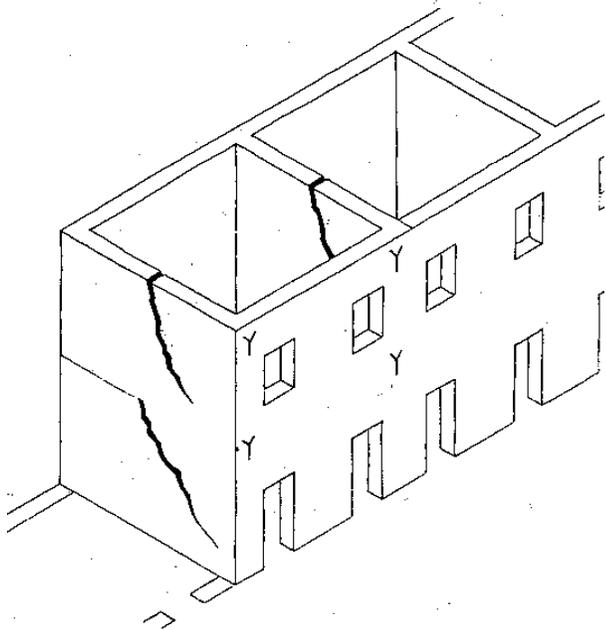
**prof. ing. Andrea Prota**  
**[aprota@unina.it](mailto:aprota@unina.it)**

# Modalità di collasso degli edifici esistenti



## **MECCANISMI DI PRIMO MODO:**

Rottura delle pareti fuori dal loro piano per carenza di ammorsamenti con le pareti ortogonali e con i solai



## **MECCANISMI DI SECONDO MODO:**

Rottura delle pareti nel loro piano, in presenza di vincoli efficaci, per livelli delle forze molto superiori rispetto al caso precedente.

# Alcuni aspetti specifici degli edifici in muratura

## ASPETTI STRUTTURALI

- Bassa qualità muraria
- Mancanza o inefficienza collegamenti
- Diaframmi deformabili e non collegati



## ASPETTI FORMALI

- Edifici, anche se non vincolati, di pregio
- Realizzati in aderenza ad altre strutture
- Tessuto dei centri storici

## ASPETTI ENERGETICI

- Involucro dotato di significativa massa, ma tipicamente non coibentato
- Serramentistica obsoleta
- Impianti tecnologici vetusti



# Il ruolo della qualità muraria

## Muratura di buona qualità

Formazione di lesioni e comportamento per blocchi rigidi



## Muratura di qualità scadente

Fessurazione diffusa, disgregazione e distacco tra i paramenti



# La qualità muraria



# La qualità muraria

Edificio ad Arquata del Tronto, dopo scossa 24/08



Edificio ad Accumoli, dopo scossa 24/08



TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ*
INERTI/MAGLIA MURARIA			
pietra grezza	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V <sub>6</sub>
mattoni di terra cruda (adobe)			

**SISMABONUS**  
**D.M. 28 febbraio 2017,**  
 n. 58, e S.M.I.

# Effetti del sistema regolatorio



**Necessità di un ripensamento, verso l'integrazione e ottimizzazione di interventi di miglioramento sismico ed energetico**



**Agosto 2016, Terremoto Centro Italia**



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

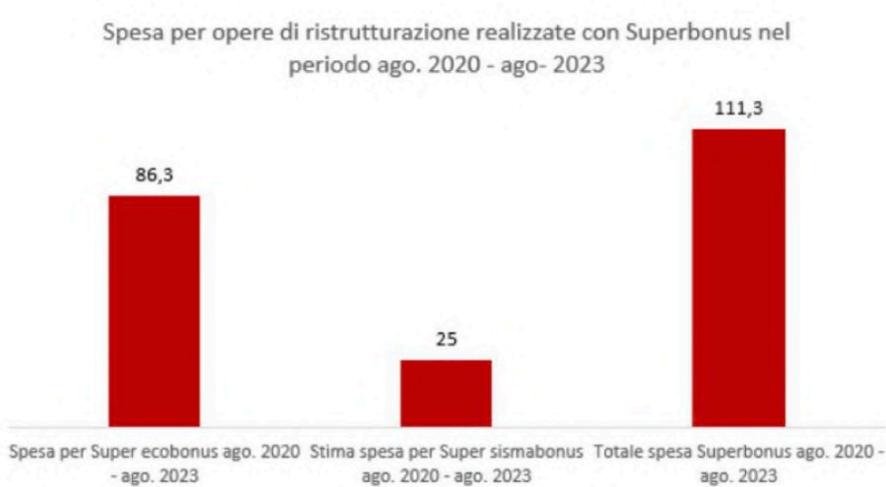
**Super Ecobonus 110%**

**31 agosto 2024**

		Dato Nazionale		
		% lavori realizzati	% edifici	% Invest.
N. di edifici		496.315		
Totale investimenti(*)		119.574.407.738,75 €		
Totale investimenti ammessi a detrazione		116.962.233.649,00 €		
Totale investimenti per lavori conclusi ammessi a detrazione		112.440.427.416,04 €	96,1%	
Detrazioni maturate per i lavori conclusi		122.996.275.350,23 €	Onere a carico dello Stato	
<b>Condomini</b>				
N. di edifici condominiali		133.902		27,0%
Totale investimenti(*)		79.328.533.133,36 €		
Tot. Inv. Condominiali ammessi a detrazione		77.752.233.276,97 €		66,5%
Tot. Lavori Condominiali realizzati ammessi a detrazione		73.885.023.482,42 €	95,0%	
<b>Edifici unifamiliari</b>				
N. di edifici unifamiliari		245.034		49,4%
Totale investimenti(*)		28.710.722.591,26 €		
Tot. Inv. in edifici unifamiliari ammessi a detrazione		27.911.663.895,03 €		23,9%
Tot. Lavori in edifici unifam. realizzati ammessi a detrazione		27.454.321.368,39 €	98,4%	
<b>U.I. funzionalmente indipendenti</b>				
N. di unità immobiliari funzionalmente indipendenti		117.371		23,6%
Totale investimenti(*)		11.533.214.315,01 €		
Tot. Inv. in unità immob. indipend. ammessi a detrazione		11.297.253.643,85 €		9,7%
Tot. Lavori in unità immob. indipend. realizzati		11.100.103.395,50 €	98,3%	
<b>Castelli</b>				
N. di castelli		8		0,0%
Totale investimenti(*)		1.937.699,12 €		
Tot. Inv. in castelli ammessi a detrazione		1.082.833,15 €		0,0%
Tot. Lavori in castelli realizzati ammessi a detrazione		979.169,73 €	90,4%	
		<b>Investimento medio(*)</b>		
<b>Condomini</b>		<b>592.437,25 €</b>		
<b>Edifici unifamiliari</b>		<b>117.170,36 €</b>		
<b>U.I. funzionalmente indipendenti</b>		<b>98.262,90 €</b>		
<b>Castelli</b>		<b>242.212,39 €</b>		

(\*) Investimento compreso le somme non ammesse a detrazione

# Effetti del sistema regolatorio



Fonte: elaborazione Centro Studi CNI su dati Enea e Agenzia delle Entrate

**Investimenti per super-ecobonus circa 3 volte superiori rispetto al super-sismabonus!**

## PNCS Portale Nazionale delle Classificazioni Sismiche Dipartimento Casa Italia

### Progetto PNCS

PNCS è il progetto promosso dal Dipartimento Casa Italia (DCI) a valere sulle risorse Pon Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020.

Il progetto nasce per consentire la raccolta in forma digitale, attraverso un Portale appositamente predisposto, dei dati contenuti nella pratica amministrativa edilizia necessari per ottenere l'agevolazione del cosiddetto sisma bonus e si pone come obiettivo quello di migliorare le scelte di policy in materia di programmazione del territorio e di concessioni di incentivi per interventi di mitigazione del rischio sismico.

Il Portale consente anche di acquisire la georeferenziazione degli interventi ad esso connessi e di individuare le classi di rischio degli immobili oggetto degli interventi medesimi.

1 100 1000 records

_id	Identific...	Anno	Mese	Anno pr...	Comune	Provincia	Regione	Costo la...	Zona sis...	Cl. risch...	Cl. risch...	ISV ante	ISV post	PAM ante	PAM post	Tip. cos...	Tecn. co...	Tip. inte...	Piani totali
1	0af06a1...	2023	9	2023	Albignas...	Padova	Veneto	48763.4	Zona 3 - ...							Capanno...	Cemento...	Rinforzo	1
2	aadbe49...	2023	9	2023	Anagni	Frosinone	Lazio	375267.62	Zona 2 - ...	G	A+	15	200	7.5	0.45	Edificio r...	Muratura...	Demolzi...	1
3	0811c9b...	2023	9	2023	Ancona	Ancona	Marche	138524.57	Zona 2 - ...	C	C	74.05	74.05	1.89	1.89	Edificio r...	Cemento...	Rinforzo	3
4	a9ff2259...	2023	9	2023	Ascoli Pi...	Ascoli Pi...	Marche	122943.34	Zona 2 - ...	C	A	49.598	97.322	1.383	0.56	Edificio r...	Muratura...	Ripristino	2
5	c40e8bd...	2023	9	2023	Avezzano	L'Aquila	Abruzzo	186385.99	Zona 1 - ...							Edificio r...	Cemento...	Rinforzo	4
6	60f1748...	2023	9	2023	Avigliana	Torino	Piemonte	351807.98	Zona 3 - ...	D	A	40	100.07	3	0.559	Edificio r...	Muratura...	Rinforzo	2

- Localizzazione
- Costo
- Zona sismica
- Classe, ISV, PAM ante e post
- Tipo costruzione (capannone, ed. residenziale, commerciale/uffici)
- Tecnologia costruttiva
- Tipo di intervento
- Nr. piani



Dati 2022 e 2023

**1690 pratiche caricate**

# Il progetto ReLUIS-DPC, WP5 – Interventi integrati e sostenibili



Università di Padova  
F. da Porto, M.R. Valluzzi



Università di Napoli Federico II  
A. Prota, R. Landolfo,  
E. Nigro, G.M. Verderame, C. Menna,  
G. Brandonisio, F. M. De Sciarra



Università di Salerno  
G. Rizzano



Università di Pavia  
R. Pinho, G.  
Magenes/G.  
Guerrini



Università di Bergamo  
A. Marini



Università di Genova  
S. Lagomarsino / S. Cattari



Università della Basilicata  
G. Santarsiero/Masi



Università della Campania  
A. Mandara/M. Ferraioli



Università Roma Tre  
G. de Felice



Università La Sapienza  
L. Sorrentino, L. Giresini,  
G. Monti / N. Nisticò



Università di Udine  
M. Pauletta



Università di Brescia  
G. Metelli



IUSS – Pavia  
R. Monteiro



Università del Sannio  
C. Del Vecchio



Università di Cagliari  
M. Sassu/F. Stochino



Università di Catania  
I. Calì



Università di Trento  
I. Giongo



Università di Trieste  
N. Gattesco



Politecnico di Torino  
G. Ferro

# Interventi integrati

INTERVENTI INTEGRATI



EFFICIENTAMENTO ENERGETICO



RETROFIT SISMICO ED ENERGETICO INDEPENDENTI



MIGLIORAMENTO SISMICO



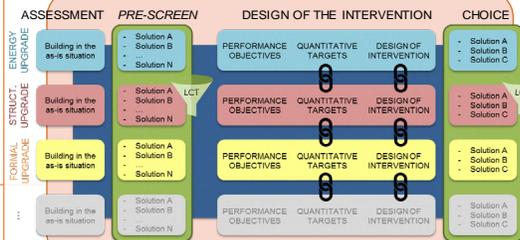
# Progetto ReLUIIS WP5 sub-task 5.1 & 5.2



Link al sito del progetto

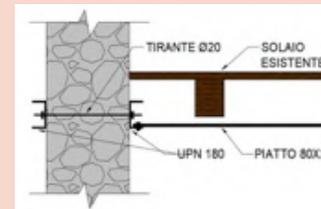


**SUB-TASK 5.1.A**  
Rilevo efficace interventi su edifici



**SUB-TASK 5.2.A**  
Decision making process e/o metodi di valutazione pre/post

**5.1 – sviluppo di strategie e tecniche di intervento**

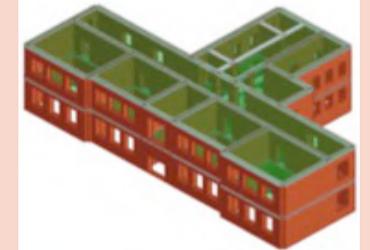


**SUB-TASK 5.1.B/C/D**

Sviluppo/analisi di interventi su pareti, connessioni, e orizzontamenti

**SUB-TASK 5.2.B**

Sviluppo/analisi di tecniche integrate



**SUB-TASK 5.1.E**  
**SUB-TASK 5.2.C**  
Casi Studio

**5.2 – interventi integrati**

# Progetto ReLUIS WP5 – Volume di sintesi

Scaricabile liberamente da [www.reluis.it](http://www.reluis.it)



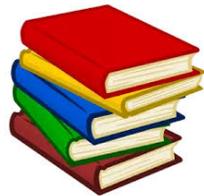
Link al volume



Volume di sintesi dell'attività del triennio 19-21 + biennio 22-24



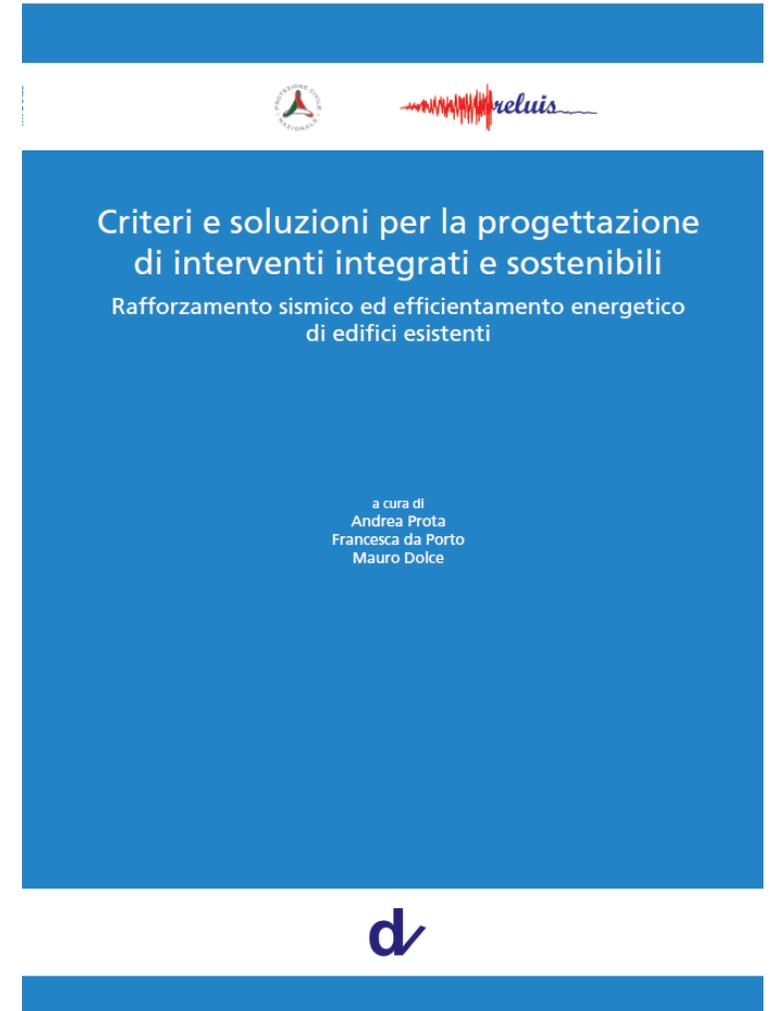
Collaborazione delle UR partecipanti al progetto su temi trasversali



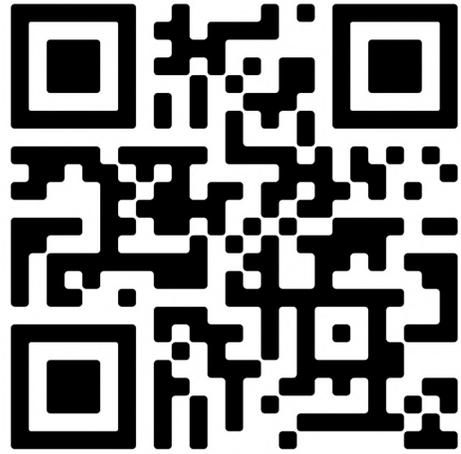
Disponibile in copia cartacea



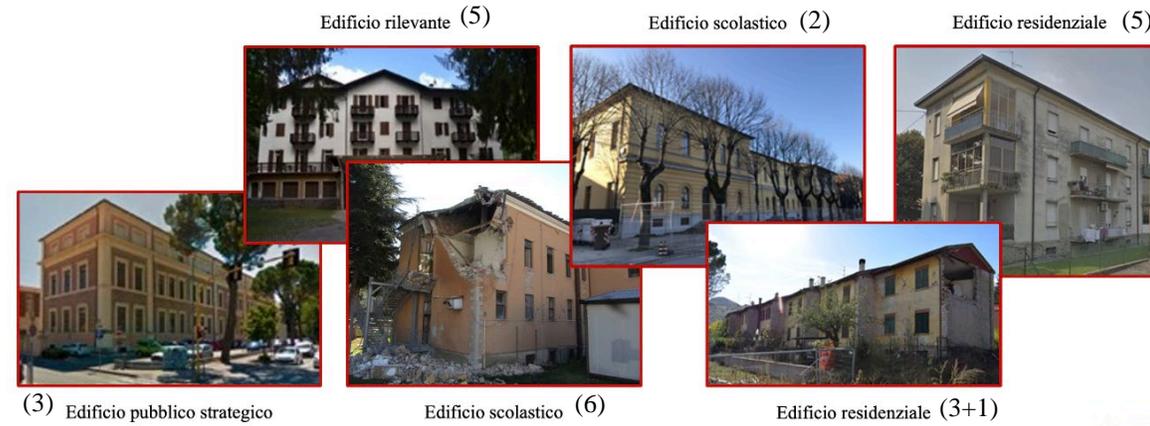
File disponibile sul sito ReLUIS per download gratuito



