Bologna 18 maggio 2017

Sismabonus ed emanazione delle linee guida per la classificazione del rischio sismico.

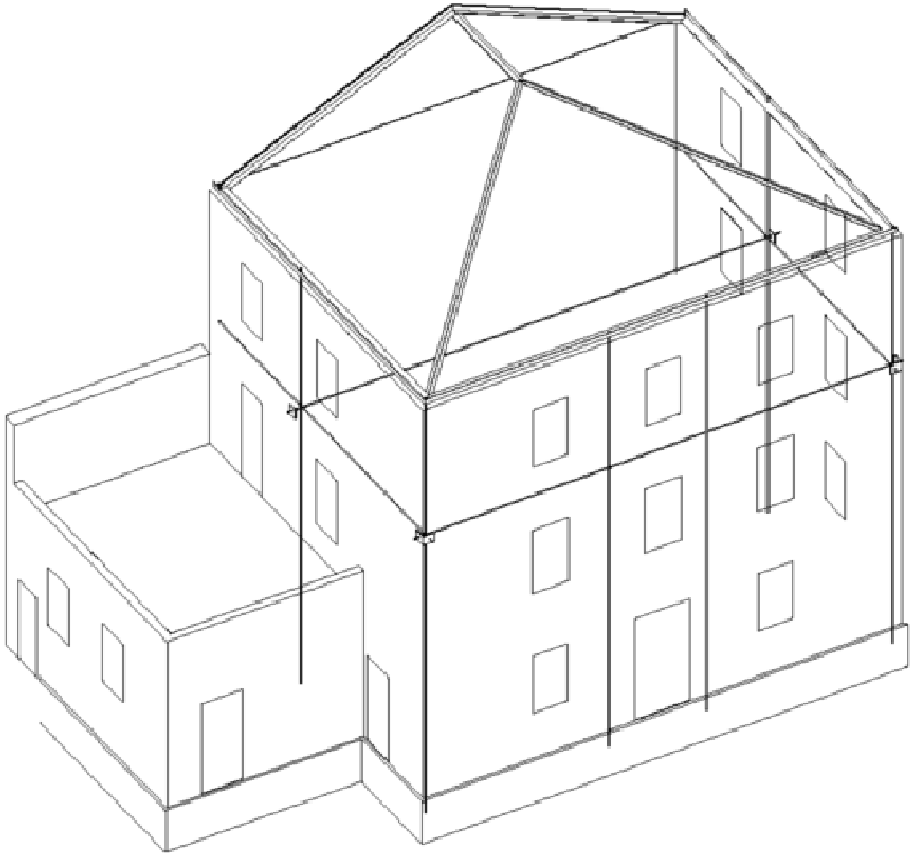
Interventi di attenuazione del rischio, interventi su edifici con vincolo monumentale

I°caso

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI



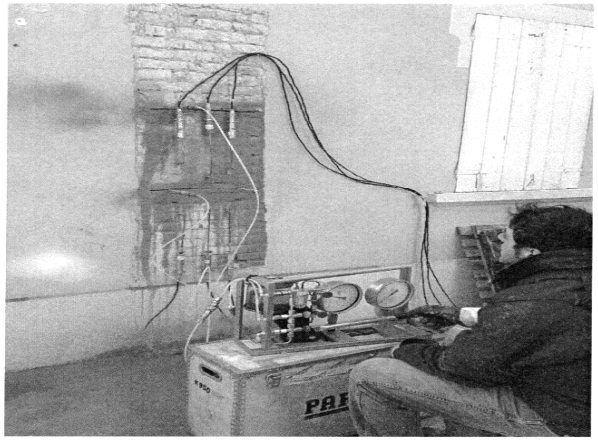
Accelerazione al suolo	0,153g
Classe d'uso	II°
Categoria terreno	C

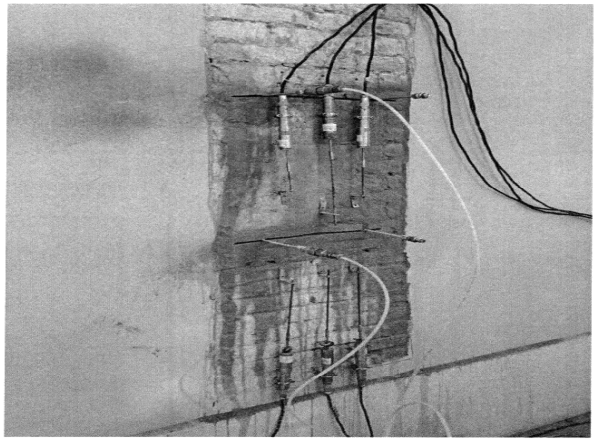
Interventi eseguiti nell'anno 2011:

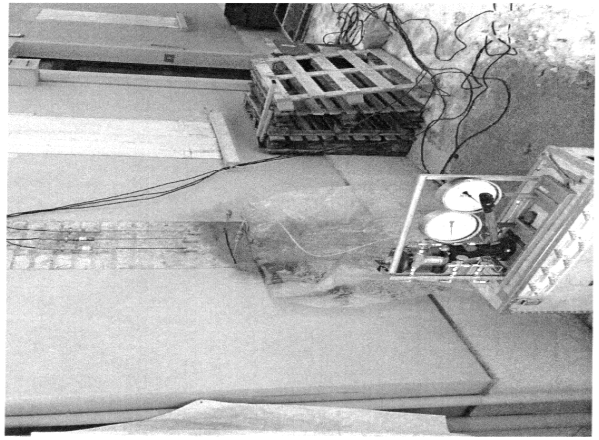
- ❑ Tiranti metallici in spessore di parete
- ❑ Nuova copertura in legno/acciaio

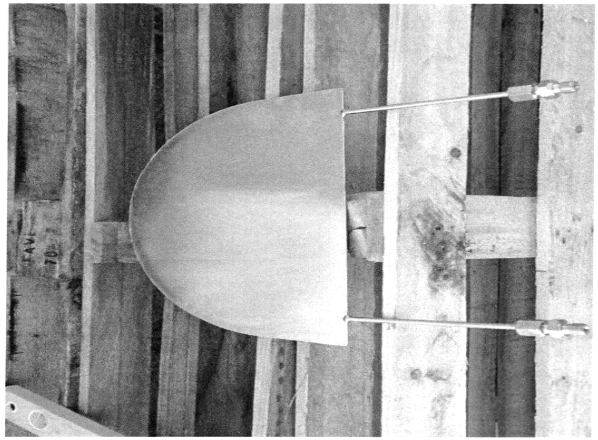
Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI







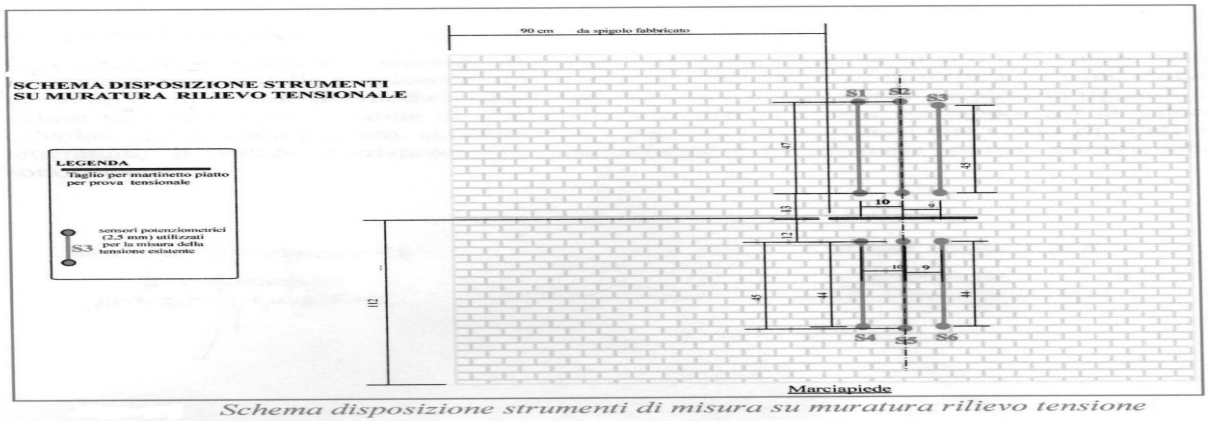


Martinetti piatti

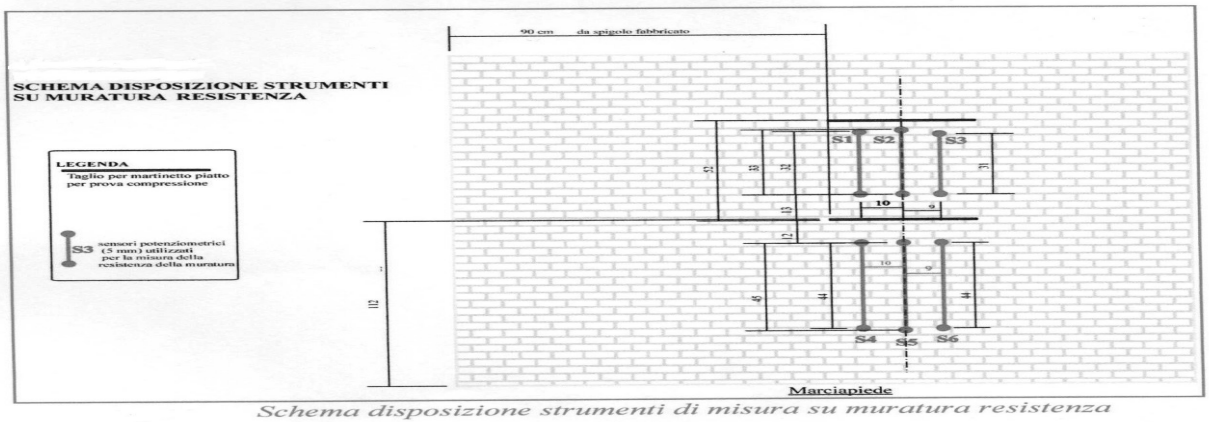
Determinazione della compressione presente e del modulo elastico della muratura

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - ngegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI



Schema disposizione strumenti di misura su muratura rilievo tensione



Schema disposizione strumenti di misura su muratura resistenza

$E = \sigma/(\Delta L/L) = 25/(1/400) = 10000\ daN/cm^2$

E = modulo elastico

*σ = tensione assiale impressa (daN/cm²**

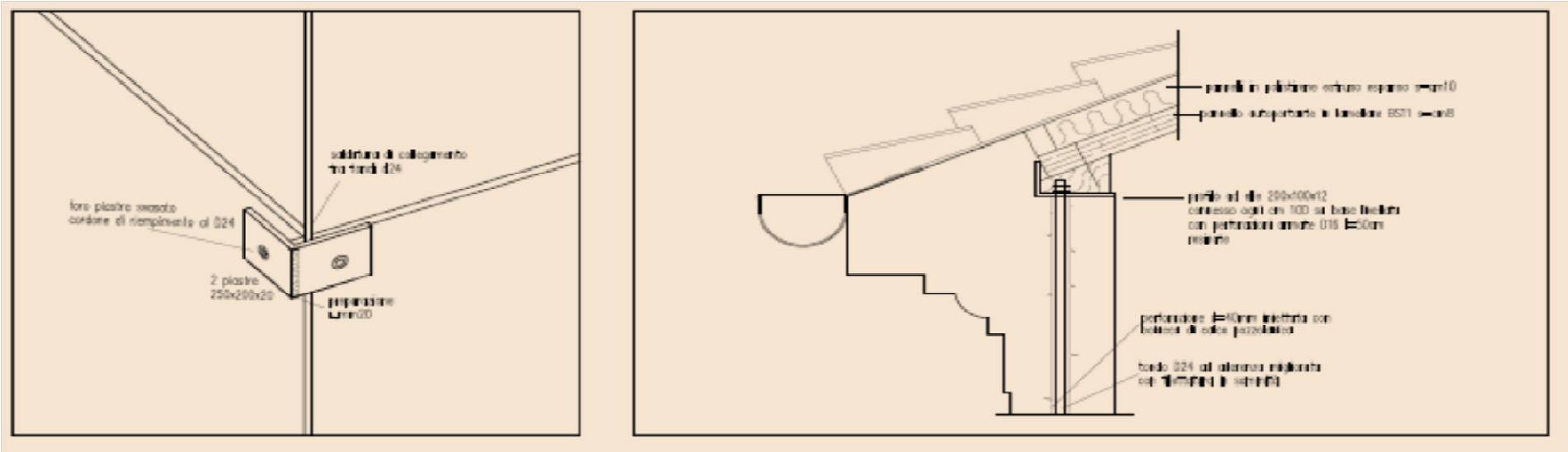
ΔL = accorciamento misurato (mm)

L = distanza tra i punti di misurazione (mm)

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

Piastre d'angolo e tiranti saldati in opera



Profilo ad L perimetrale e tiranti verticali bullonati

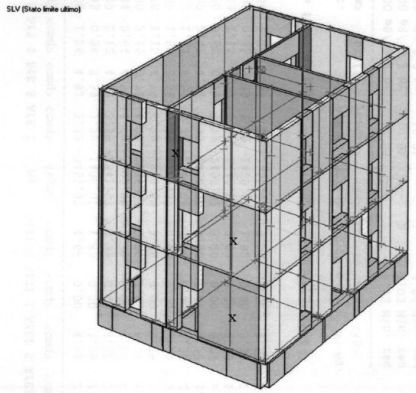
*Ø/2² tondo *3,14 * fy/1,15 < Ø perforazione * 3,14 x* $\tau_{aderenza}$ *malta/mattone * L*$_{tirante}$