# Volume di sintesi cap. 2 – Casi studio



Link ai casi studio



Muratura



Calcestruzzo armato



Acciaio

# Volume di sintesi cap. 3 – Temi emergenti

1

Interventi locali su nodi in c.a. e rinforzo delle tamponature

2

Interventi locali sui collegamenti e rinforzo delle murature

3

Esoscheletri in acciaio

4

Criticità e interventi sui solai

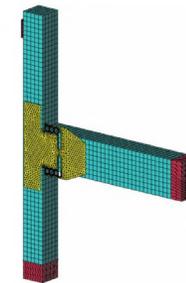
5

Interventi con sistemi in legno

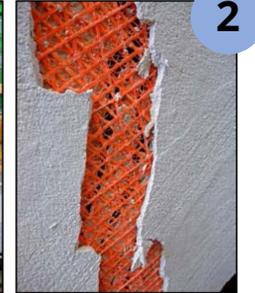
6

Interventi mediante tecniche di isolamento sismico

1



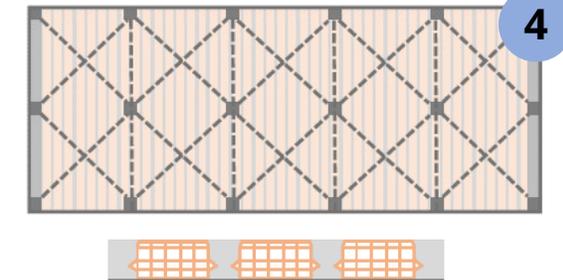
2



3



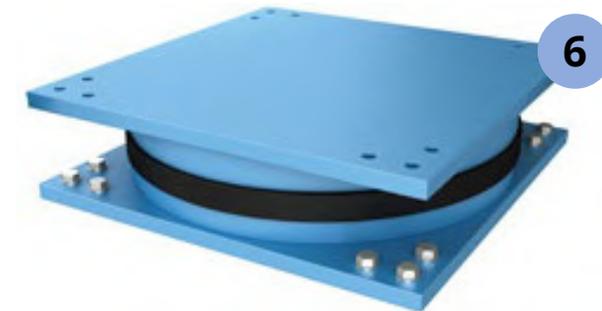
4



5



6



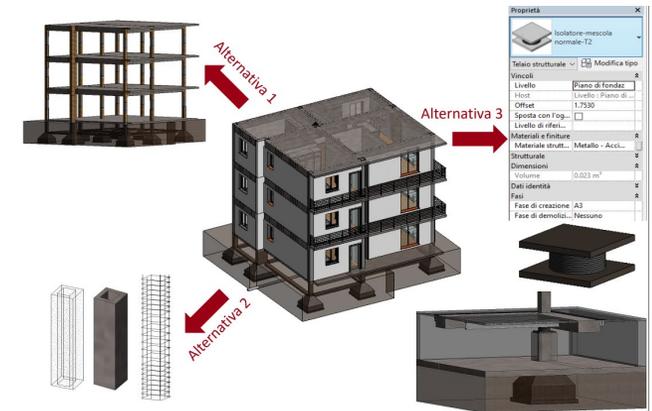
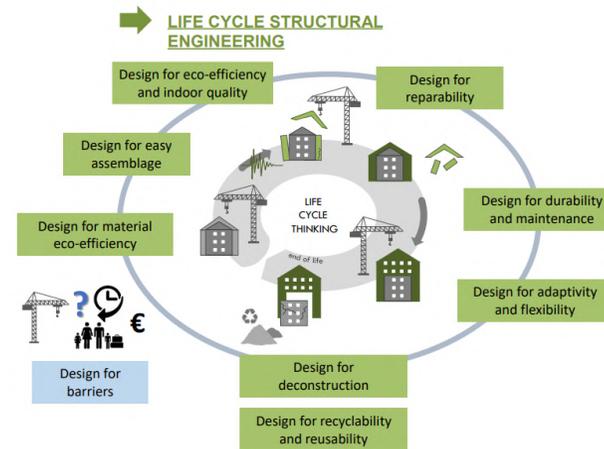
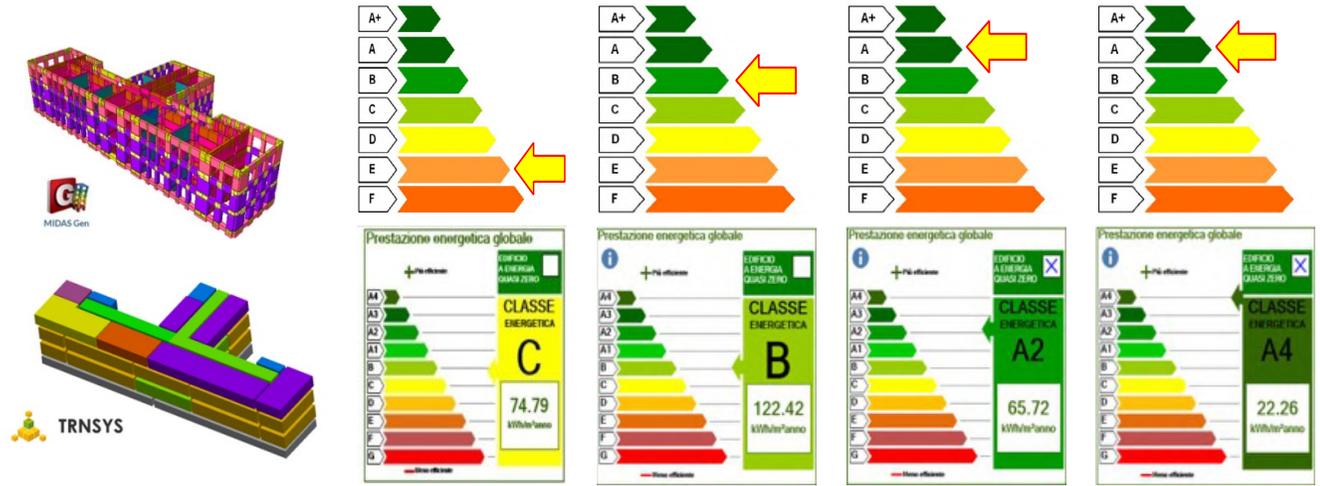
# Volume di sintesi cap. 4 – Metodi di valutazione integrata

**INTERVENTI INCREMENTALI**  
Target prestazionali sism. / ener.

Definizione di curve  
**ISO-COSTO e ISO-PERFORMANCE**

**OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI**  
Optimal, multi-criterio

Metodi olistici e/o basati su  
**LIFE CYCLE THINKING (LCT)**



# Appendice – Schede di sintesi dei casi studio

**Caso studio 1: edificio scolastico in cemento armato sito in provincia di Teramo**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/07\\_ISOLA\\_DEI\\_GRAZI\\_SASSO\\_07\\_01.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/07_ISOLA_DEI_GRAZI_SASSO_07_01.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio scolastico
Sistema costruttivo	Tela in cemento armato
Epoca di costruzione	1960-1970
Numero di piani	2 fuori terra
Area in pianta	735 mq a piano
Superficie calpestabile	1470 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	III



119

**Caso studio 2: edificio scolastico in cemento armato sito in provincia di Macerata**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/08\\_LOBO\\_PICENO\\_08\\_01.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/08_LOBO_PICENO_08_01.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio scolastico
Sistema costruttivo	Tela in cemento armato
Epoca di costruzione	1950-1960
Numero di piani	3 fuori terra
Area in pianta	400 mq a piano
Superficie calpestabile	1200 mq
Regolare in pianta	Si
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	III



PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: D	
$\mu_{ELV} = 0,202$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2150

**Caso studio 3: edificio residenziale in cemento armato sito in provincia di Brescia**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/09\\_TUSCOLANO\\_MADERNO\\_residenziale\\_CA.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/09_TUSCOLANO_MADERNO_residenziale_CA.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio residenziale
Sistema costruttivo	Tela in cemento armato
Epoca di costruzione	1960
Numero di piani	3 fuori terra
Area in pianta	250 mq a piano
Superficie calpestabile	690 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	II



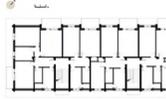
PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,233$ [g]	Classe di suolo: C	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2265

**Caso studio 4: edificio residenziale in cemento armato sito in provincia di Torino**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/10\\_TORINO\\_residenziale\\_CA.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/10_TORINO_residenziale_CA.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Residenziale e commerciale
Sistema costruttivo	Tela (entrambe le direzioni) e setti (direzione trasversale) in ca
Epoca di costruzione	1955
Numero di piani	5 fuori terra
Area in pianta	1800 mq a piano
Superficie calpestabile	9000 mq
Regolare in pianta	Si
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	II

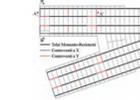
PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 3		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,052$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2617

**Caso studio 5: edificio ad uso pubblico strategico in acciaio sito a Napoli**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/11\\_NAPOLI\\_Gaia\\_Cinab\\_Acciaio.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/11_NAPOLI_Gaia_Cinab_Acciaio.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio pubblico strategico
Sistema costruttivo	Sistema Iusolo (MRF, X-CBF, Y-CBF)
Epoca di costruzione	1960-1970
Numero di piani	6 fuori terra
Area in pianta	1400 mq piano tipo, 1200 ultimi due piani
Superficie calpestabile	8000 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	III

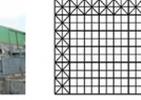
PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: -	
$\mu_{ELV} = 0,192$ [g]	Classe di suolo: C	Cat. top: T1	Gradi giorno: -

**Caso studio 6: edificio industriale in acciaio sito in provincia di Avellino**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/12\\_NUSCO\\_migliorazione\\_Acciaio.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/12_NUSCO_migliorazione_Acciaio.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio industriale
Sistema costruttivo	Tela con colonne in composizione saldata e travi reticolari
Epoca di costruzione	1992-1997
Numero di piani	Edificio monopiano
Area in pianta	1998 mq
Superficie calpestabile	1998 mq
Regolare in pianta	Si
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	II

PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: -	
$\mu_{ELV} = 0,243$ [g]	Classe di suolo: C	Cat. top: T1	Gradi giorno: -

**Caso studio 7: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Ancona**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/01\\_Fabozzo\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/01_Fabozzo_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Uso pubblico
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	1940-1950
Numero di piani	4 fuori terra
Area in pianta	1200 mq a piano
Superficie calpestabile	4800 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	IV




PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,228$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2198

**Caso studio 8: edificio scolastico in muratura in provincia di Macerata**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/02\\_Scola1/02\\_Scola1\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/02_Scola1/02_Scola1_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Uso pubblico
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	1930-1940
Numero di piani	2 fuori terra
Area in pianta	600 mq a piano
Superficie calpestabile	900 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	III




PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 1		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,283$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2350

**Caso studio 9: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Trento**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/03\\_GAT\\_Cossato\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/03_GAT_Cossato_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Struttura accettata
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	fine XIX sec.
Numero di piani	5 fuori terra <sup>1</sup>
Area in pianta	718 mq a piano
Superficie calpestabile	3291 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	II




<sup>1</sup> Il piano terra fuori terra (piano ground) non risulta nell'immagine, è costituito dalla sopraelevazione parzialmente piano terra sulla zona a nord (sopraelevazione realizzata negli anni '90).

PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: D	
$\mu_{ELV} = 0,244$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2007

**Caso studio 10: edificio scolastico in muratura in provincia di Macerata**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/04\\_Scola2/04\\_Scola2\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/04_Scola2/04_Scola2_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Uso pubblico
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	1930-1940
Numero di piani	2 fuori terra
Area in pianta	720 mq a piano
Superficie calpestabile	1500 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	III




PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: D	
$\mu_{ELV} = 0,244$ [g]	Classe di suolo: B	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2007

**Caso studio 11: edificio residenziale in muratura in provincia di Bergamo**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/05\\_Dalmeida\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/05_Dalmeida_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Edificio residenziale
Sistema costruttivo	Muratura in mattoni con fori in orizzontale
Epoca di costruzione	1950
Numero di piani	3 fuori terra
Area in pianta	179 mq a piano
Superficie calpestabile	536 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	II




PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,158$ [g]	Classe di suolo: C	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2473

**Caso studio 12: edificio residenziale in muratura in provincia di Macerata**

[https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/06\\_Perra\\_Tonna\\_MUR.pdf](https://www.rabisa.it/doi/DPC-RaLUTS-2022-2024/WP5/06_Perra_Tonna_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Residenziale
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	1962-63
Numero di piani	2 fuori terra / 1 interrato
Area in pianta	52 mq (totali) / 312 mq (totali)
Superficie calpestabile	104 mq (totali) / 624 mq (totali)
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	Si
Classe d'uso	II




PARAMETRI DI DOMANDA			
Zona Sismica: 2		Zona Climatica: E	
$\mu_{ELV} = 0,158$ [g]	Classe di suolo: C	Cat. top: T1	Gradi giorno: 2473

# Appendice – Schede di sintesi dei casi studio

## Caso studio 9: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Trento

[https://www.rehuis.it/doc/DPC-ReLUI5-2022-2024/WP5/03\\_GAT\\_Comano\\_MUR.pdf](https://www.rehuis.it/doc/DPC-ReLUI5-2022-2024/WP5/03_GAT_Comano_MUR.pdf)



TIPOLOGIA	
Destinazione d'uso	Struttura ricettiva
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	fine XIX sec.
Numero di piani	5 fuori terra <sup>1</sup>
Area in pianta	718 mq a piano
Superficie calpestabile	3291 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	II



<sup>1</sup> Il quinto livello fuori terra (piano quarto), non visibile nell'immagine, è costituito dalla sopraelevazione parziale del piano terzo nella zona a nord (sopraelevazione realizzata negli anni '60).

## Info generali

Destinazione d'uso	Struttura ricettiva
Sistema costruttivo	Muratura
Epoca di costruzione	fine XIX sec.
Numero di piani	5 fuori terra <sup>1</sup>
Area in pianta	718 mq a piano
Superficie calpestabile	3291 mq
Regolare in pianta	No
Reg. in elevazione	No
Classe d'uso	II

## Confronto as-built vs. intervento



# Le Norme vigenti (NTC 2018)

## 8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura;

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.

Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.

# Le Norme vigenti (NTC 2018)

**CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.**

## **CS.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI**

Le NTC confermano le tre categorie di intervento previste dalle precedenti norme: *riparazione o intervento locale, miglioramento, adeguamento*, elencandole in ordine inverso rispetto al D.M. 14. gennaio 2008, ciò al fine di ricollocare gli interventi di riparazione o locali ed il miglioramento in una meglio articolata scansione logica ed operativa<sup>2</sup>.

### **CS.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE**

Ricadono in questa categoria gli interventi che non alterano significativamente il comportamento globale della costruzione; l'obiettivo sulla base del quale è valutata l'ammissibilità dell'intervento è un aumento della sicurezza di almeno una porzione della costruzione, ovvero, nel caso di danni subiti, quello del mantenimento o dell'incremento dell'originaria efficacia strutturale della porzione danneggiata.

In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione di elementi strutturali o di parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, coperture, impalcati o porzioni di impalcato, pilastri, pannelli murari). In particolare gli interventi di rinforzo devono privilegiare lo sviluppo di meccanismi duttili o comunque migliorare la duttilità locale, così da favorire lo sviluppo della duttilità di insieme della struttura.

Il ripristino o rinforzo dei collegamenti esistenti tra i singoli componenti o tra parti di essi o la realizzazione di nuovi collegamenti (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di catene/tiranti, chiodature tra elementi lignei di una copertura o di un solaio, tra componenti prefabbricati) ricadono in questa categoria.

Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad es. l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.

La relazione illustrativa dei lavori deve riportare i risultati delle indagini conoscitive svolte, le carenze strutturali riscontrate, la descrizione dei lavori e i risultati attesi, affermando e, se necessario, dimostrando che l'intervento non ha modificato in senso negativo il comportamento degli altri elementi della costruzione e di tutta la costruzione nel suo insieme.

Per questa categoria di intervento non è richiesta la valutazione della sicurezza globale dell'opera ma, nel caso di rafforzamento locale finalizzato al miglioramento del funzionamento di elementi strutturali o alla limitazione di meccanismi di collasso, è richiesta la valutazione della variazione del livello locale di sicurezza.

# Le Norme vigenti (NTC 2018)

## **8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO**

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ .

## **8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO**

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.
- e) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere  $\zeta_E \geq 1,0$ . Nei casi c) ed e) si può assumere  $\zeta_E \geq 0,80$ .

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta alla realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.

# Le Norme vigenti (NTC 2018)

## 8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi vanno progettati ed eseguiti, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidità e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare attenzione deve essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale della costruzione.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi;
- riduzione delle condizioni, anche legate alla presenza di elementi non strutturali, che determinano situazioni di forte irregolarità, sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia;
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso;
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro;
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti;
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4.

Per le strutture in muratura, inoltre, dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento dei collegamenti tra orizzontamenti e pareti, tra copertura e pareti, tra pareti confluenti in martelli murari o angolate;
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture.



# Le Norme vigenti (NTC 2018)

20-2-2018

Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 42

Nel caso di muratura irregolare, la resistenza a taglio di progetto di un pannello in muratura, per azioni nel suo piano medio, potrà essere calcolata facendo ricorso a formulazioni, alternative rispetto a quelle adottate per opere nuove, purché di comprovata validità.

In presenza di edifici in **aggregato**, contigui, a contatto od interconnessi con edifici adiacenti, i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono risultare inadeguati. Nell'analisi di un edificio facente parte di un **aggregato** edilizio, infatti, occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.

L'US dovrà avere continuità da cielo a terra, per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in **aggregato**, per gli edifici in **aggregato** dovranno essere valutati gli effetti di spinte non contrastate sulle pareti in comune con le US adiacenti, causate da orizzontamenti sfalsati di quota, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, sia verticalmente sia orizzontalmente, US adiacenti di differente altezza.

L'analisi globale di una singola unità strutturale assume spesso un significato convenzionale e perciò può utilizzare metodologie semplificate. La verifica di una US dotata di orizzontamenti sufficientemente rigidi nel proprio piano può essere svolta, anche per edifici con più di due orizzontamenti, mediante l'analisi statica non lineare, con verifica in termini sia di forze sia di spostamenti, analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di US d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali, l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, nell'ipotesi che gli orizzontamenti possano unicamente traslare nella direzione dell'azione sismica considerata. Nel caso invece di US d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purché si tenga conto di possibili effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle US adiacenti applicando opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali.

Qualora gli orizzontamenti dell'edificio non siano sufficientemente rigidi nel proprio piano si potrà procedere all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari, essendo ciascuna parete soggetta ai carichi verticali di competenza ed alle corrispondenti azioni del sisma nella direzione parallela alla parete.

## Sicurezza vs tutela/conservazione

- Molto spesso gli interventi sull'edilizia storica necessitano di approvazione da parte delle Soprintendenze
- Le esigenze e le prescrizioni legate alla tutela e alla conservazione non sempre consentono di approfondire con saggi e prove la conoscenza degli edifici interessati, ma soprattutto spesso alcuni interventi non sono praticabili
- Per questi motivi, specie per edifici vincolati e/o in aggregato gli interventi di rafforzamento locale rappresentano l'unica opzione praticabile

# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Le murature



Interventi di iniezione di miscele a base di calce idraulica naturale, ristilatura e inserimento di tirantini trasversali in muratura di pietrame



Non rinforzata (0.25 g)



Tiranti trasversali (0.45 g)



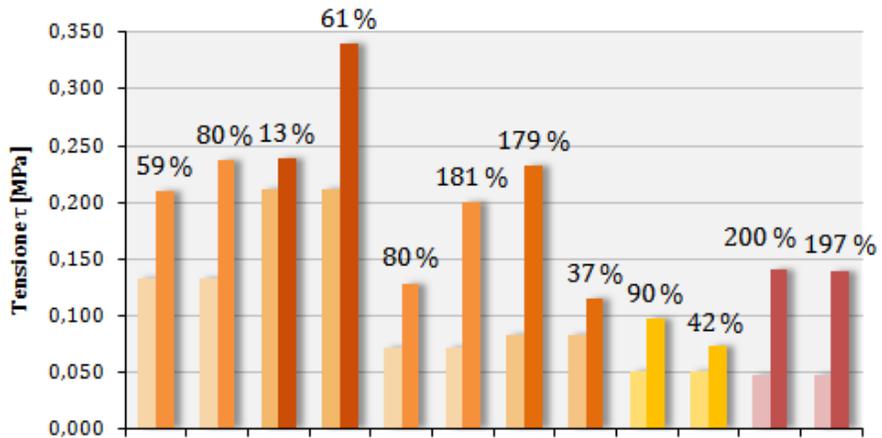
Iniezione di miscele (0.60 g)



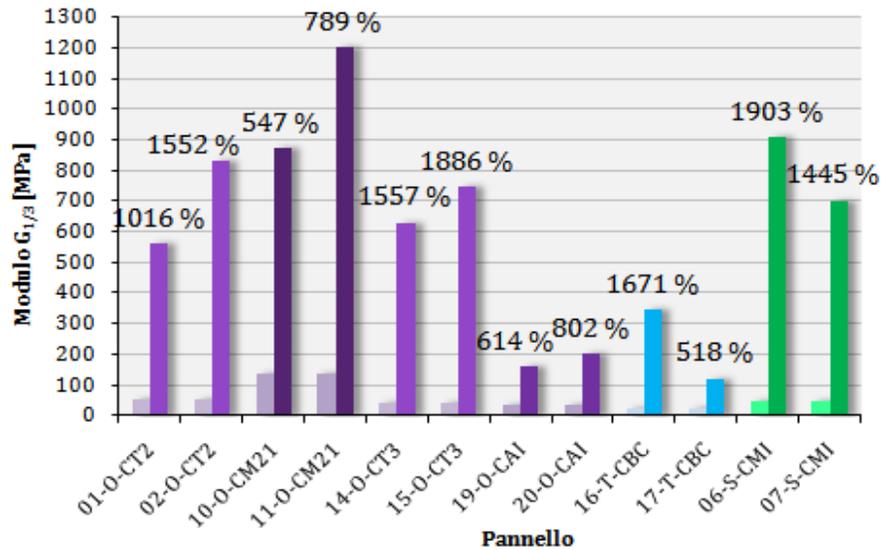
Iniezione e tiranti (0.75 g)  
→ non crolla



# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Le murature



Variazioni percentuali della **resistenza** dei pannelli consolidati



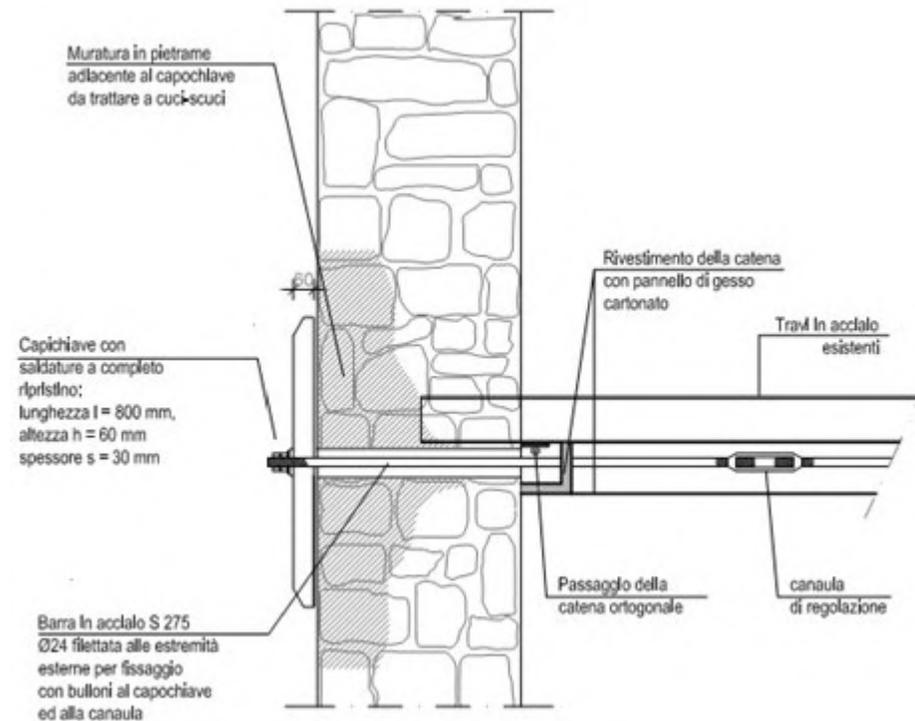
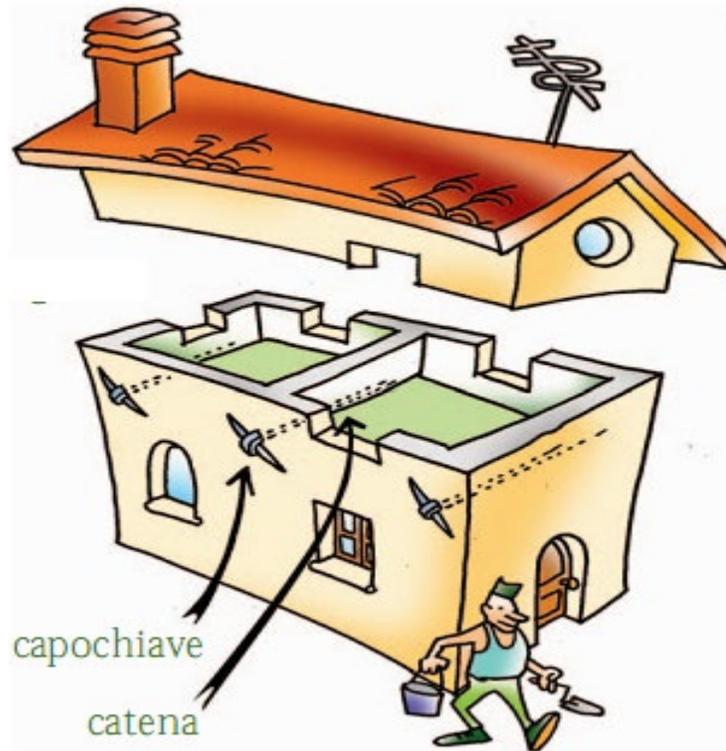
Variazioni percentuali della **rigidezza** dei pannelli consolidati



# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: inserimento catene (acciaio o FRP)

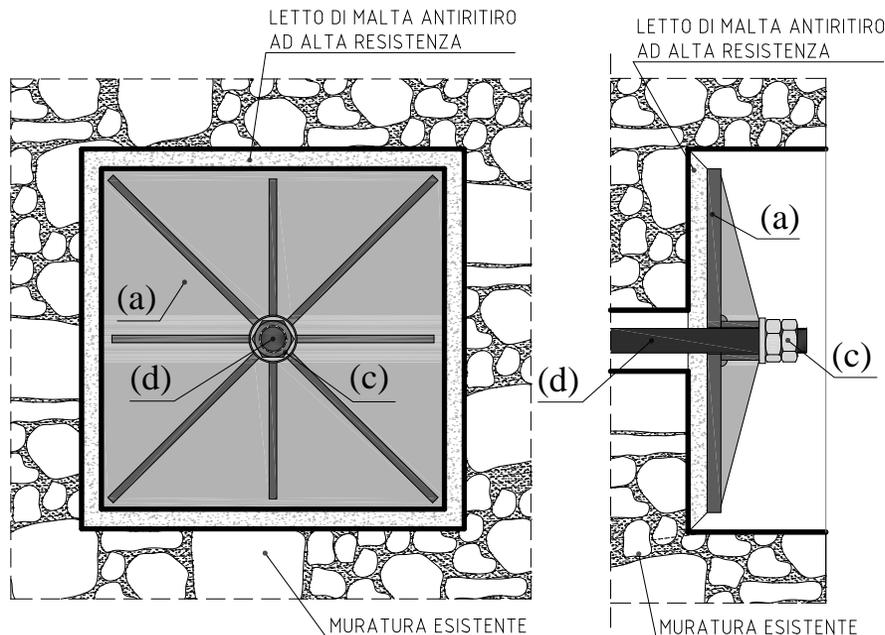


# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

Edificio esistente con sistema resistente **in muratura di tufo**    **Inserimento di catene**

## TIRANTI METALLICI

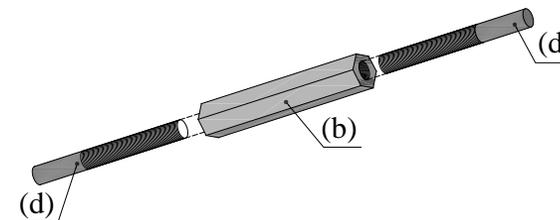
Per conferire alla struttura un adeguato stato di collegamento tra le pareti ortogonali, si può ricorrere all'antica tradizione costruttiva dell'inserimento di tiranti (catene) orizzontali.



### FASI ESECUTIVE:

- Esecuzione dei fori passanti
- Scasso nella muratura per inserimento delle piastre d'ancoraggio
- Rinforzo della muratura retrostante la piastra di ancoraggio
- Preparazione dei tiranti filettati
- Inserimento delle barre (o dei trefoli)
- Messa in opera delle piastre
- Messa in tensione dei tiranti
- Sigillatura delle scanalature

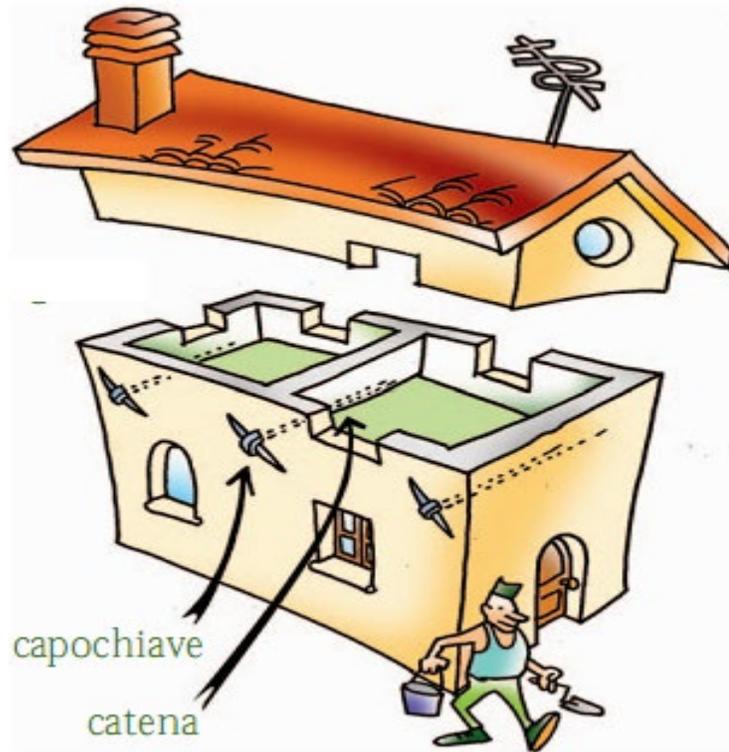
(a)	Capochiave
(b)	Giunti di connessione
(c)	Giunti di tensione
(d)	Tiranti



# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: inserimento catene (acciaio o FRP)



# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

L'Aquila:  
Edificio con catene



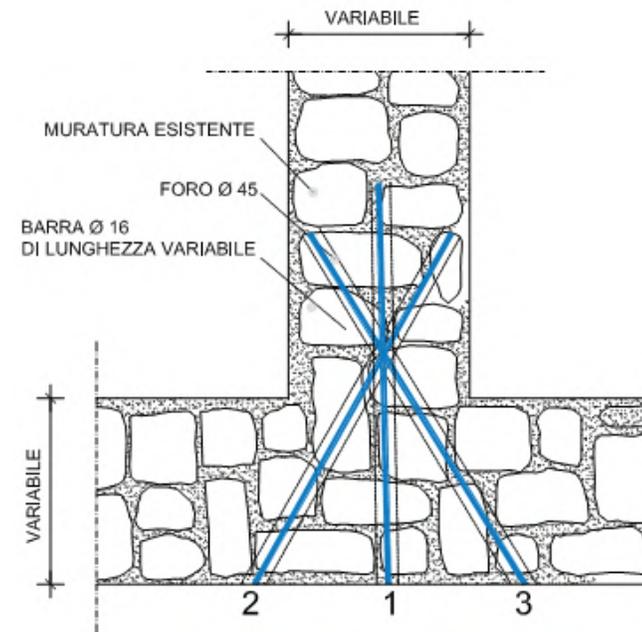
© Reluis 2009

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

# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

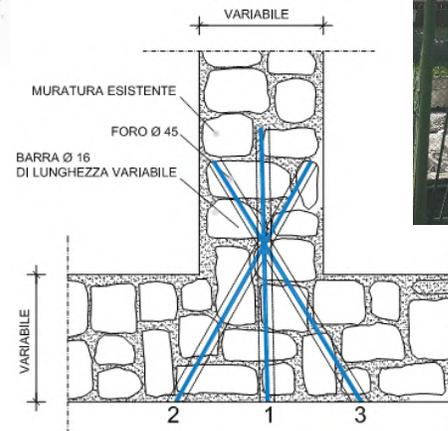
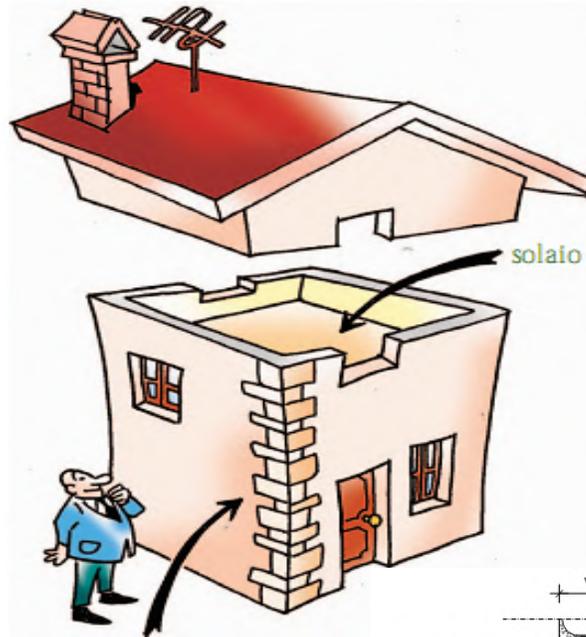
Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: chiodature (in acciaio o in composito)



# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: chiodature (in acciaio o in composito)

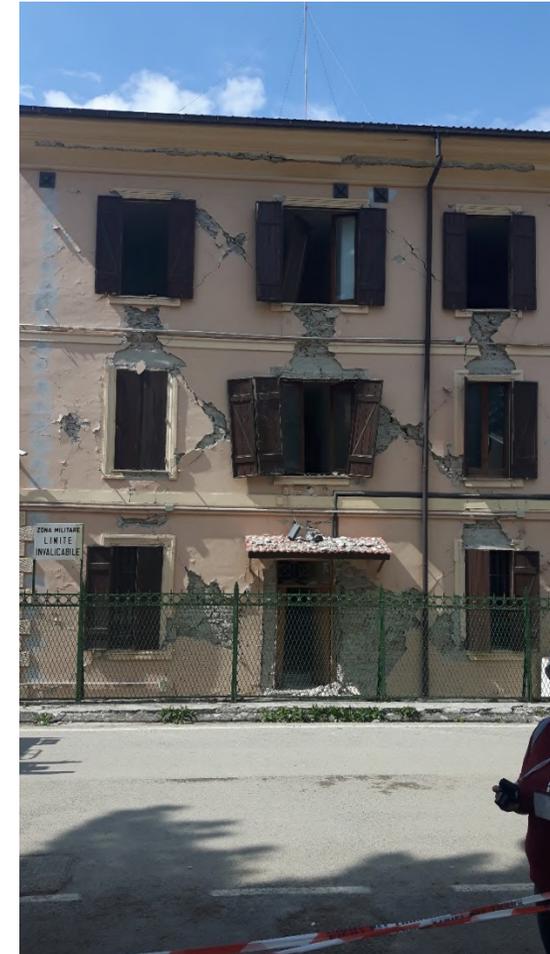
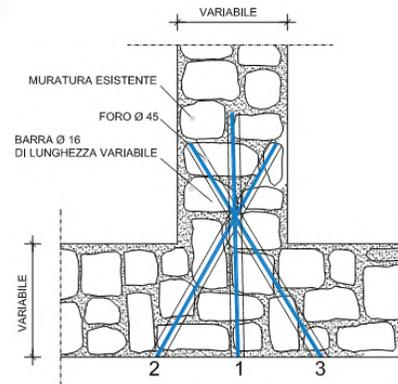


Amatrice 2016

# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: chiodature (in acciaio o in composito)



Amatrice 2016

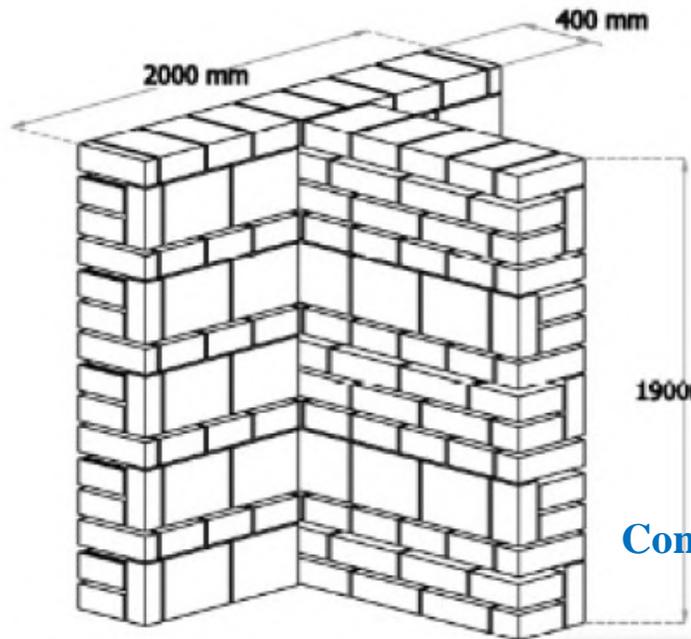


# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

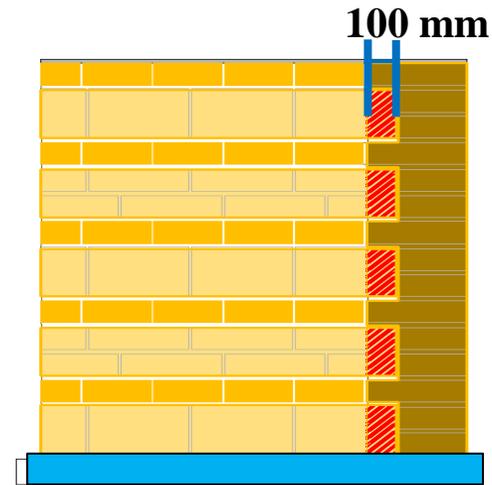
- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



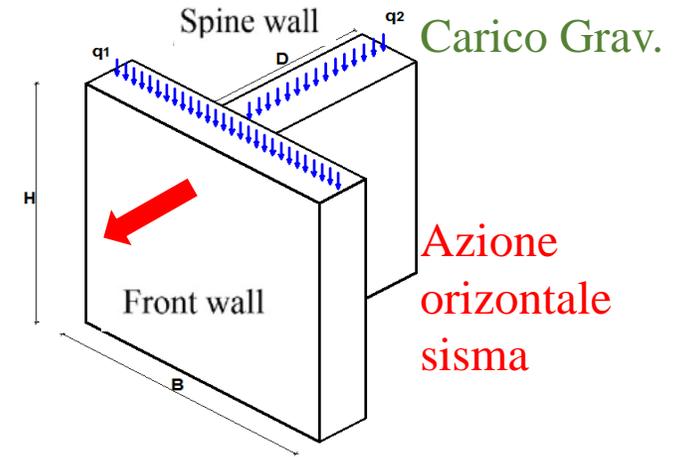
Validazione Sperimentale DiSt



Muratura di tufo &  
Malta base calce



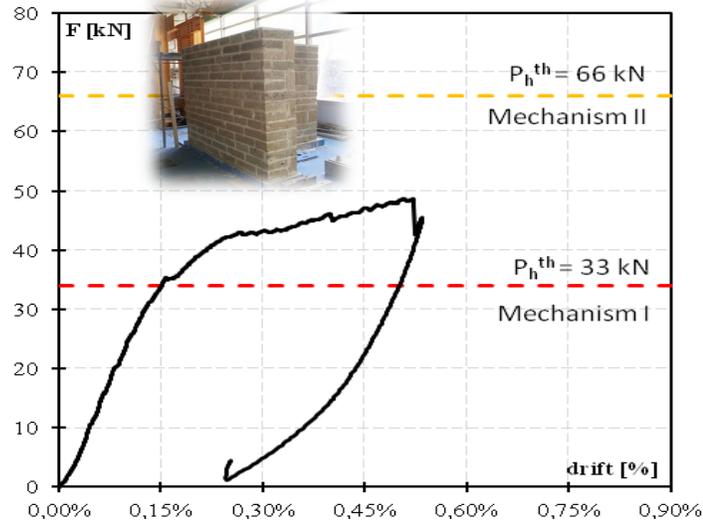
Connessione debole tra le pareti  
ortogonali



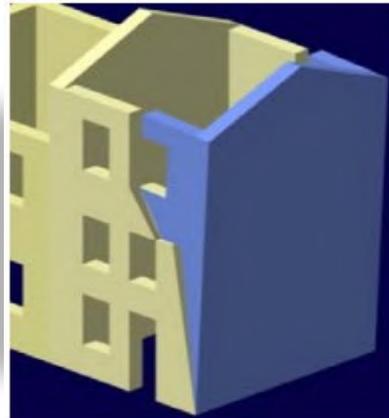
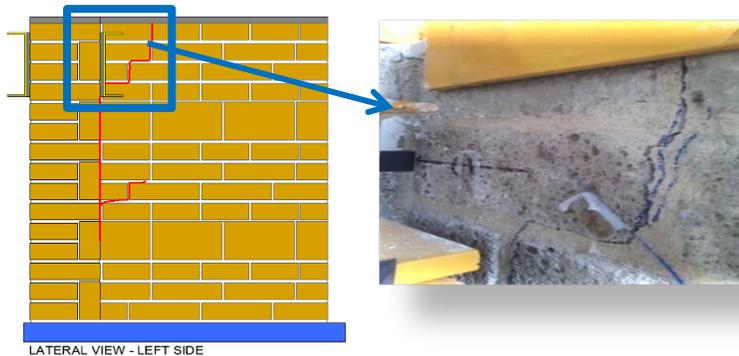
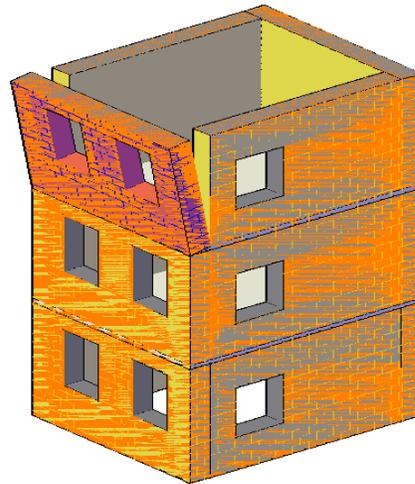
# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