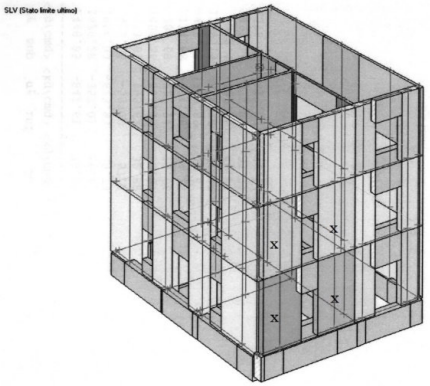
Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

Analisi lineare dinamica

a) resistenza a taglio per scorrimento e fessurazione diagonale
x - setti non verificati





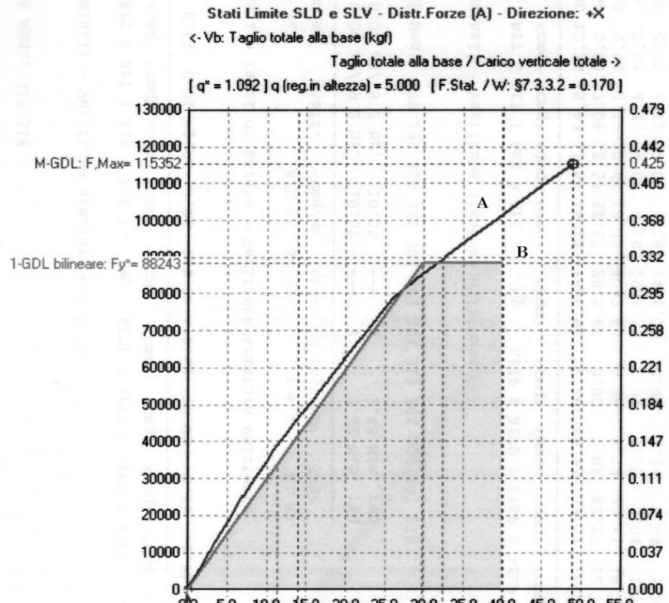
ANALISI GLOBALE
analisi dinamica lineare
e statica non lineare

Verifiche di capacità dei maschi murari

- *a pressoflessione*
- *a taglio per fessurazione diagonale*
- *a taglio per scorrimento*
- *alla deformazione*

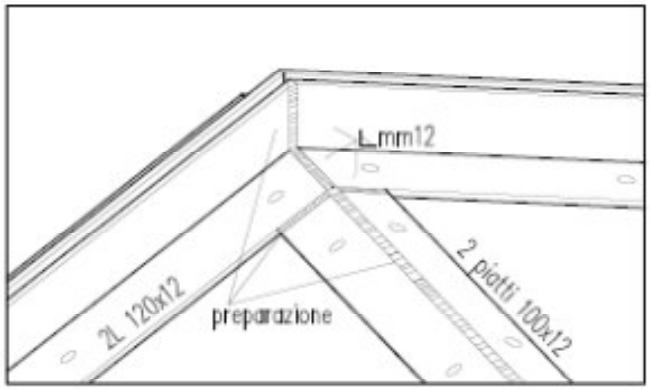
Analisi non lineare statica

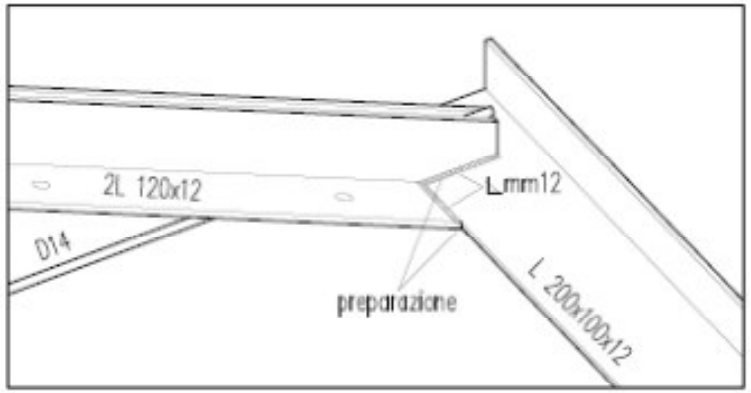
curva A : capacità (capacità di spostamento cm 5 circa)
linea B : domanda (domanda di spostamento cm 4 circa)



Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

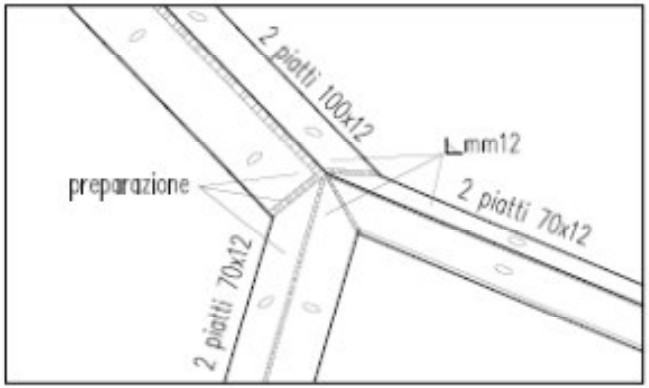
MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

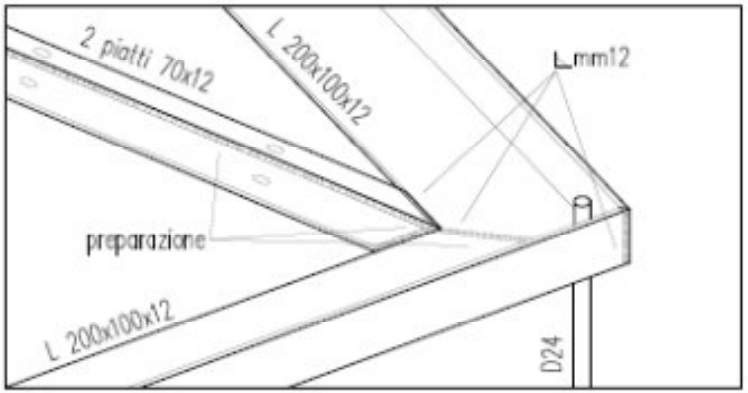




Struttura metallica per la copertura lignea rigida per forma ed a spinta eliminata