Prova monotona  
“As Built” Specimen



Ribalt. Semplice Mec. I

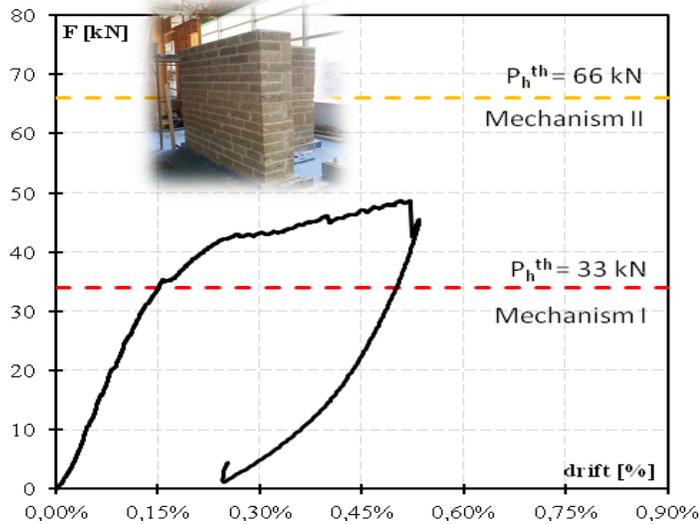


Intermediate failure mechanism Ribalt. Composto mec. II

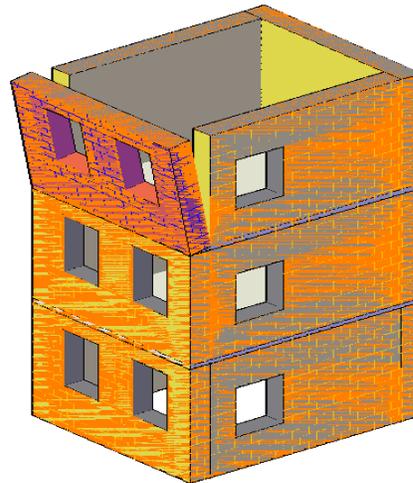
# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

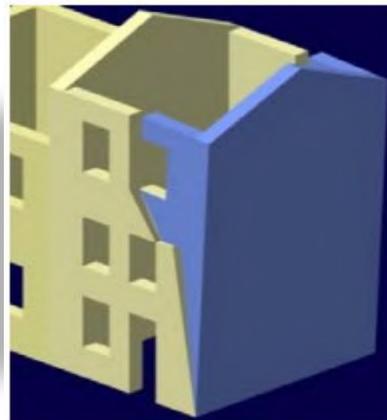
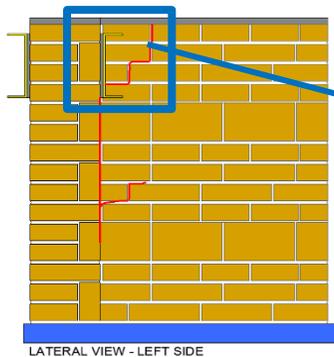
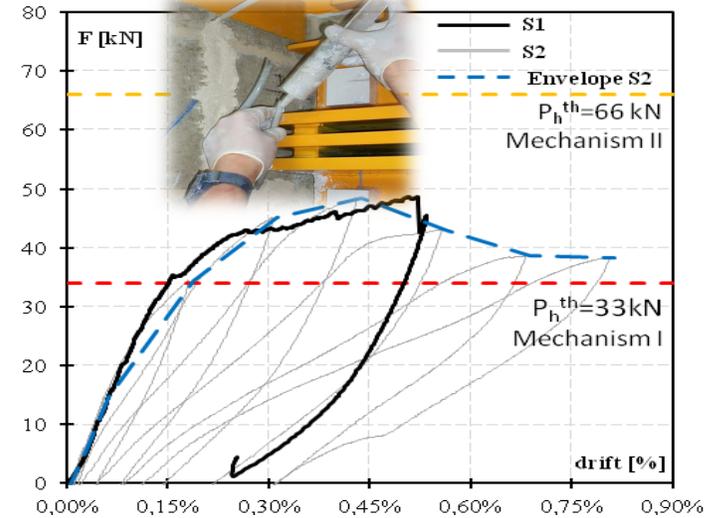
**Prova monotona  
“As Built” Specimen**



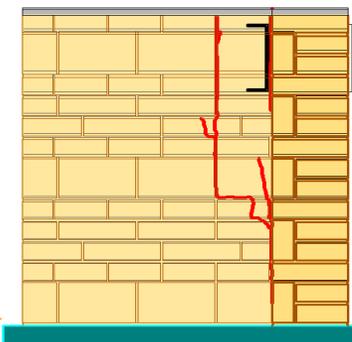
**Ribalt. Semplice Mec. I**



**Cyclic test on  
Repaired Specimen**



**Iniezioni**



**Intermediate failure mechanism Ribalt. Composto Mec. II**

# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

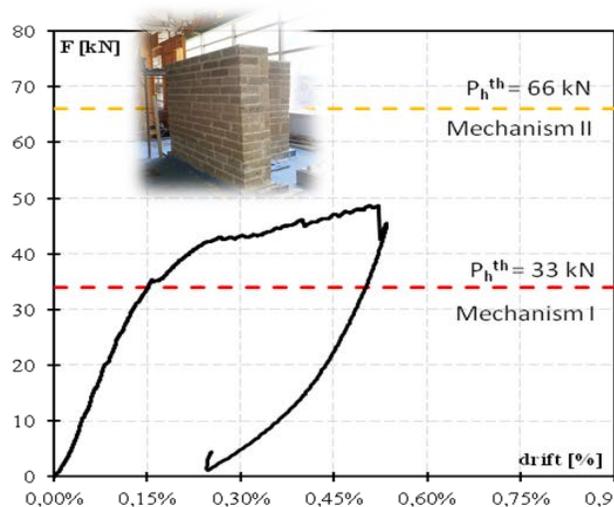
- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



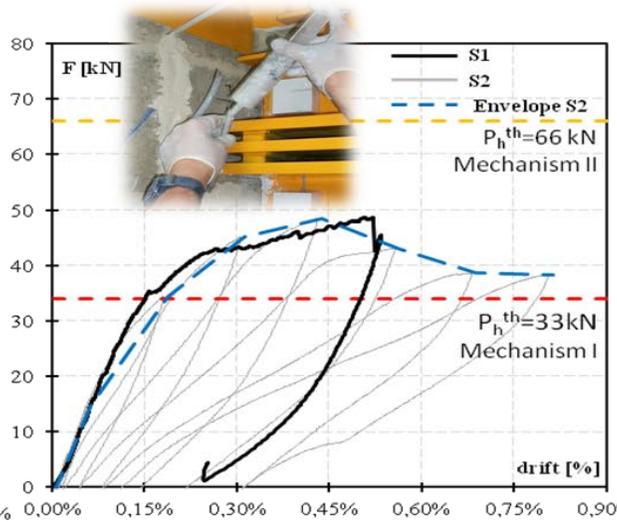
# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

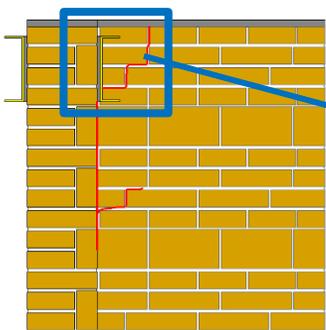
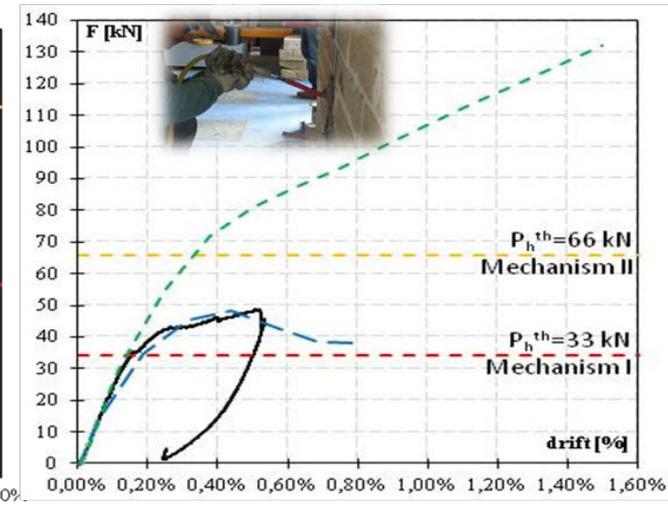
## Prova monotona “As Built” Specimen



## Prova Ciclica Repaired Specimen



## Prova Ciclica Reinforced Specimen

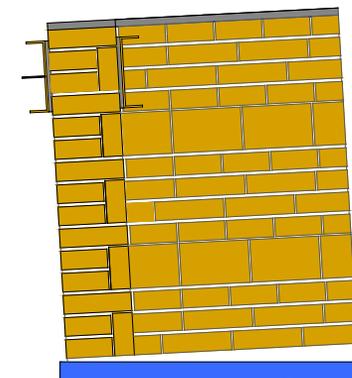
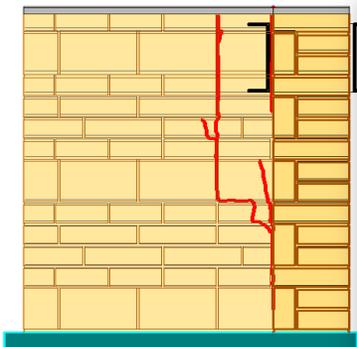


LATERAL VIEW - LEFT SIDE

**Meccanismo di crisi misto (I&II)**



## Iniezioni

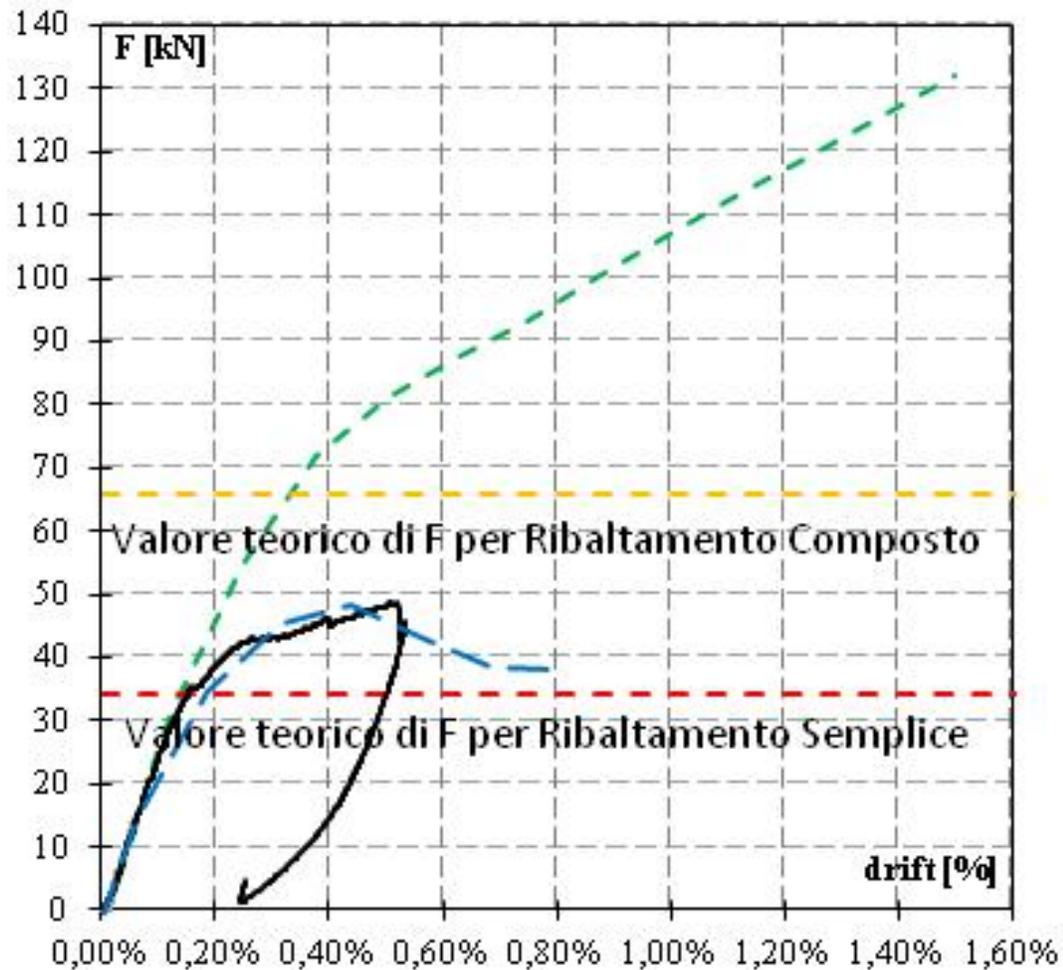


**Blocco rigido.No danno**

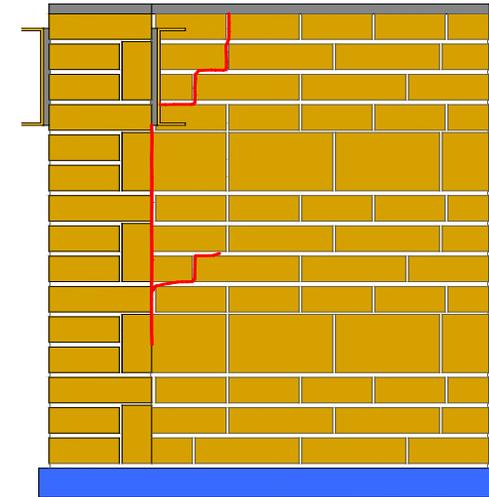
# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

- Chiodature in composito

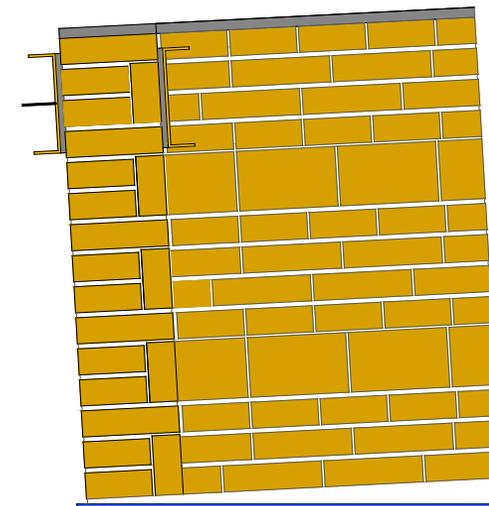


Non rinforzato



VISTA LATO SINISTRO

Rinforzato



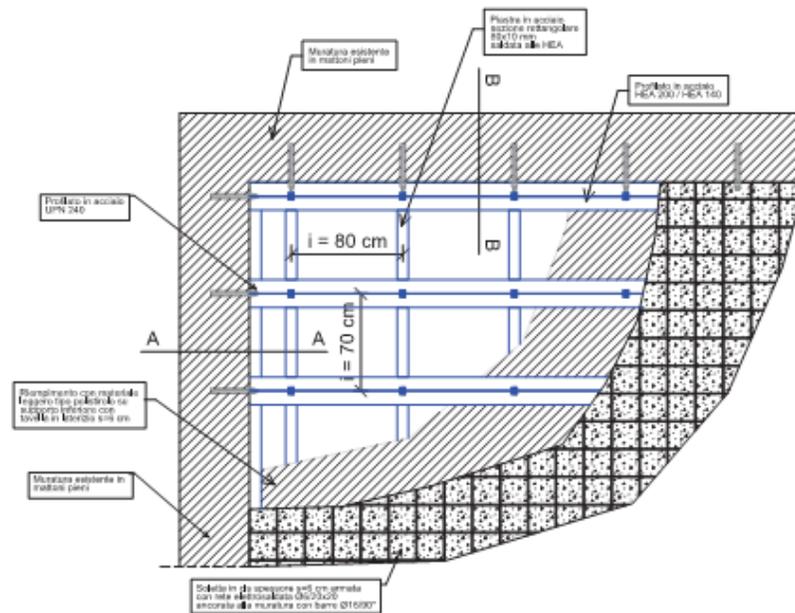




# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

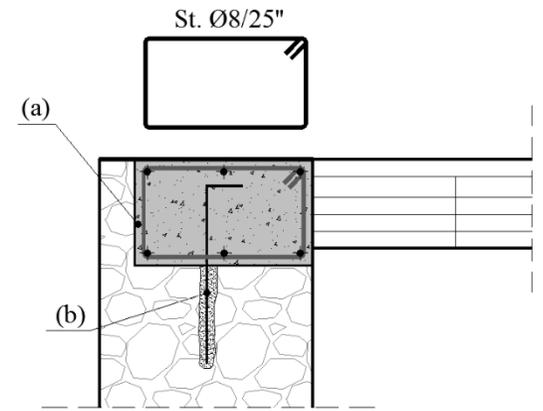
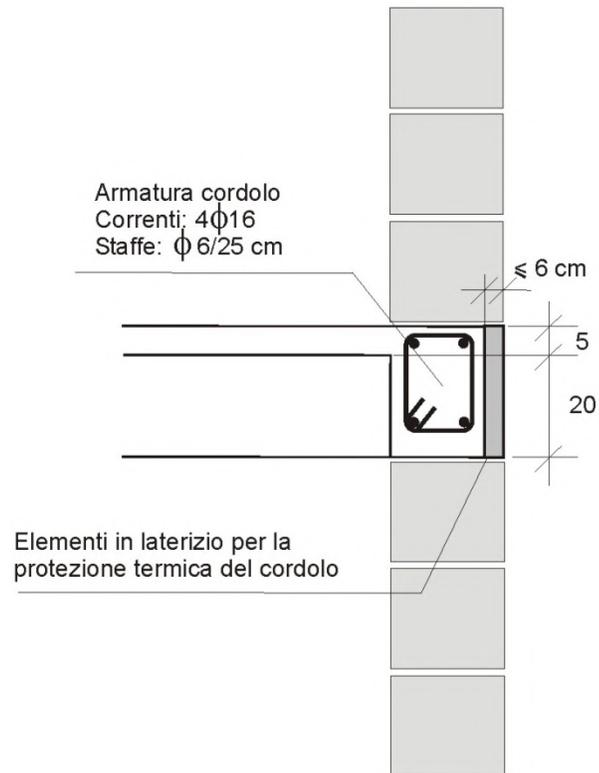
Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: collegamento solaio muratura, inserimento di cordolo (in c.a., acciaio, o composito)



# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO

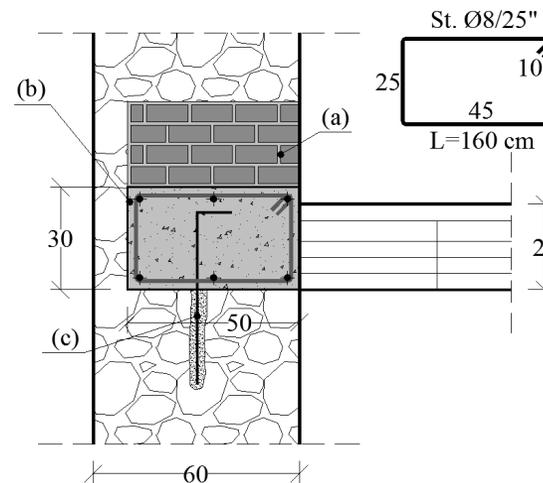
## Meccanismi locali

La connessione può essere anche dovuta all'eventuale presenza di un cordolo di **cemento armato** in testa alle pareti, purché sia stato realizzato con un efficace ammorsamento al muro sottostante.



(a) Mattoni semipieni

(b) Cordolo in c.a.



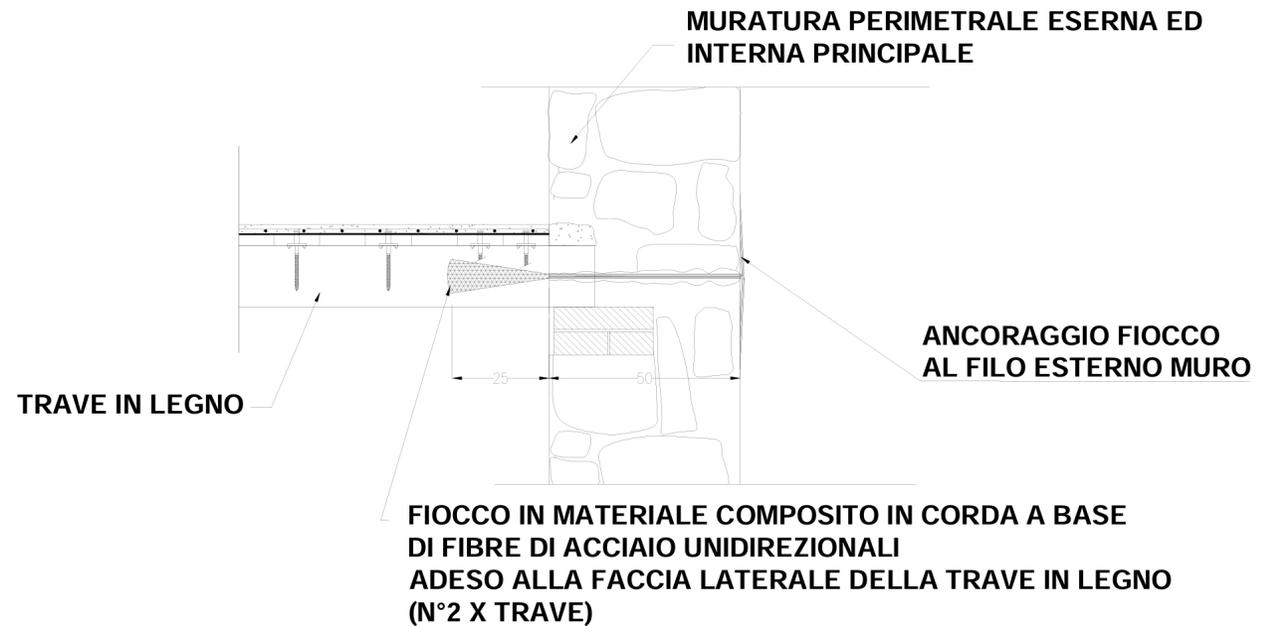
(c) Iniezione armata

# Rinforzo per meccanismi FUORI PIANO



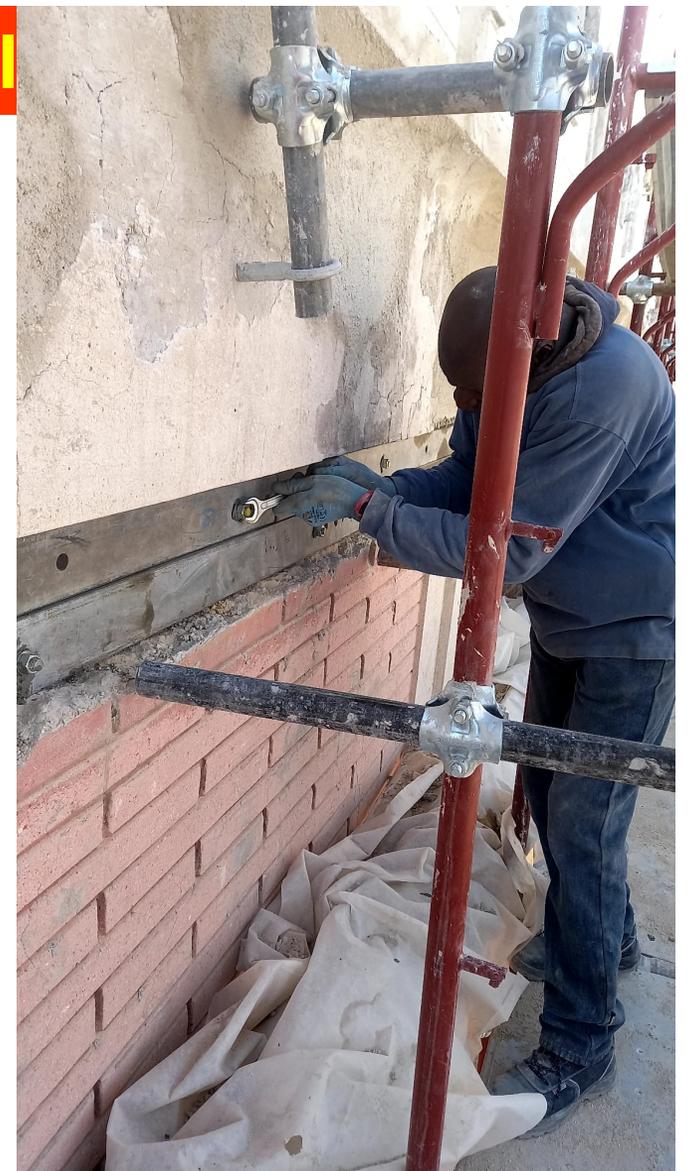
Linee guida per  
Riparazione e rafforzamento  
di elementi strutturali,  
tamponature e partizioni

a cura di  
Mauro Dolce  
Gaetano Manfredi



**Figura 72.** Ancoraggio laterale: soluzione con fiocco in fibra metallica passante

per meccanismi FUORI PI

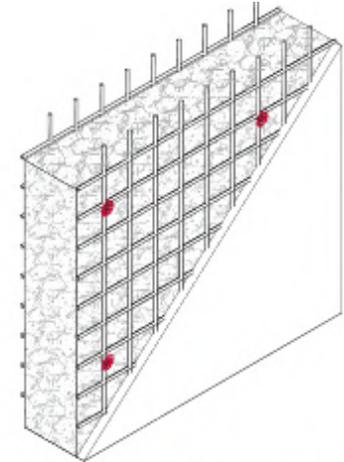
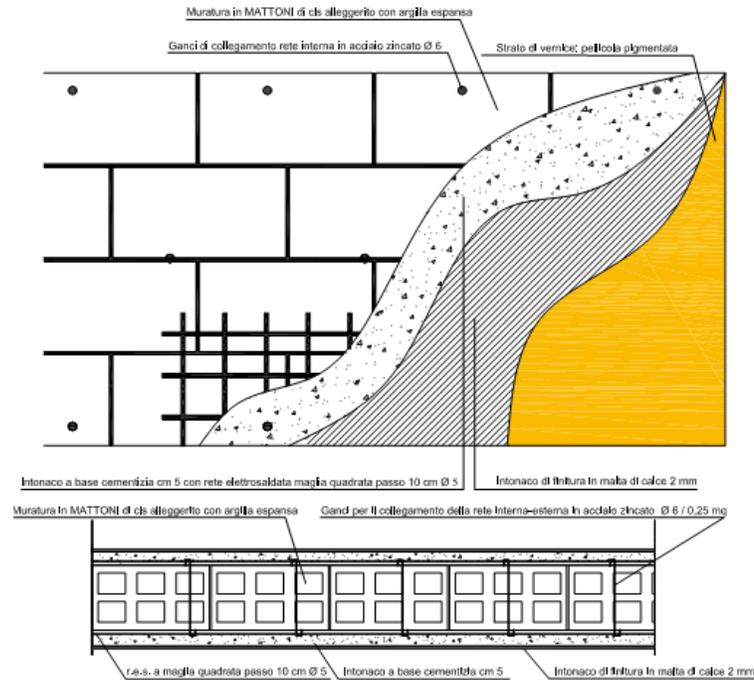
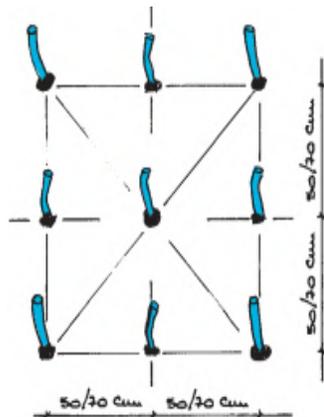


# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA

### Tecniche di rinforzo per evitare lesioni nel piano

1. Intonaco armato (con rete in acciaio o zincato) con sistemi in composito
2. Iniezioni



CONSOLIDAMENTO PARETI SU DUE FACCE  
CON COLLEGAMENTO TRAMITE BARRE  
FILETTATE INSERITE IN PERFORI

# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## 1. Intonaco armato (con rete in acciaio o zincato) con sistemi in composito

C8.5.3.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

NTC 2018; Circolare 21 gennaio 2019

### Consolidamento con intonaco armato

L'effetto di questa tipologia di consolidamento può essere stimato attraverso opportune valutazioni che considerino gli spessori della parete e dell'intonaco armato, oltre che i relativi parametri meccanici.

In assenza di queste è possibile adottare il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, applicabile ai valori sia dei parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau$  o  $f_v$ ), sia dei moduli elastici ( $E$  e  $G$ ).

Tabella C8.5.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei quadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## 1. Intonaco armato (con rete in acciaio o zincato) con sistemi in composito

### C8.5.3.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

Tabella C8.5.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche

I coefficienti migliorativi sono funzione dei seguenti fattori:

- **malta di buone caratteristiche:** il coefficiente indicato in Tabella C8.5.II, diversificato per le varie tipologie, si può applicare sia ai parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ), sia ai moduli elastici ( $E$  e  $G$ );
- **presenza di ricorsi (o listature):** il coefficiente di tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza ( $f$  e  $\tau_0$ ); tale coefficiente ha significato solo per alcune tipologie murarie, in cui si riscontra tale tecnica costruttiva;
- **presenza sistematica di elementi di collegamento trasversale tra i paramenti:** il coefficiente indicato in tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ).

I suddetti coefficienti migliorativi possono essere applicati in combinazione tra loro, in forma moltiplicativa, considerando la concomitanza al più dei due effetti che hanno i coefficienti moltiplicativi più alti.

**...combinazione al max di due effetti**

# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## 1. Intonaco armato (con rete in acciaio o zincato) con sistemi in composito

### C8.5.3.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

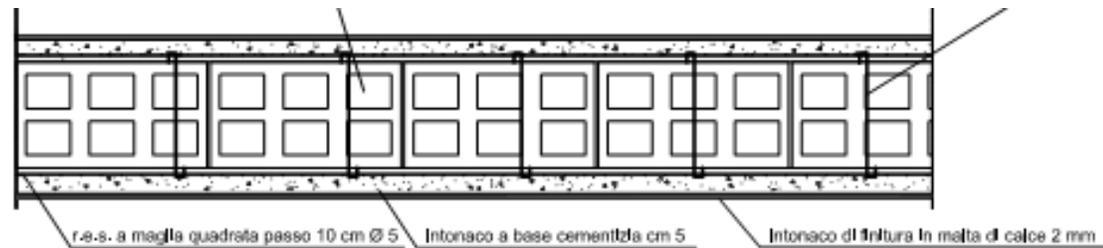
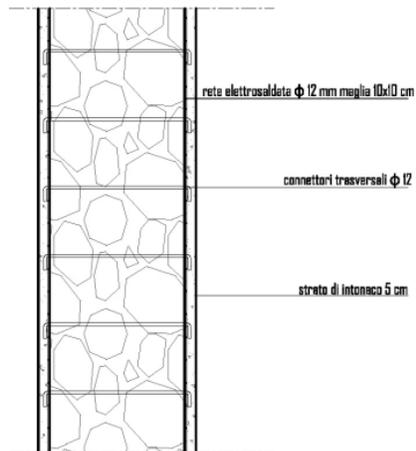
#### *Consolidamento con intonaco armato*

L'effetto di questa tipologia di consolidamento può essere stimato attraverso opportune valutazioni che considerino gli spessori della parete e dell'intonaco armato, oltre che i relativi parametri meccanici.

In assenza di queste è possibile adottare il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, applicabile ai valori sia dei parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau$  o  $f_{v0}$ ), sia dei moduli elastici ( $E$  e  $G$ ).

In tal caso non si applicano i coefficienti relativi alla connessione trasversale della muratura non consolidata e alla ristilatura armata. Si rileva che il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento.

Nell'adozione degli eventuali coefficienti migliorativi si deve tenere conto delle caratteristiche delle malte utilizzate (cementizie o a calce) e delle armature (metalliche o in fibra). Infine, si segnala la necessità di una preventiva verifica che il paramento non evidenzii un'eccessiva disgregazione o presenza di vuoti, tale da rendere inefficace l'accoppiamento con l'intonaco armato; in questi casi è opportuno accoppiare l'intervento con iniezioni.



**...Sono richieste sistematiche connessioni trasversali**

# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

Corrosione rete elettrosaldato intonaco armato



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



**Sistemi in FRCC per rinforzo nel piano**



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



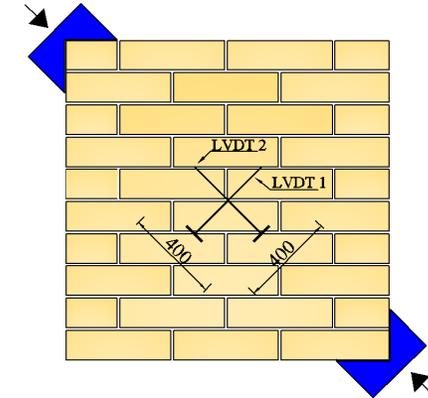
### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo

❖ 83 Pannelli in tufo  
(tufo Napoletano)



❖ 30 Pannelli in mattoni pieni  
(Emilia-Romagna)



❖ 36 Pannelli in muratura disordinata (L'aquila)



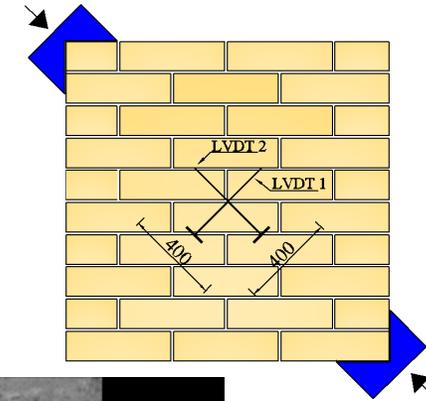
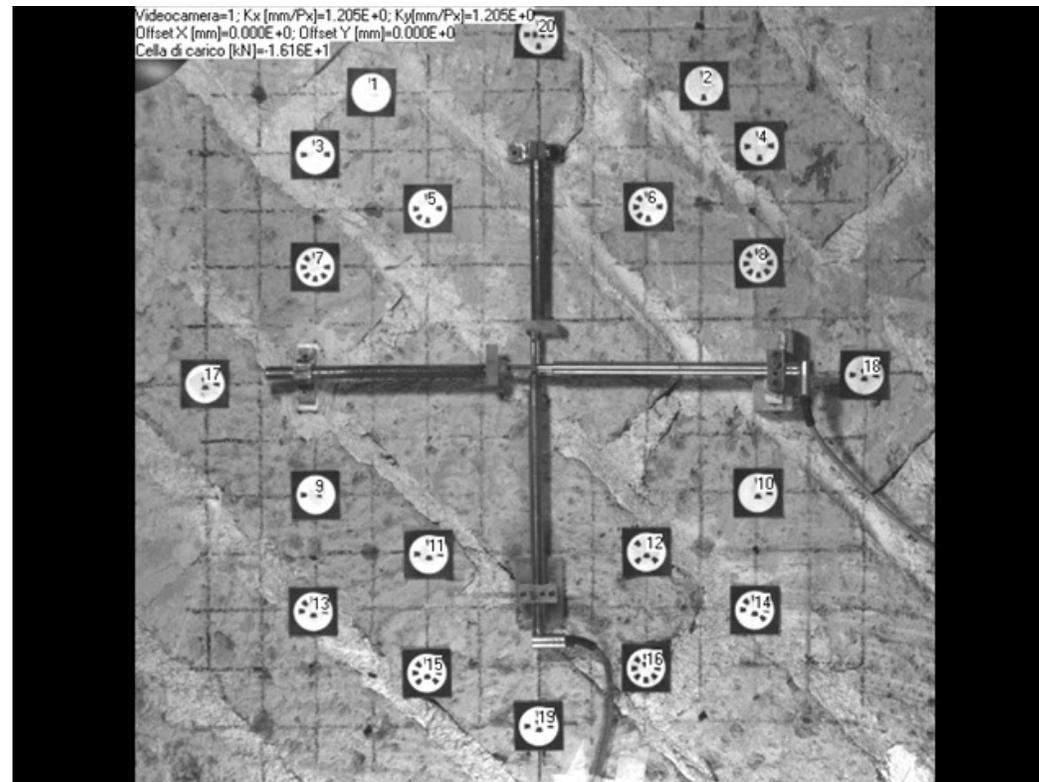
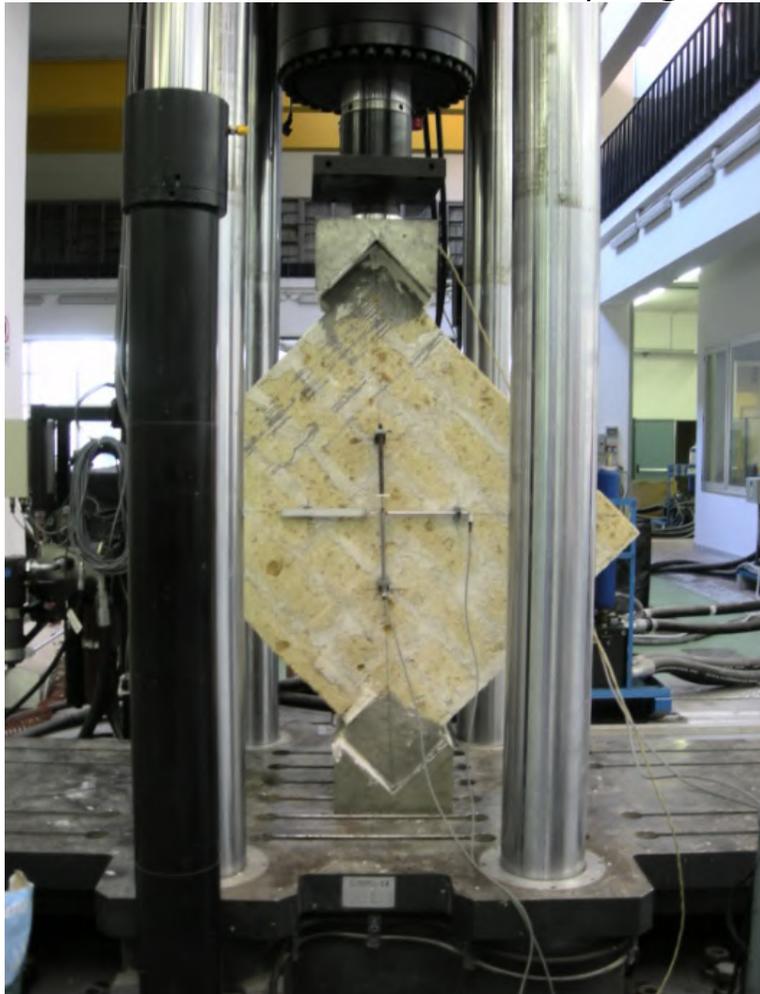
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