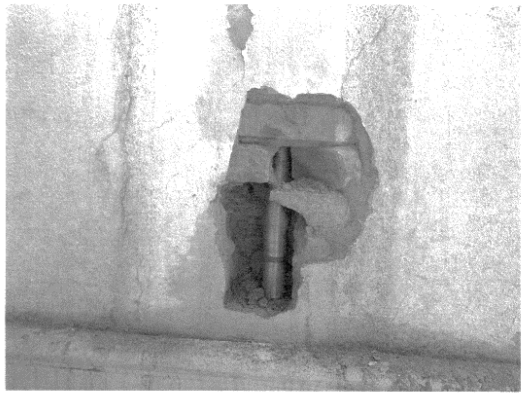
Profilati saldati in opera predisposti alla connessione dei pannelli lignei





Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

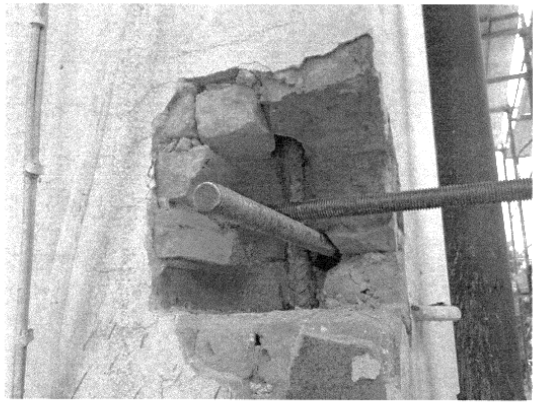


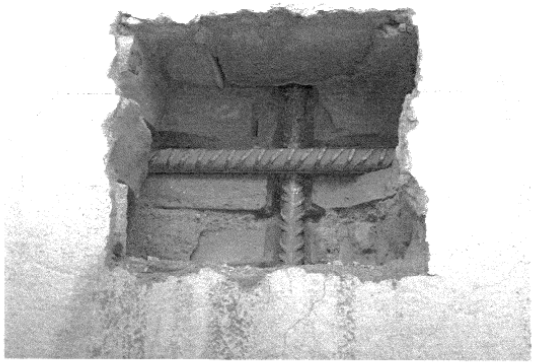
Aperture per riscontrare il corretto avanzamento della punta

Perforazione ad umido delle murature

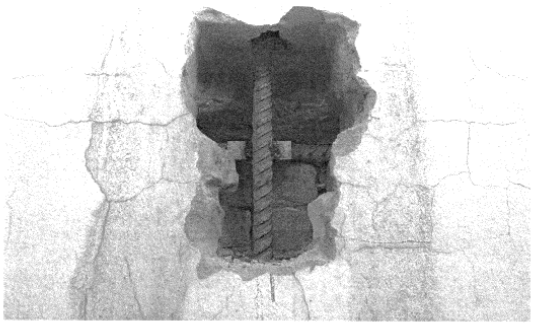
Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI





Intersezione dei tiranti metallici nelle pareti in laterizio

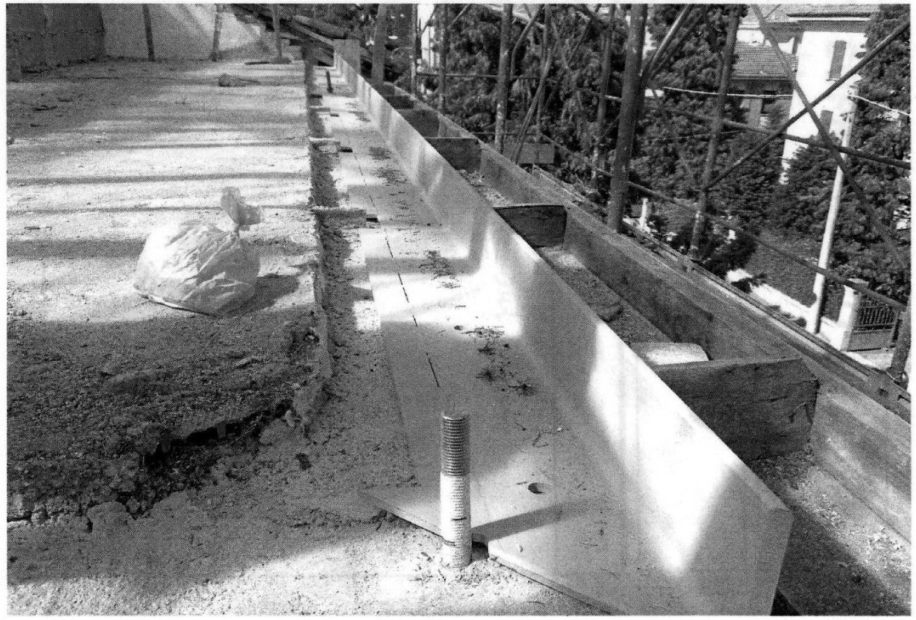


Tamponamento dei varchi nelle pareti con posizionamento dei tubetti per L'iniezione della malta

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI _ Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