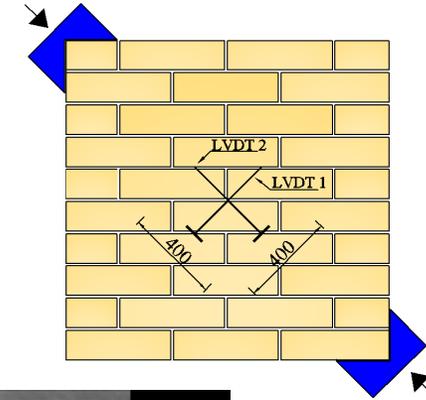
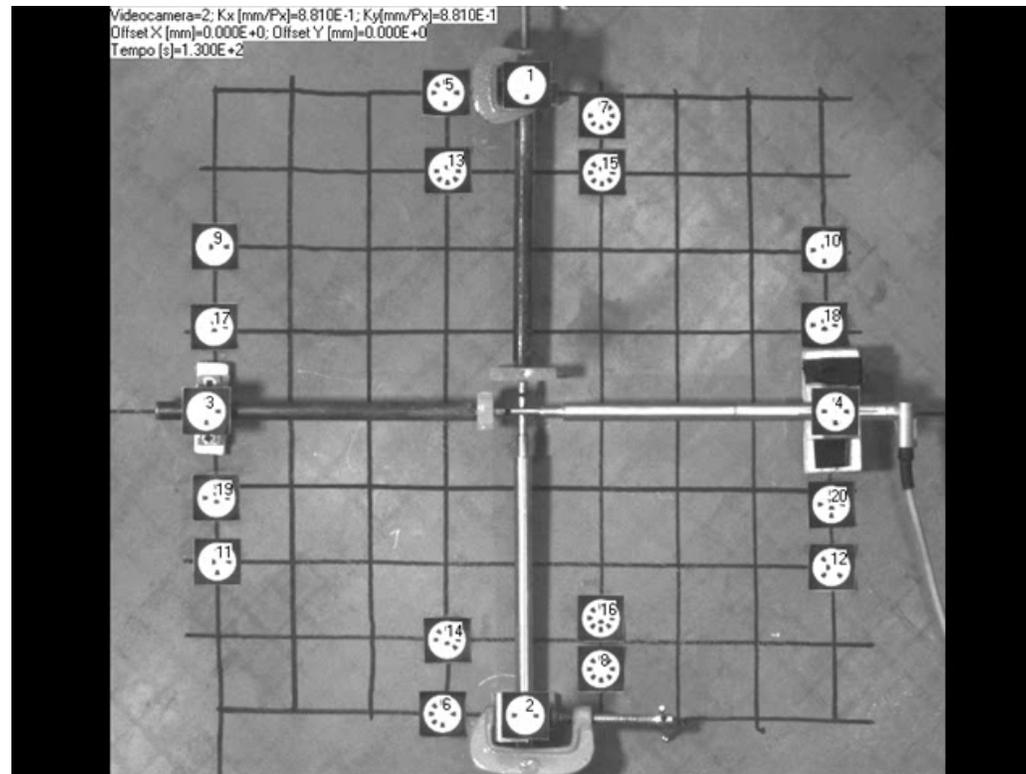
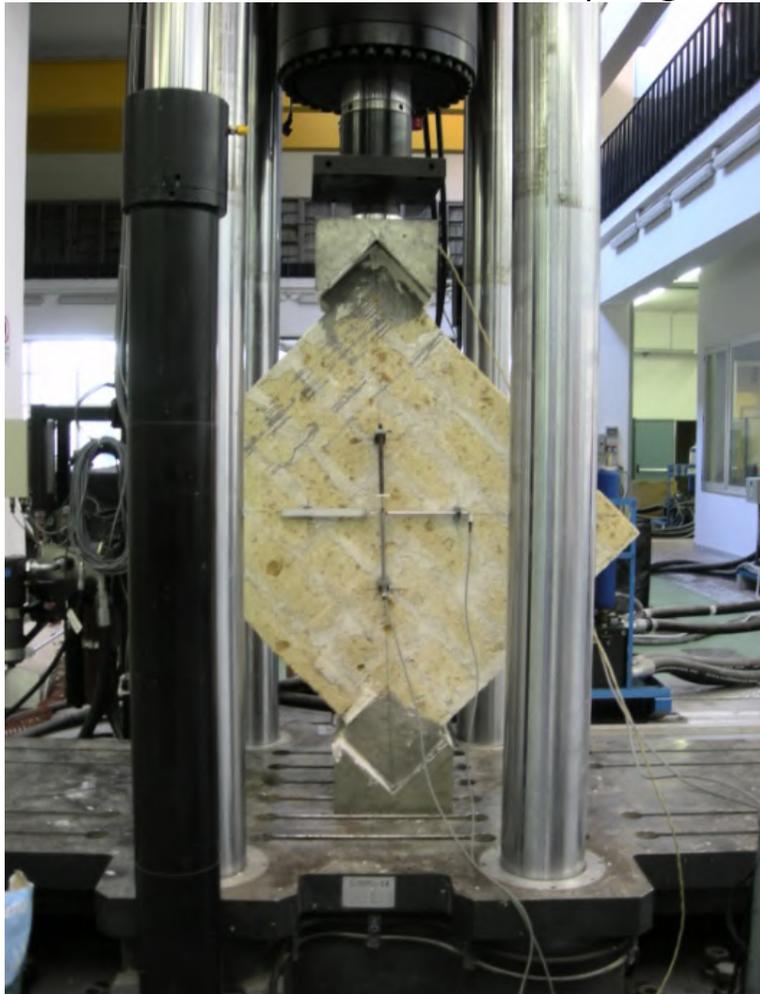
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



## Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



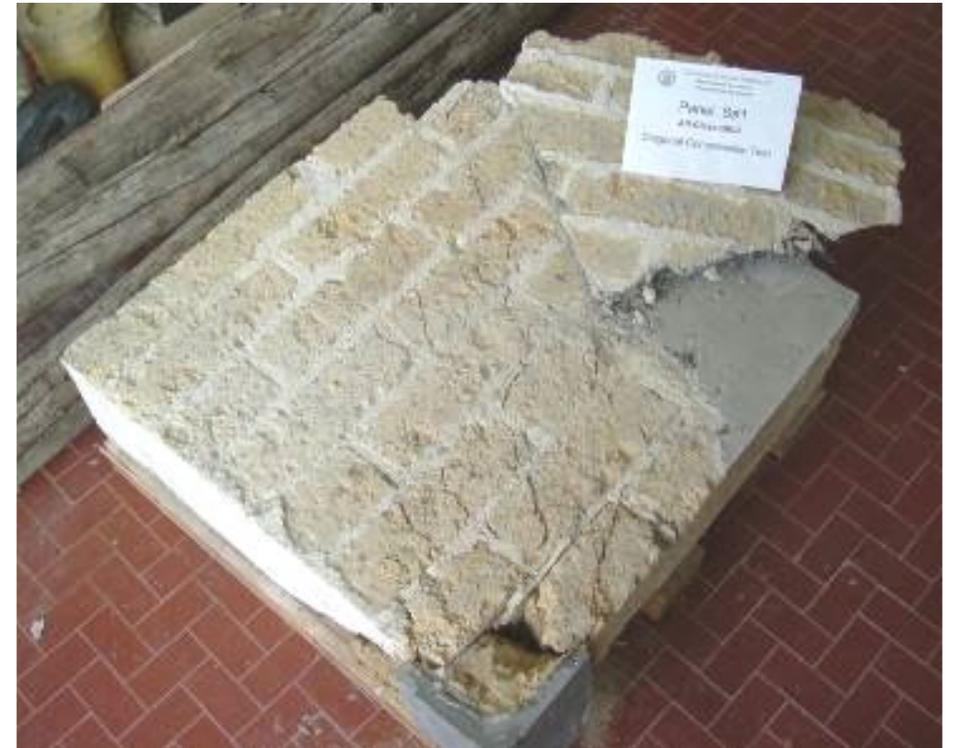
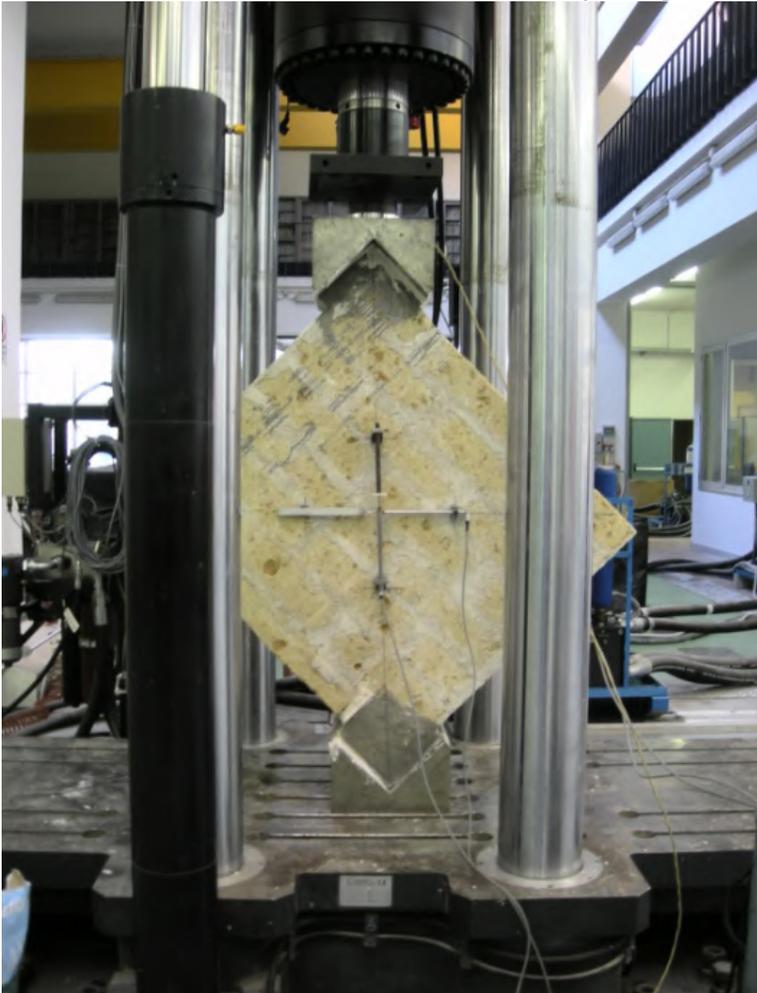
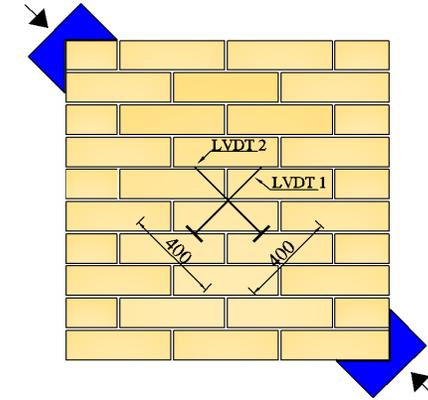
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



## Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



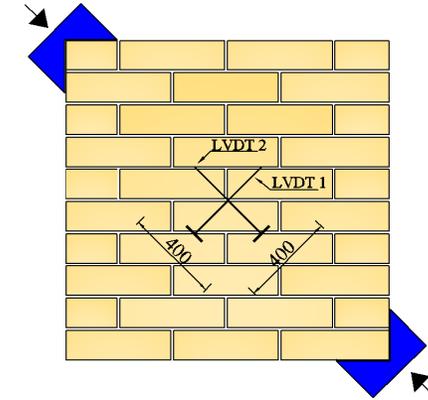
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



- Single-side
- Single-side + anchors
- double-side
- double-side + anchors



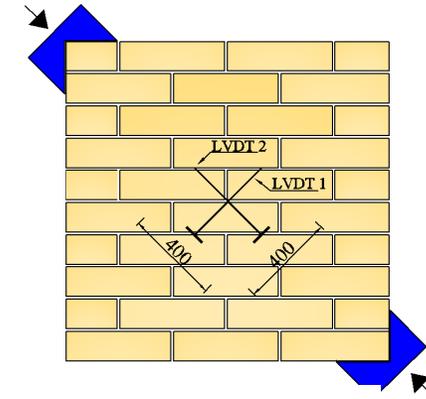
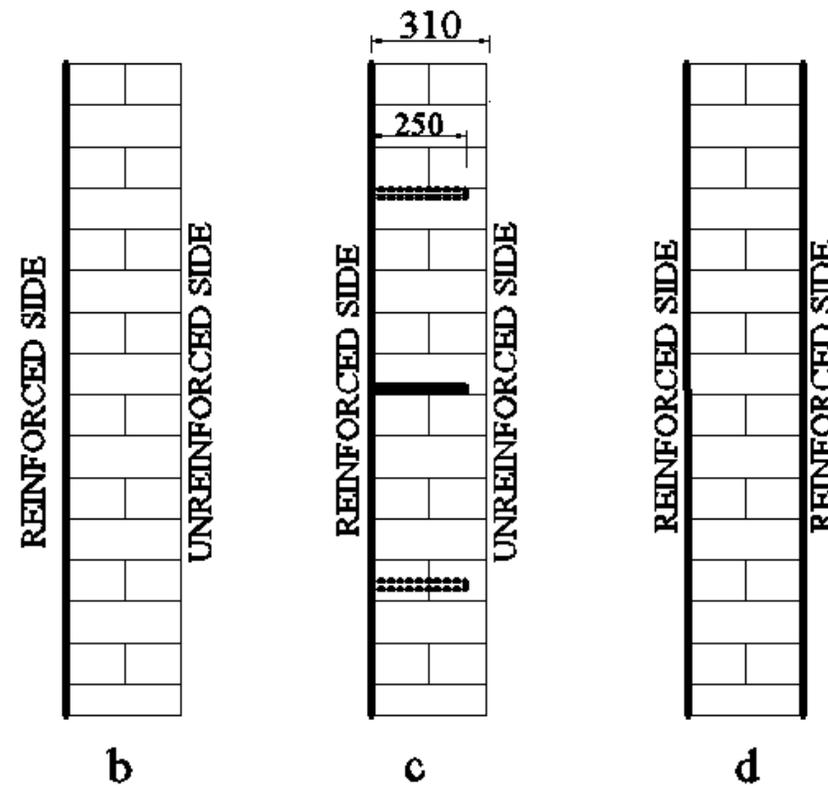
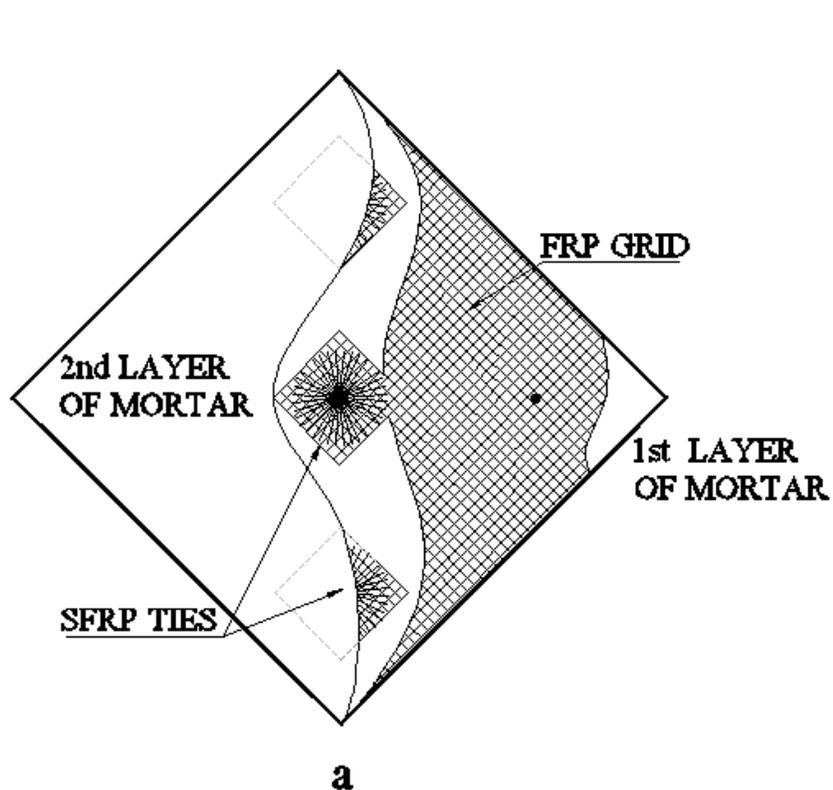
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



## Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## SISTEMA DI RINFORZO - CONNETTORE

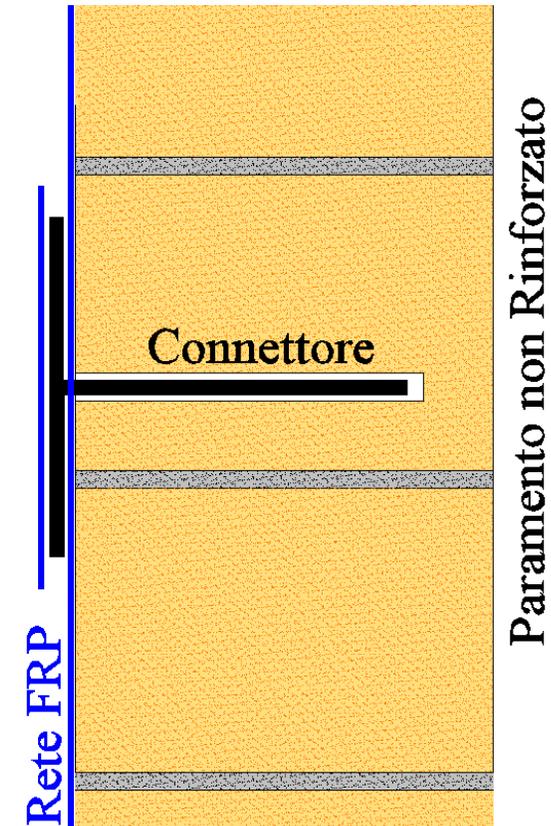
### Corda in Tessuto di Acciaio

Resistenza a Trazione  
2860 Mpa Modulo  
Elastico: 210000 MPa  
Profondità :200 mm  
Foro  $\varnothing$  18 mm



### FASI APPLICATIVE:

- Pulizia del foro
- Applicazione di primer epossidico,
- Inserimento del connettore con sezione equivalente pari a 110 mm<sup>2</sup>



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO



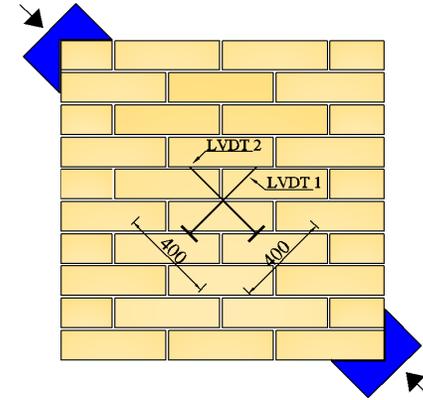
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

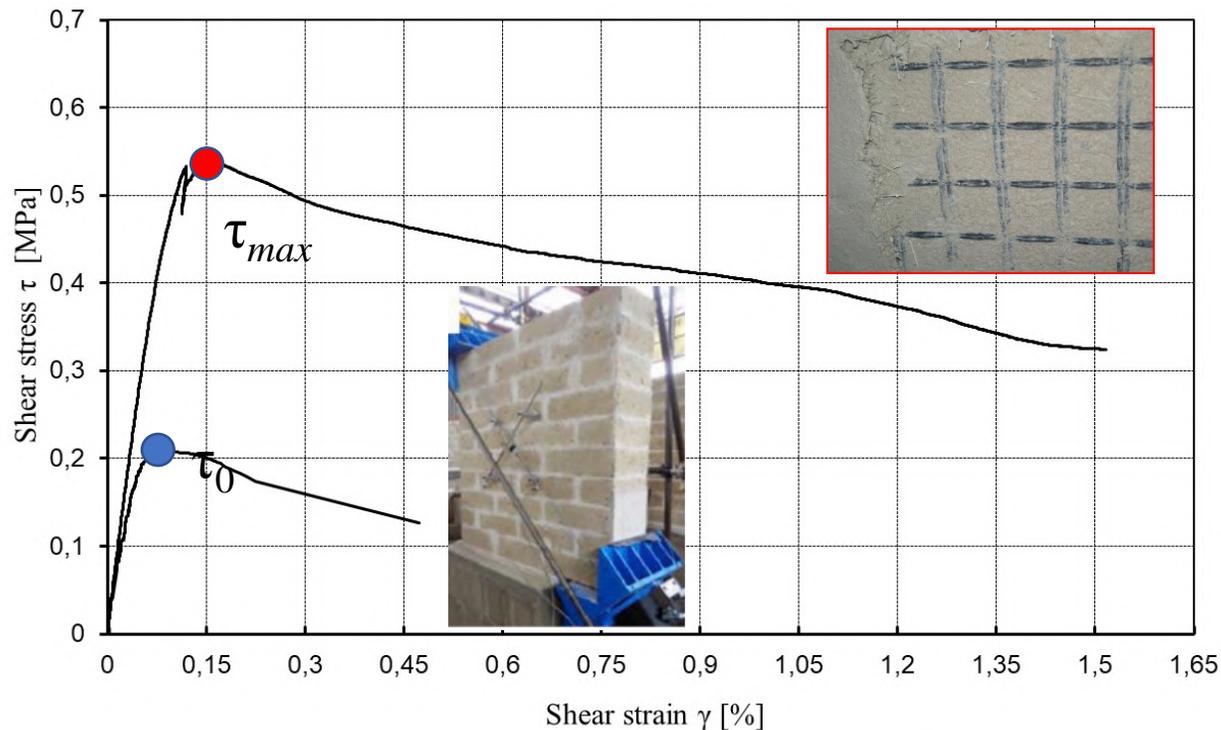


### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



$$\tau_{max}/\tau_0 \quad \text{ASTM E 519} \quad \tau = 0.707 \cdot \frac{P}{A_n}$$



❖  $\tau_{max}$  the experimental peak shear stress computed for the reinforced panel

❖  $\tau_0$  the average experimental peak shear stress of the corresponding URM panels

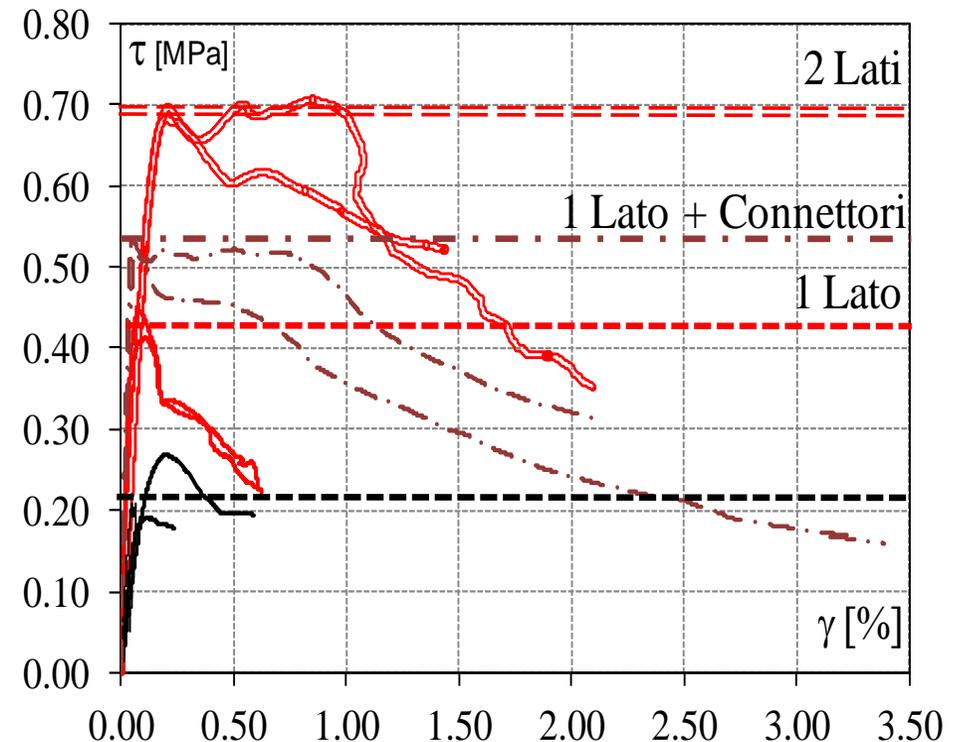
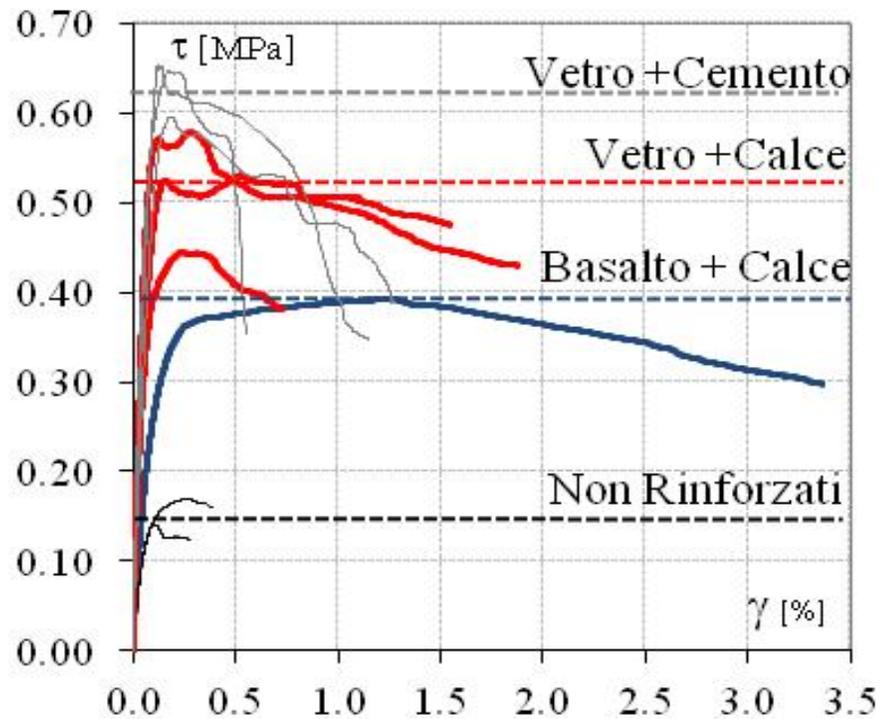
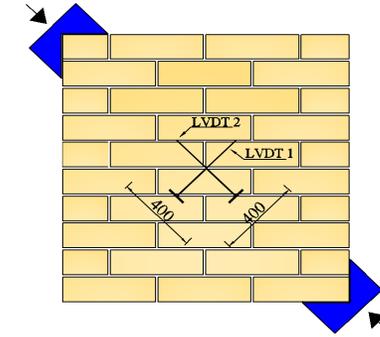
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

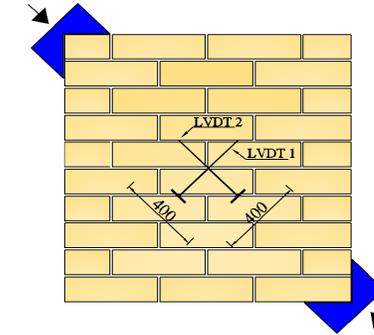
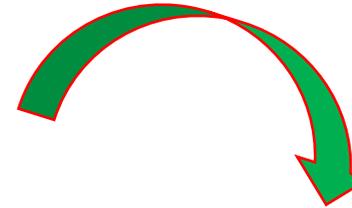


### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo

		1FRCM	1FRCM+anchors	2FRCM	2FRCM+anchors
Solid clay brick	<i>n. tests</i>	13	11	32	38
	mean	1.5	1.7	2.8	1.8
	16° perc.	0.8	0.9	1.7	1.4
Soft rock-coursed	<i>n. tests</i>	14	6	19	14
	mean	1.6	2.2	2.7	2.0
	16° perc.	1.2	1.8	1.8	1.6
Soft rock-uncoursed	<i>n. tests</i>	3	-	3	11
	mean	1.6	-	2.6	3.6
	16° perc.	1.4	-	2.3	2.7
Rubble stone-coursed	<i>n. tests</i>	-	2	-	8
	mean	-	1.5	-	3.0
	16° perc.	-	1.4	-	2.7
Concrete core masonry	<i>n. tests</i>	-	-	-	8
	mean	-	-	-	1.6
	16° perc.	-	-	-	1.5
Concrete block	<i>n. tests</i>	6	-	20	-
	mean	2.0	-	2.5	-
	16° perc.	1.8	-	2.0	-
Hollow clay brick	<i>n. tests</i>	3	-	3	-
	mean	2.1	-	3.5	-
	16° perc.	1.1	-	3.4	-
Insulated concrete	<i>n. tests</i>	-	-	7	-
	mean	-	-	3.7	-
	16° perc.	-	-	3.2	-

Coefficienti correttivi



CNR - Commissione di Studio per la Progettazione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PROGETTAZIONE E L'ANALISI DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

Istruzioni  
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo  
di Interventi di Consolidamento Statico  
mediante l'utilizzo di  
Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica



CNR-DT 215/2018

ROMA - CNR 06/02/2019, versione del 30 giugno 2020

# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

- Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture

## Fibre Reinforced Cementitious Matrix (FRCM)

ALLEGATO A



*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*  
*Servizio Tecnico Centrale*

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di  
accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica  
(FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni  
esistenti*

**Approvato  
Luglio 2018**

Luglio 2018

CNR - Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI  
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni  
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo  
di Interventi di Consolidamento Statico  
mediante l'utilizzo di  
Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica**



**30 giugno 2020**

CNR-DT 215/2018

ROMA - CNR 06.02.2019; versione del 30 giugno 2020



# Rinforzo in FRCM

CNR – Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI  
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni  
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo  
di Interventi di Consolidamento Statico  
mediante l'utilizzo di  
Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica**



CNR-DT 215/2018

ROMA – CNR 06.02.2019; versione del 30 giugno 2020

Tipo di muratura	Coefficiente correttivo	$\bar{q}_{u,f}$ (N/mm)
Muratura di pietrame disordinato (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.5	44.60
Muratura a conci sbazzati con paramenti di spessore disomogeneo	1.5	44.60
Muratura di pietre a spacco con buona tessitura	2.0	32.20
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	2.0	44.60
Muratura a blocchi lapidei squadri	1.2	44.60
Muratura di mattoni pieni e malta di calce	1.7	24.50
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia	1.3	44.60

Tabella 4.1 - Coefficienti correttivi delle proprietà meccaniche della muratura rinforzata.

- In maniera semplificata, il calcolo della capacità della muratura rinforzata può essere effettuato incrementando forfettariamente, mediante opportuni coefficienti moltiplicativi, il parametro tensionale della resistenza media a taglio della muratura non rinforzata in assenza di tensioni normali.
- Tali coefficienti amplificativi, utilizzabili solo per spessori di muratura non superiori a 400 mm, nel caso di rinforzi disposti simmetricamente sull'intera superficie delle due facce delle pareti e soddisfacenti la limitazione  $\sigma_{u,f} t_f \geq q_{u,f}$  sono esposti nella Tabella 4.1.

Nei casi in cui tali riduzioni comportino dei coefficienti correttivi prossimi all'unità, incrementi superiori possono essere conseguiti con l'utilizzo della (4.1a)



# Rinforzo in FRCM

- Se il sistema di rinforzo FRCM è applicato su una sola faccia del pannello è obbligatorio adotta-

38

CNR-DT 215/2018

re connettori di lunghezza tale da penetrare all'interno dello strato più esterno del paramento non rinforzato (Figura 6.1).

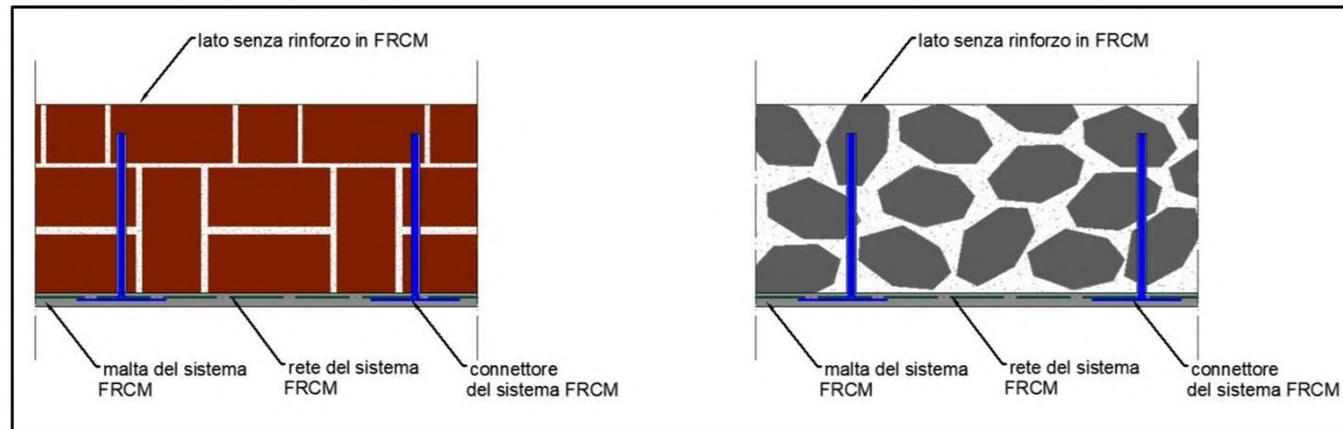


Figura 6.1 - Connettori che penetrano all'interno del primo strato di pietra del paramento non rinforzato.

- Nel caso di rinforzo su due facce di murature a sacco o con paramenti scollegati è obbligatorio che i connettori siano passanti.

# Rinforzo in FRCM

- Nel caso di rinforzo di pannelli di spessore  $t \leq 400$  mm con FRCM e con l'impiego di connettori si suggerisce un interasse tra questi ultimi  $i \geq 3t$  e comunque non superiore a 1600 mm; in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari si suggerisce una lunghezza dei connettori  $l = 3t$ .
- Nel caso di rinforzo di pannelli di spessore  $t > 400$  mm si suggerisce un interasse  $i \geq 2t$  e comunque non superiore a 2000 mm; in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari si suggerisce una lunghezza dei connettori  $l = 3t$  disposti a quinconce (Figura 6.2).

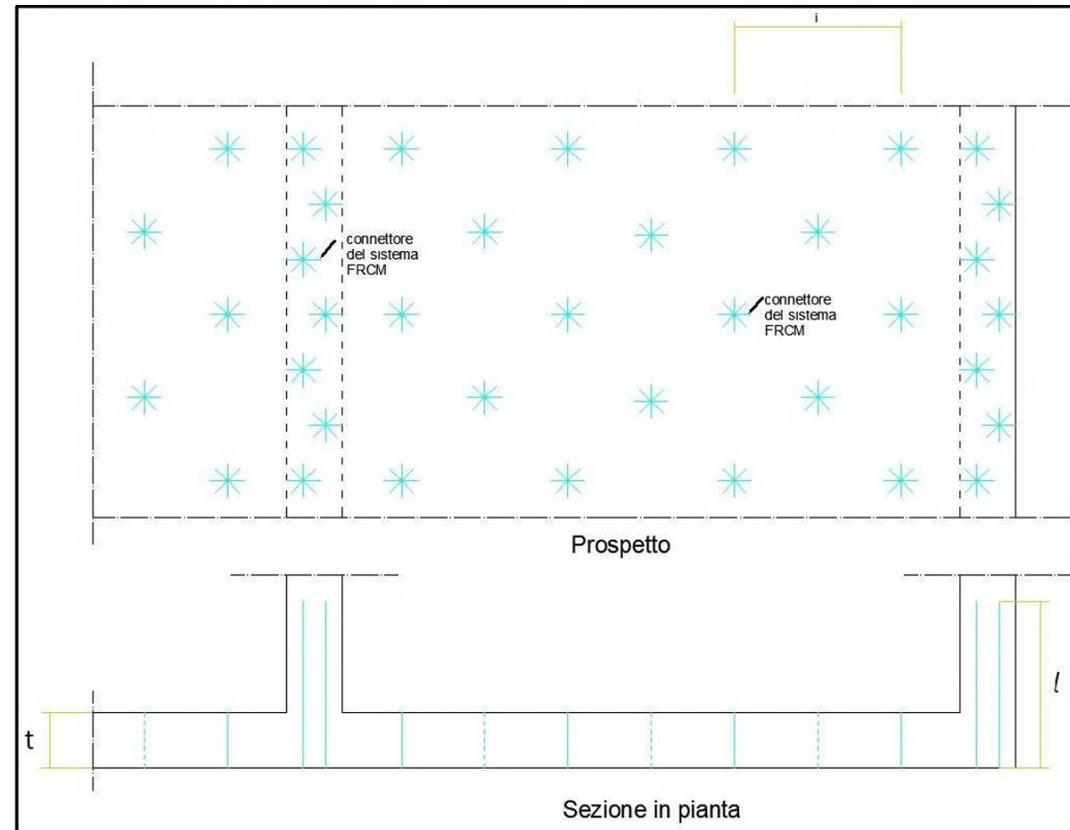


Figura 6.2 – Disposizione dei connettori passanti in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari.

## CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI  
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

### Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica



CNR-DT 215/2018

ROMA – CNR 06.02.2019; versione del 30 giugno 2020

### 4.1.1 Capacità a taglio

Allo scopo di incrementare la portanza a taglio di pareti sollecitate nel proprio piano, si può prevedere l'applicazione di rinforzi FRCM disposti preferibilmente in modo simmetrico sulle due facce, ed estesi solitamente all'intera loro superficie con le fibre preferibilmente dirette nelle direzioni verticale e orizzontale. Ai fini del progetto del rinforzo a taglio si considera l'area delle fibre disposte parallelamente alla forza di taglio; in ogni caso, per garantire l'efficacia di tale rinforzo, anche a seguito di fessurazione, è consigliabile prevedere anche fibre disposte ortogonalmente.

La resistenza a taglio della parete rinforzata ( $V_{t,R}$ ) è calcolata come somma del contributo della muratura non rinforzata ( $V_t$ ), valutato in accordo con la Normativa vigente per le pareti non rinforzate che vanno in crisi per taglio trazione, e di quello del rinforzo ( $V_{t,f}$ ).

Quest'ultimo è valutato con la relazione seguente:

$$V_{t,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot n_f \cdot t_{VF} \cdot \ell_f \cdot \alpha_t \cdot \varepsilon_{fd} \cdot E_f \quad (4.1a)$$

dove:

- $\gamma_{Rd}$  è un fattore parziale di modello cui si attribuisce valore 2, allo stato delle attuali conoscenze;
- $n_f$  è il numero totale degli strati di rinforzo disposti sulle facce della parete;
- $t_{VF}$  è lo spessore equivalente di uno strato di rete con fibre disposte in direzione parallela alla forza di taglio;
- $\ell_f$  è la dimensione di calcolo del rinforzo misurata ortogonalmente alla forza di taglio, ed in ogni caso non può essere assunta superiore alla dimensione  $H$  della parete (Figura 4.1).

# Rinforzo in FRCCM

## 4.3 REALIZZAZIONE DI CORDOLI SOMMITALI

Tra le tecniche di rinforzo delle strutture murarie sono da annoverare i cordoli sommitali realizzati con muratura armata mediante sistemi FRCCM Essi sono applicati sulla superficie orizzontale in corrispondenza dei giunti di malta tra i filari degli elementi lapidei o di laterizio (Figure 2.7 e 2.8). Il tessuto FRCCM è disposto in più strati allo scopo di fornire resistenza a trazione e a flessione del cordolo, senza variazione significativa della rigidità della muratura. Il cordolo, in generale, è realizzato per tutto lo spessore della muratura e il sistema di rinforzo FRCCM è applicato per il medesimo spessore.

La resistenza a trazione del cordolo di altezza  $H$  e larghezza  $b$  può essere stimata come segue:

$$N_{t,Rd} = n_f \cdot t_f \cdot b_f \cdot \alpha \cdot \varepsilon_{fd} \cdot E_f \quad (4.5)$$

dove:

- $n_f$  : è il numero degli strati di rinforzo disposti nel cordolo;
- $b_f$  : è la larghezza della sistema FRCCM disposto nel giunto di malta, pari alla larghezza del cordolo;
- $\varepsilon_{fd} \cdot E_f = \sigma_{fd}$ .

Il prodotto:  $n_f \cdot t_f \cdot b_f$  è l'area della sezione equivalente del rinforzo disposto nel cordolo. Il valore della  $\varepsilon_{fd}$  è ricavato dalla  $\varepsilon_{lim,conv}^{(a)}$  per il tramite della (3.1), tenendo bene in conto le prescrizioni sullo ancoraggio (§6), già evidenziate nei precedenti paragrafi.

La resistenza a trazione del cordolo può essere messa in conto nella verifica dei meccanismi locali di collasso a condizione che, in corrispondenza degli incroci o degli angoli fra le pareti, venga osservata una sovrapposizione del tessuto di rinforzo pari a tutto lo spessore del cordolo e comunque non inferiore a 300 mm, adottando, ove possibile, soluzioni di ancoraggio la cui efficacia sia supportata da idonee campagne sperimentali (§ 9). Inoltre, il trasferimento dello sforzo di trazione del cordolo alla muratura sottostante deve essere garantito per mezzo di idonee impernature verticali.

La resistenza a flessione del cordolo in muratura armata con sistemi FRCCM per azioni fuori dal piano o nel piano della parete, può essere stimata assumendo le medesime ipotesi richiamate al §4.2.