Profilo metallico perimetrale metallico in copertura

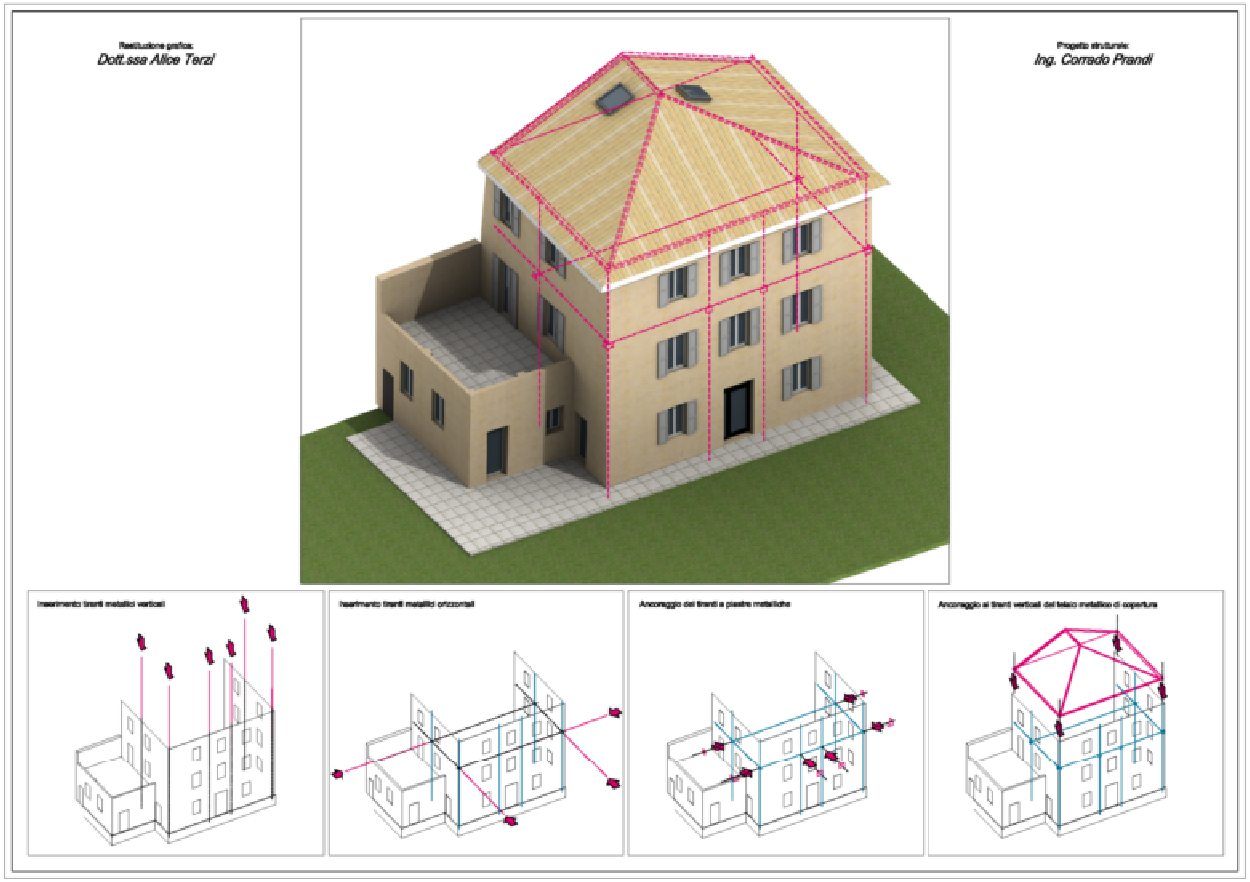


Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

Aspetti prevalenti dell'intervento:

- ❑ favorisce un comportamento scatolare del fabbricato,
- ❑ prevede principalmente interventi dall'esterno,
- ❑ l'aspetto finale risulta inalterato,
- ❑ tempi rapidi di esecuzione,
- ❑ all'azione del sisma si è dimostrato efficace, con assenza totale di fessurazioni.



Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Metodo semplificato: (prima dell'intervento)

- Da tabella 4 linee guida,
  classe di vulnerabilità V5 – *(mattoni, orizzontamenti in legno con scarse rigidezza e collegamento alle pareti,*
  – possibile ribaltamento delle pareti,
  – orizzontamenti male ammorsati alle pareti V5→ **V6***)*

	TIPOLOGIA STRUTTURALE	PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNE-RABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PAS-SAGGIO DI CLASSE
MURATURA	INERTI / MAGLIA MURARIA					
	pietra grezza	• Legante di cattiva qualità e/o assente • Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_6			
	mattoni di terra cruda (adobe)	• Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti • Eventuale presenza di telai di legno	V_6			
	pietra sbozzata	• Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature). • Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_5	Ribaltamento delle pareti	• Scarsa qualità costruttiva • Elevato degrado e/o danneggiamento • Spinte orizzontali non contrastate • Pannelli murari male ammorsati tra loro • Orizzontamenti male ammorsati alle pareti • Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni • Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura • Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza	da V_5 a V_6
	mattoni o pietra lavorata	• Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_5			
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	• Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio	V_4	Meccanismi parziali o di piano		da V_4 a V_5
	mattoni + solai d'elevata rigidezza nel proprio piano medio	• Funzionamento scatolare della costruzione • Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidezza nel proprio piano medio ben collegati alla muratura	V_4	Ribaltamento delle pareti Meccanismi parziali o di piano	• Scarsa qualità costruttiva • Elevato degrado e/o danneggiamento • Pannelli murari male ammorsati tra loro • Orizzontamenti male ammorsati alle pareti • Pannelli murari a doppio strato con camera d'aria • Assenza totale o parziale di cordoli • Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni • Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura • Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza	da V_4 a V_5
	armata e/o confinata	• Elevata qualità delle muratura, rinforzata da reti o barre di acciaio, e/o realizzata tra travi e colonne che la racchiudono in corrispondenza di tutti e quattro i lati • Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidezza nel proprio piano medio	V_3	Meccanismi dovuti, ad esempio, ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	• Scarsa qualità costruttiva • Elevato degrado o danneggiamento • Elevata irregolarità in pianta e/o in altezza • Presenza numerosa di elementi non-strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e/o globale • Aperture di elevanti dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni • Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza	da V_3 a V_4

Tabella 4 – *Costruzioni in muratura: classi medie di vulnerabilità globale e passaggi di classe.*

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Metodo semplificato: (dopo l'intervento)

Da tabella 6 linee guida,
tipologia a mattoni
- *eliminazione spinte orizzontali,*
- *stabilizzazione fuori piano, collegamento agli orizzontamenti,*
- *comportamento scatolare, posticipazione meccanismi fuori piano*
- *passaggio di classe* V6→ **V5***)*

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITA'
MURATURA	INERTI/MAGLIA MURARIA			
	pietra grezza mattoni di terra cruda (adobe)	**Non applicabili** (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V_6
	pietra sbozzata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	• Perseguire un comportamento d'insieme "regolare" e "scatolare". [10] • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V_6 a V_5
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	• Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare". [10] • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V_5 a V_4
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali	• Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare". [10] • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	da V_4 a V_3
	mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE • Ripristino dei danni o delle zone degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	• Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare". [10] • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V_6 a V_5

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

CLASSIFICAZIONE SISMICA Metodo semplificato: (prima e dopo l'intervento)

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	PAM ≤ 0,50%				$V_1 \div V_2$
A*	0,50%<PAM≤1,0%			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	1,0%<PAM≤1,5%	V_1	$V_1 \div V_2$	V_3	V_5
C*	1,5%<PAM≤2,5%	V_2	V_3	V_4	V_6
D*	2,5%<PAM≤3,5%	V_3	V_4	$V_5 \div V_6$	
E*	3,5%<PAM≤4,5%	V_4	V_5		
F*	4,5%<PAM≤7,5%	V_5	V_6		
G*	7,5%≤PAM	V_6			

Tabella 5 – *Classe PAM attribuita in funzione della classe di vulnerabilità assegnata all'edificio e della zona sismica in cui lo stesso è situato*

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Metodo convenzionale: (prima e dopo l'intervento)

- Indice **IS-V** *(per SLV)*
  - *considerando il possibile ribaltamento delle pareti,*
  - *acc.capacità/acc.domanda = 0,46→ 46% (prima), 1,47→ 147% (dopo),*

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
100% < IS-V	$A^{+}_{IS\text{-}V}$
80% ≤ IS-V < 100%	$A_{IS\text{-}V}$
60% ≤ IS-V < 80%	$B_{IS\text{-}V}$
45% ≤ IS-V < 60%	$C_{IS\text{-}V}$
30% ≤ IS-V < 45%	$D_{IS\text{-}V}$
15% ≤ IS-V < 30%	$E_{IS\text{-}V}$
IS-V ≤ 15%	$F_{IS\text{-}V}$

Tabella 2 – *Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza*

MIGLIORAMENTO SISMICO DI PALAZZINA RESIDENZIALE IN MURATURA
MEDIANTE TIRANTI IN ACCIAIO INCLUSI NELLE PARETI

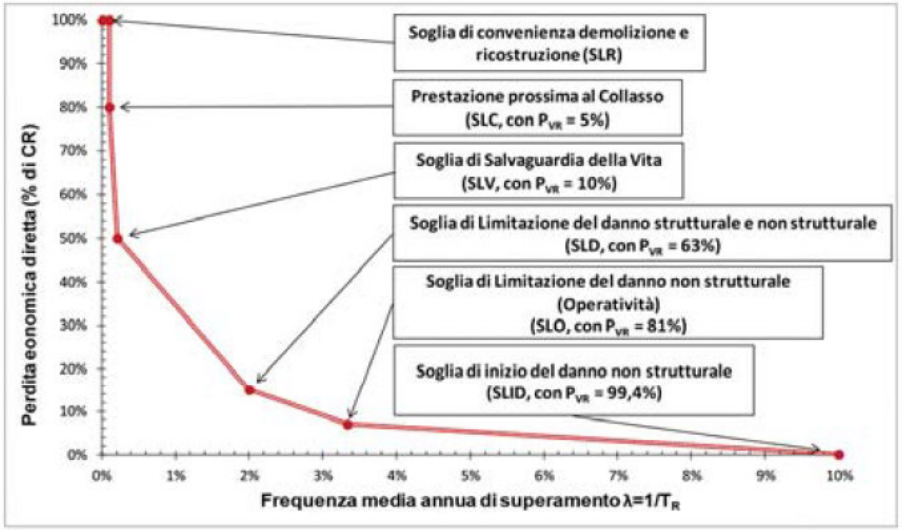
CLASSIFICAZIONE SISMICA

Metodo convenzionale: (prima e dopo l'intervento)

Rispettivamente da spettri elastici per il sito e dalla modellazione globale, per i vari stati limite ***PGA_d, PGA_c*** *(in domanda e capacità)*

↓

$$T_{r,c} = T_{r,d} * (PGA_c/PGA_d)^{\eta} \rightarrow \lambda = 1/T_{r,c}$$



Indici **P.A.M.** *(prima e dopo l'intervento per SLC, SLV, SLD, SLO)*

- *Considerando il possibile ribaltamento delle pareti per SLV e SLC e la deformazione di piano per SLD e SLO*
- *costo di ricostruzione percentuale* **CR%** *per SLC (80%), SLV(50%), SLD(15%), SLO(7%)*
- le *frequenze degli eventi* ***λ%*** *con acc.capacità per i vari SL (prima-dopo): SLC (0,63%- 0,04%), SLV(1,28%-0,09%), SLD(1%- 0,64%), SLO(1,67%-1,07%)*

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
PAM ≤ 0,50%	A^{+}_{PAM}
0,50% < PAM ≤ 1,0%	A_{PAM}
1,0% < PAM ≤ 1,5%	B_{PAM}
1,5% < PAM ≤ 2,5%	C_{PAM}
2,5% < PAM ≤ 3,5%	D_{PAM}
3,5% < PAM ≤ 4,5%	E_{PAM}
4,5% < PAM ≤ 7,5%	F_{PAM}
7,5% ≤ PAM	G_{PAM}

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

Bologna 18 maggio 2017

Sismabonus ed emanazione delle linee guida per la classificazione del rischio sismico.

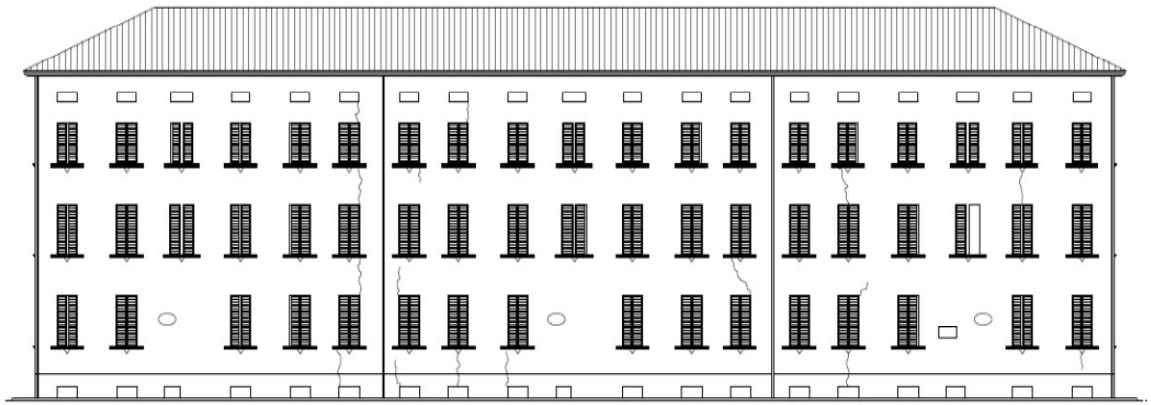
Interventi di attenuazione del rischio, interventi su edifici con vincolo monumentale