Ai fini della verifica, quindi, la condizione limite si ottiene o per raggiungimento della deformazione di progetto ( $\varepsilon_{fd}$ ) del rinforzo FRCCM o per raggiungimento della deformazione ultima ( $\varepsilon_{mu}$ ) della muratura a compressione in direzione orizzontale. Una volta individuata la posizione della fibra neutra mediante l'equazione di equilibrio alla traslazione in direzione ortogonale alla sezione retta, particolarizzata alla pertinente regione di rottura, è agevole calcolare, sulla base delle ipotesi sopra richiamate, la resistenza a flessione del cordolo.

## 4.4 CONFINAMENTO DI COLONNE DI MURATURA SOLLECITATE A COMPRESSIONE CENTRATA

Diğer



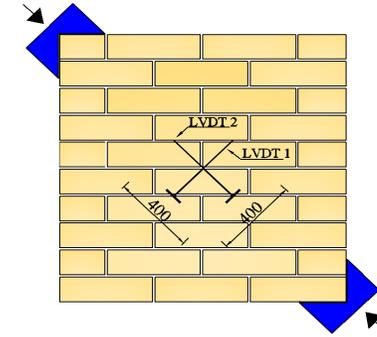
# Rinforzo per meccanismi NEL PIANO

## ➤ Utilizzo di materiali compositi per il rinforzo sismico delle strutture



### Validazione Sperimentale DiSt

Sono stati eseguiti diversi test su pannelli in muratura variando la tipologia muraria e di rinforzo



### Composite Reinforced Mortar (CRM) Spessore rinforzo > 30mm



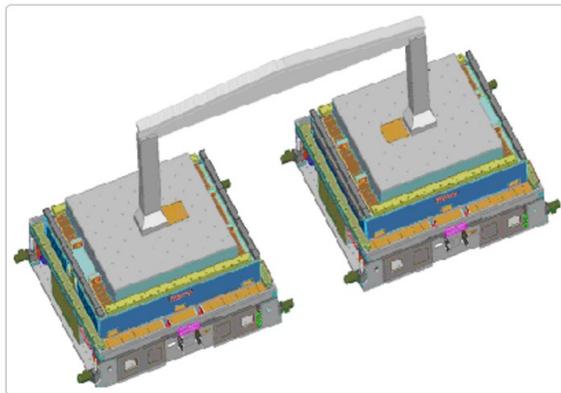
### Fibre Reinforced Mortar (i.e. FRM) Fibre + malta senza griglia



# Validazione Sperimentale

Prove pseudo statiche e dinamiche su tavola vibrante

Validazione  
Sperimentale DiSt



**Due tavole vibranti**

**Dimensioni: 3x3 m**

**2 gradi di liberta in direzione orizzontale**

**Massimo carico: 200 kN**

**Accelerazione massima: 1g**

**Velocità massima: 1m/sec**

**Spostamento totale: 500 mm ( $\pm 250$  mm)**

# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA

Prove pseudo statiche e dinamiche su tavola vibrante

Intervento di rinforzo: Chiodature e Fibre Reinforced Cementitious Matrix (FRCM):  
Validazione mediante prove su tavola vibrante su edificio in scala 1:2



stress



metrics

Dimensioni: B= 270 cm L=270 cm H=250 cm t= 20 cm

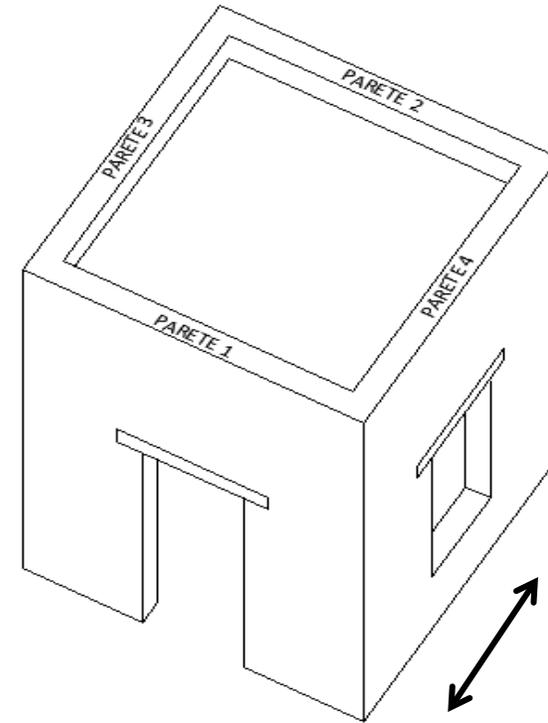
# Validazione Sperimentale

Prove pseudo statiche e dinamiche su tavola vibrante

Edificio ad un piano **in scala 1:2**

Muratura di tufo napoletano a malta a base di calce caratteristiche meccaniche scadenti

**Dimensioni:** B= 270 cm L=270 cm H=250 cm t= 20 cm



**Monodirectional  
motion**

# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA

**Prove pseudo statiche e dinamiche su tavola vibrante**

**Intervento di rinforzo: Chiodature e Fibre Reinforced Cementitious Matrix (FRCM):  
Validazione mediante prove su tavola vibrante su edificio in scala 1:2**

**Input terremoto L'Aquila(AQV\_Est) S.F.= 125% PGA=0,8 g**

# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA





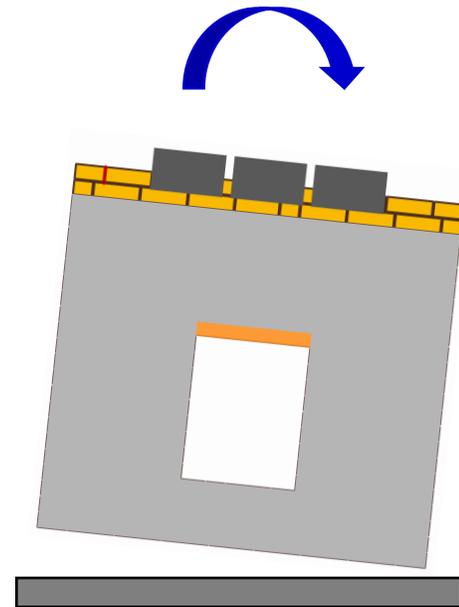
# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA

Fibre Reinforced Cementitious Matrix (FRCM):

Validazione mediante prove su tavola vibrante su edificio in scala 1:2

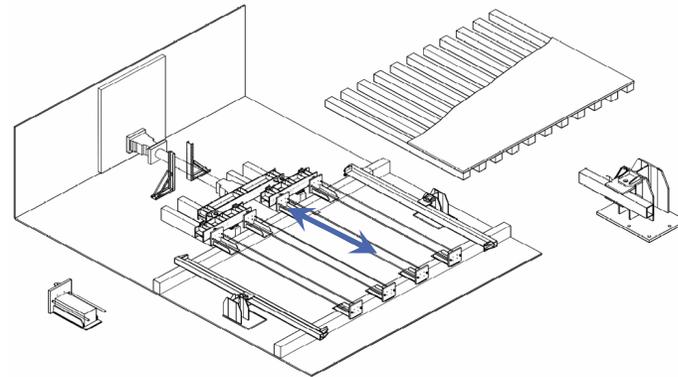
Input terremoto L'Aquila (AQV\_Est) S.F.= 200% PGA=1,3 g

Meccanismo di  
rocking senza danno

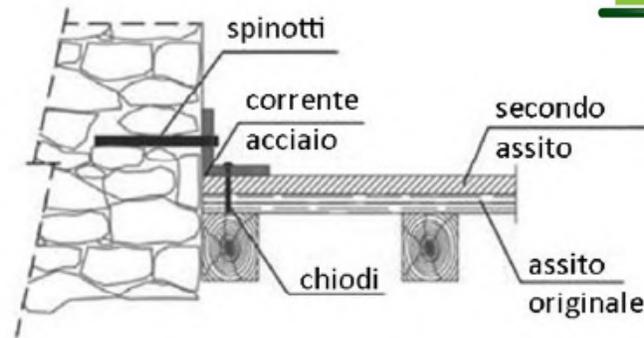


# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Solai lignei

Aumento della rigidità nel piano degli orizzontamenti e collegamento alle murature



 UNITN – M. Piazza



 UNIBS – G. Metelli

Tavolato semplice



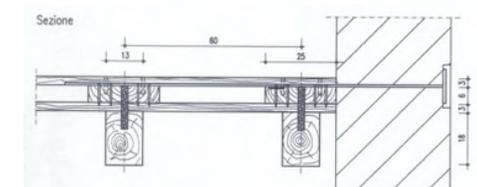
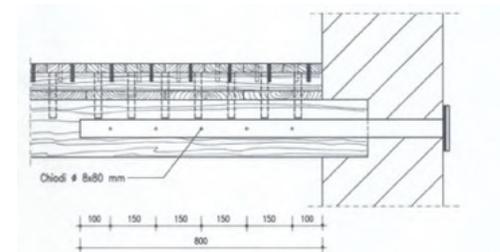
Tavolato doppio



Bandelle metalliche/CFRP

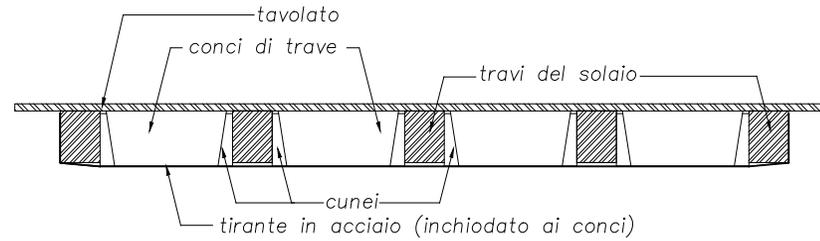


Compensato (3 strati)



UNIPD – C. Modena, M.R. Valluzzi

# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Solai lignei



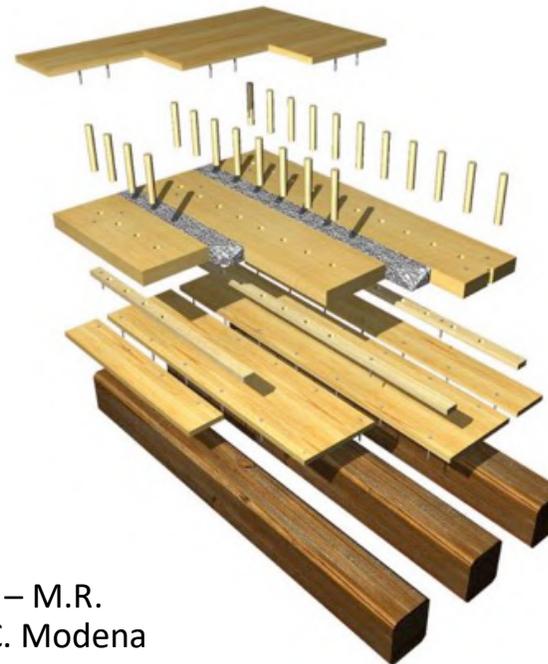
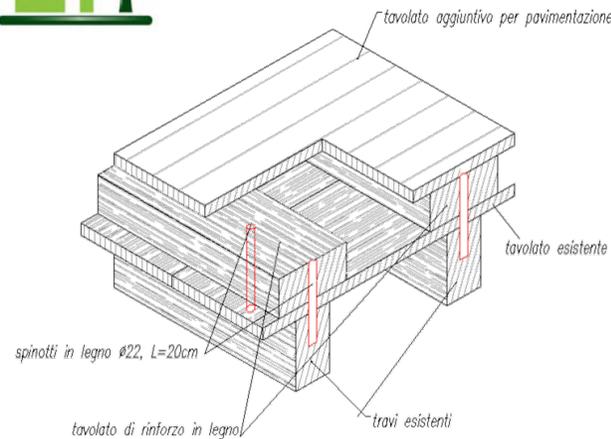
Inserimento concii lignei e tiranti metallici all'intradosso



Consolidamento tavolato esistente, posa in opera dei tavoloni irrigidenti



Soluzioni alternative con rinforzi extra/intradossali e integrazione impiantistica



Conservazione intradosso



Collegamento impiantistica



UNIPD – M.R. Valluzzi, C. Modena

# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Coperture



- Controventamento con tavolato e nastri forati
- Irrigidimento orditura secondaria con tavoloni fissati con viti
- Ancoraggi alle murature

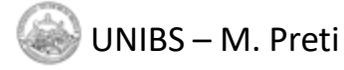
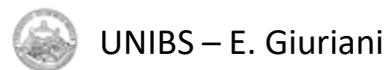
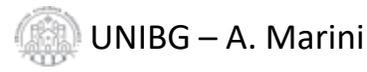
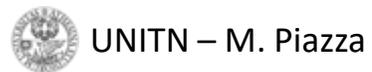
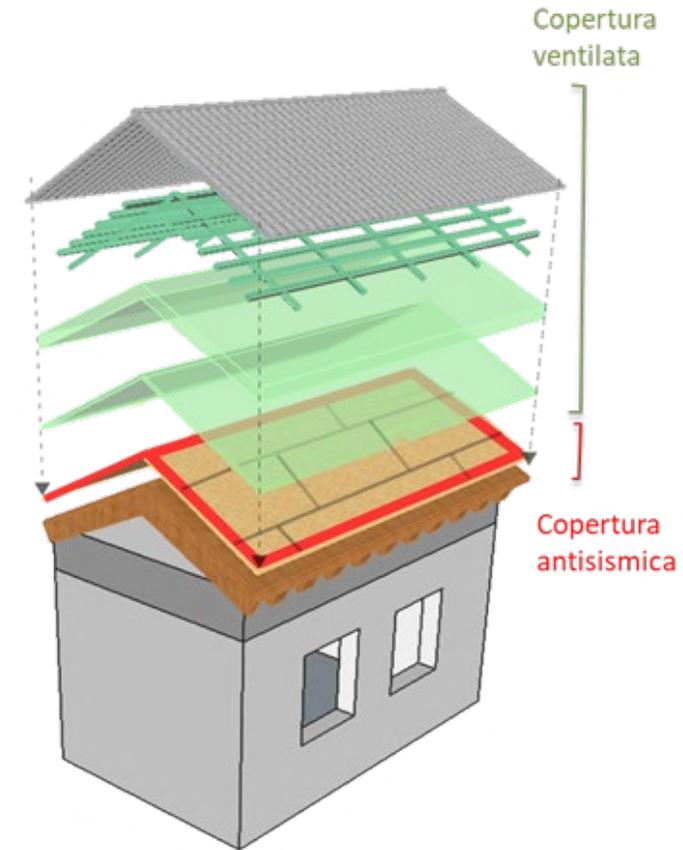
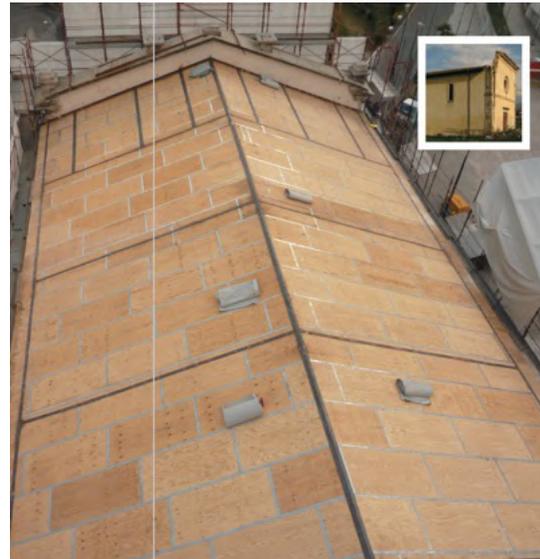
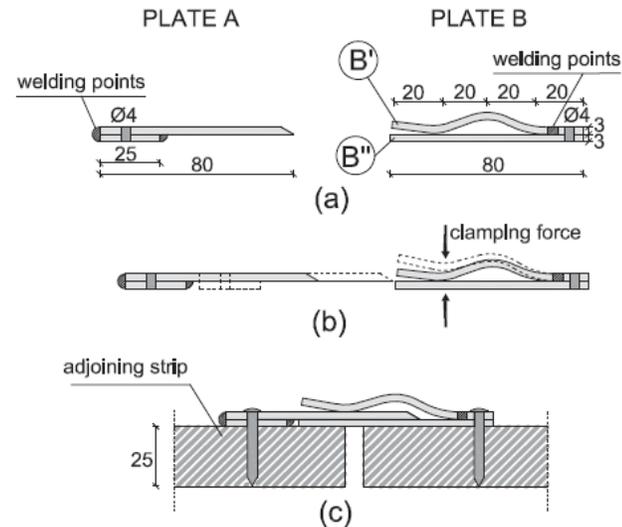


UNIPD – C. Modena



# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: Coperture

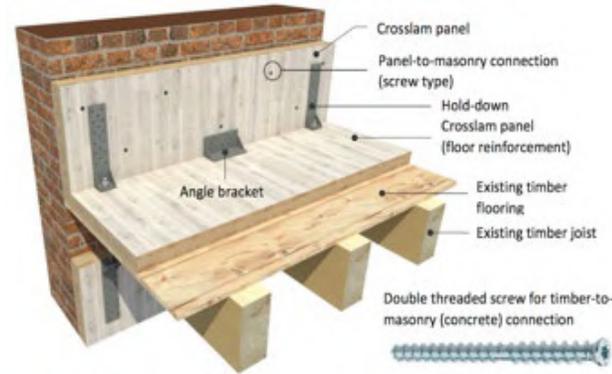
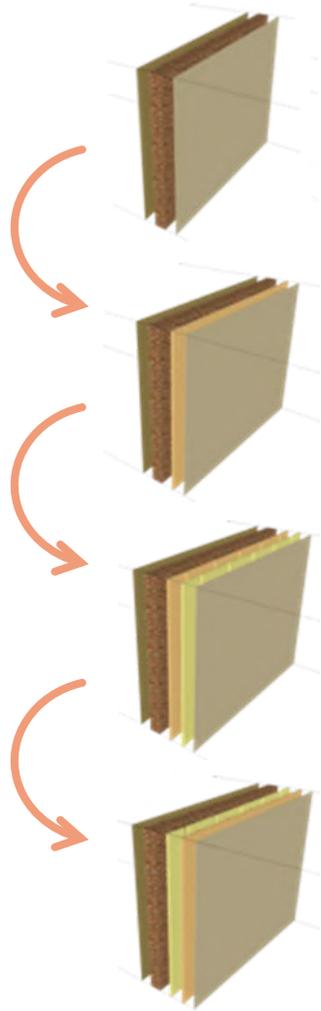
Coperture scatolari, integrazione con tetto ventilato ed eventuali dispositivi dissipativi



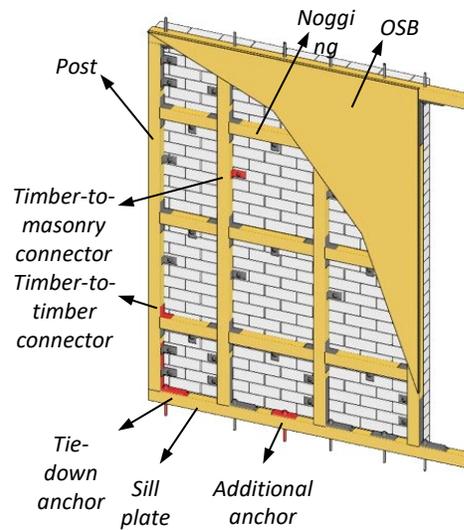
# Tecniche d'intervento e sperimentazioni: rinforzi lignei



Giongo e Piazza, 2022



Miglioramento sismico ed efficientamento energetico con pannelli CLT e OSB



Guerrini e Graziotti, 2022

## Alcune considerazioni conclusive

- Spesso la modellazione globale è arbitraria e poco attendibile, a volte è impossibile il rilievo completa e la conoscenza completa (diverse proprietà, costi, vincoli di tutela, ect.)
- Problematica edifici in aggregato
- Casistiche di valutazione e intervento
  - edificio che è stato interessato da un terremoto
  - edificio su cui si interviene in tempo di pace
  - intervento su singola unità immobiliare per ristrutturazione

Qualunque sia la casistica, l'auspicio è che la comunità tecnica informi i proprietari sulla necessità di effettuare interventi progettati con una logica antisismica evitando di indebolire l'edificio per motivi funzionali (es. apertura ampi vani specie in muri portanti a piano terra, etc.)