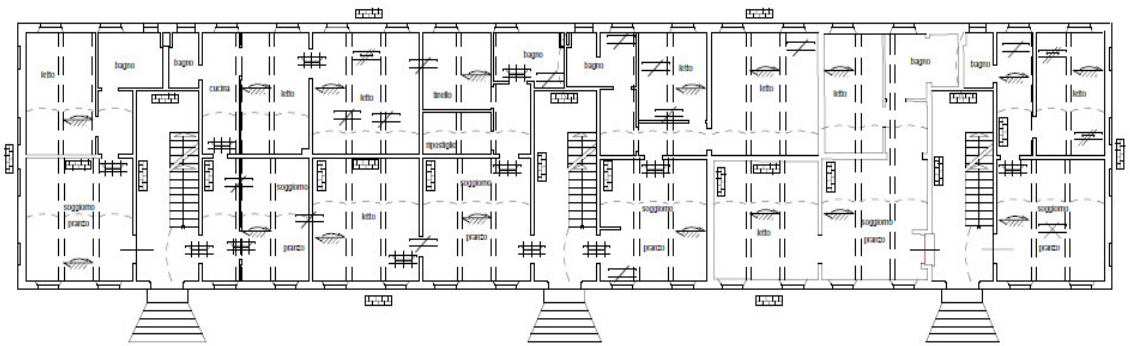
II°caso

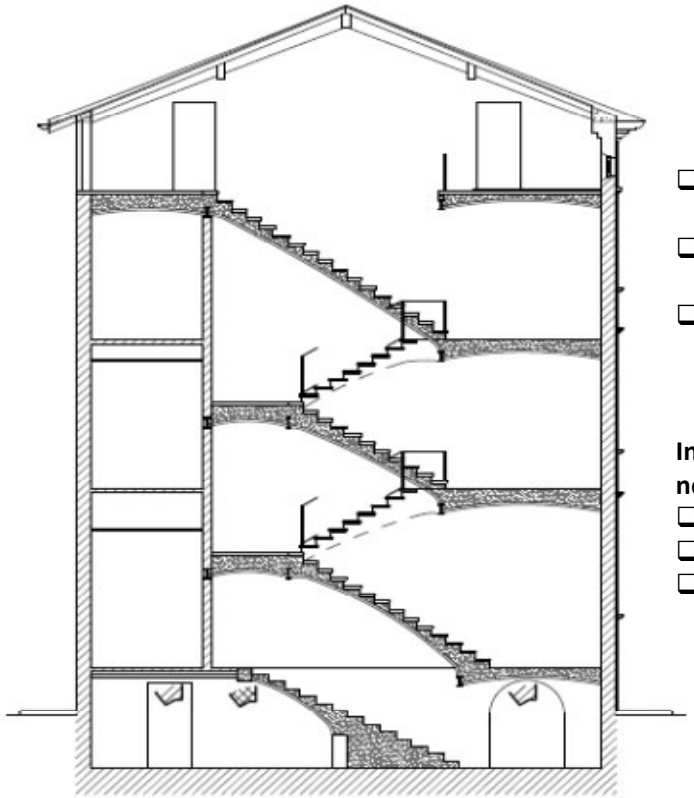
VULNERABILITA' E MIGLIORAMENTO SISMICO DI FABBRICATO RESIDENZIALE IN MURATURA

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

VULNERABILITA' E MIGLIORAMENTO SISMICO DI FABBRICATO RESIDENZIALE IN MURATURA





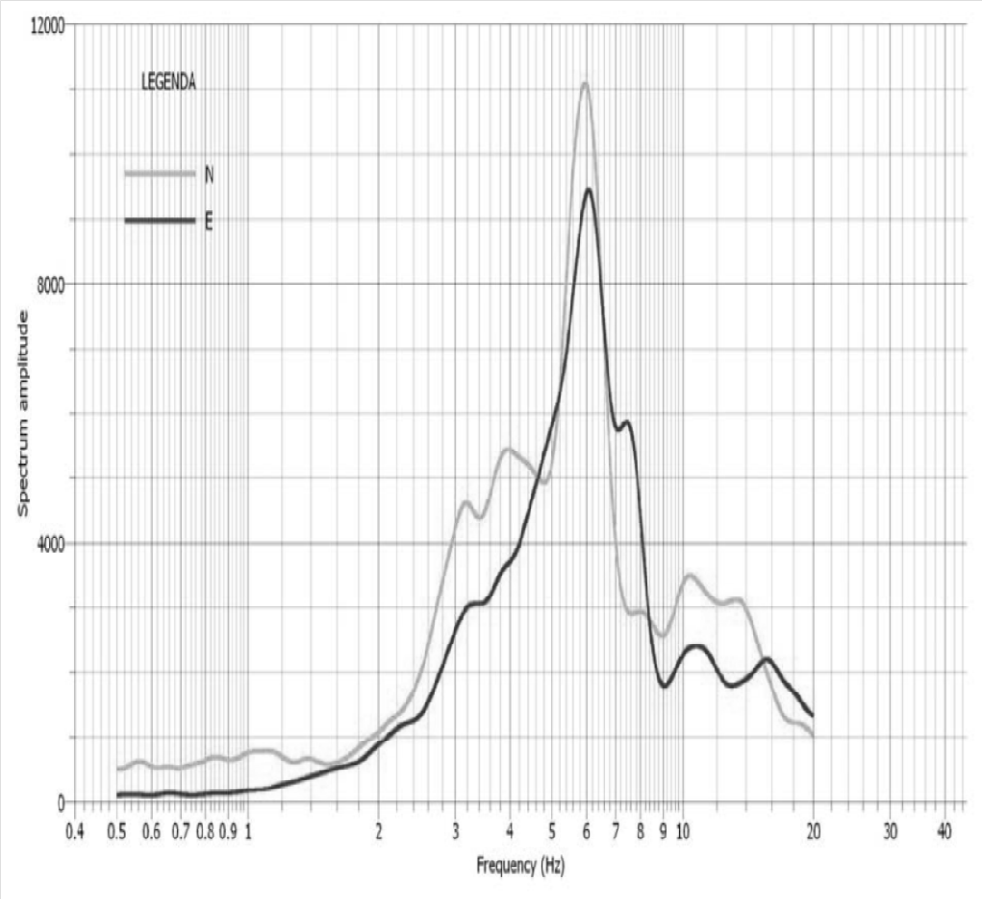


- ❑ Accelerazione al suolo **0,153g**
- ❑ Classe d'uso **II°**
- ❑ Categoria terreno **C**

Interventi eseguiti nell'anno 2014:

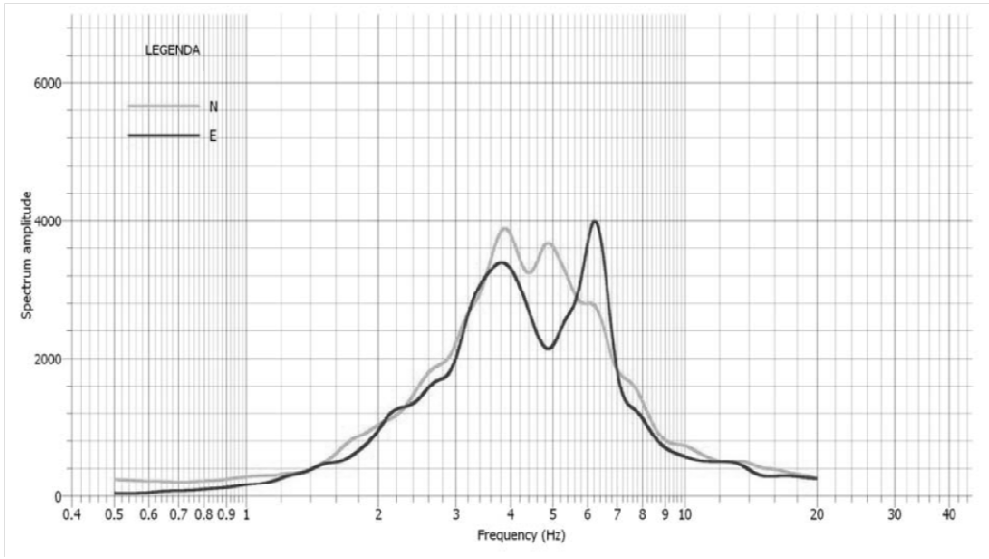
- ❑ riparazione fessurazioni
- ❑ cerchiatura aperture
- ❑ Irrigidimento e connessione impalcati

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

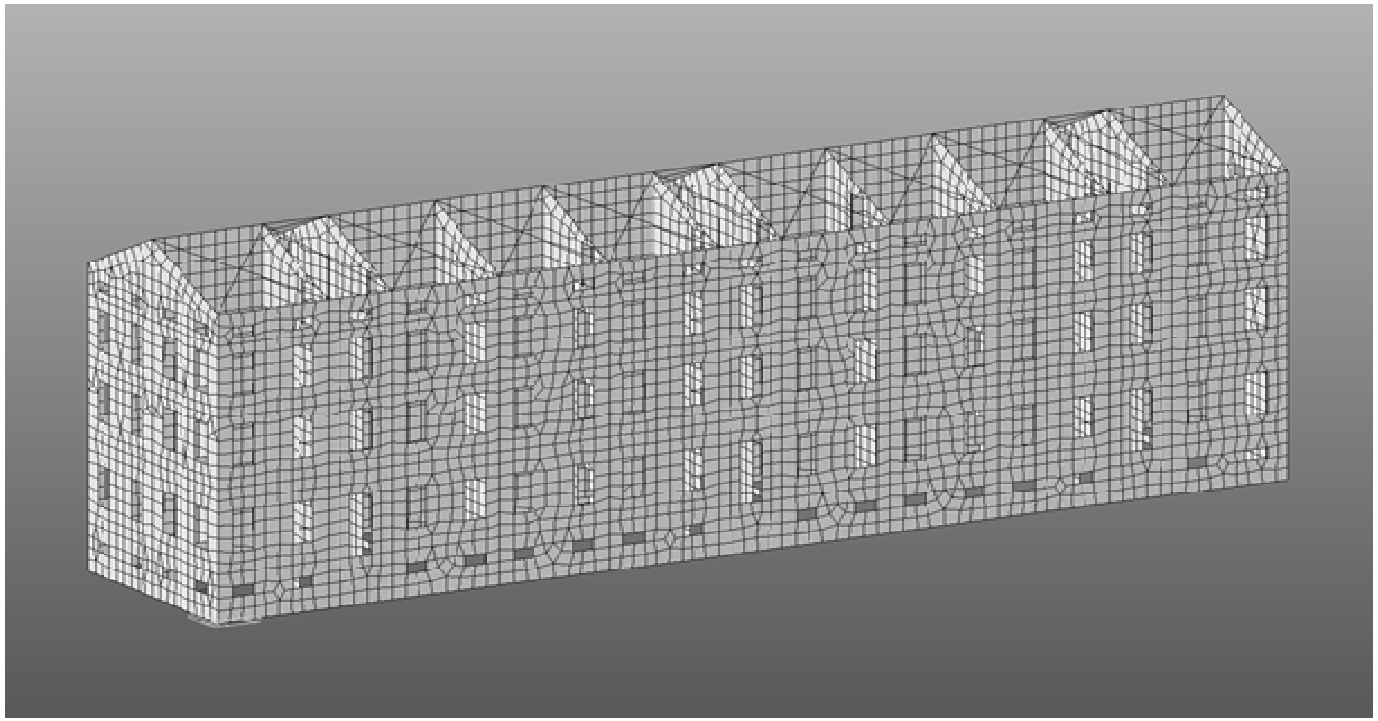


Spettri ottenuti da accelerometri disposti ai piani ed attivati da microtremori ambientali

- *ordinate H/V (numero puro)*
- *ascisse frequenza (Hz)*



VULNERABILITA' E MIGLIORAMENTO SISMICO DI FABBRICATO RESIDENZIALE IN MURATURA



- Stato limite SLV
- fattore q=2,25

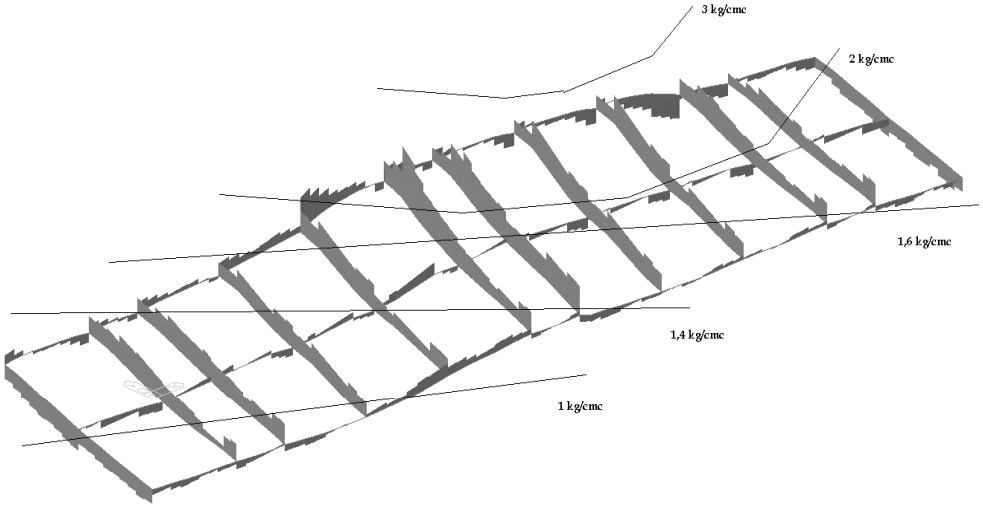
- elementi bidimensionali a 4 nodi
- impalcati rigidi nel piano per singoli campi di solaio
- vincolo a terra con molle a costante elastica variabile

ANALISI MODALE

Mode No	Frequency	Period	Tolerance
7	20.5401	3.2691	0.3059	0.0000e+000
8	26.1318	4.1590	0.2404	0.0000e+000

Ing. CORRADO PRANDI - Associazione ISI - Ingegneria Sismica Italiana

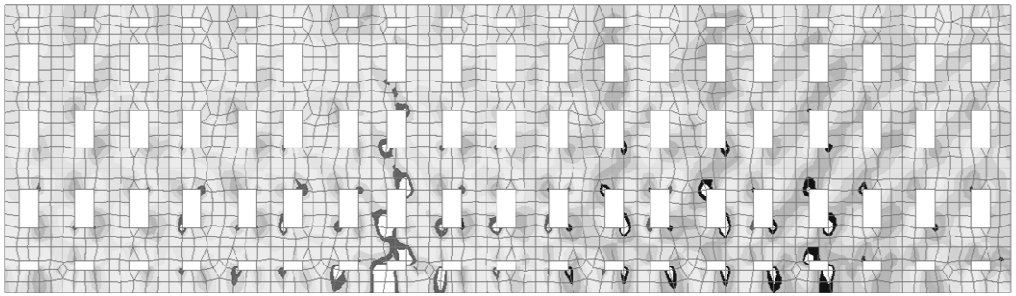
VULNERABILITA' E MIGLIORAMENTO SISMICO DI FABBRICATO RESIDENZIALE IN MURATURA



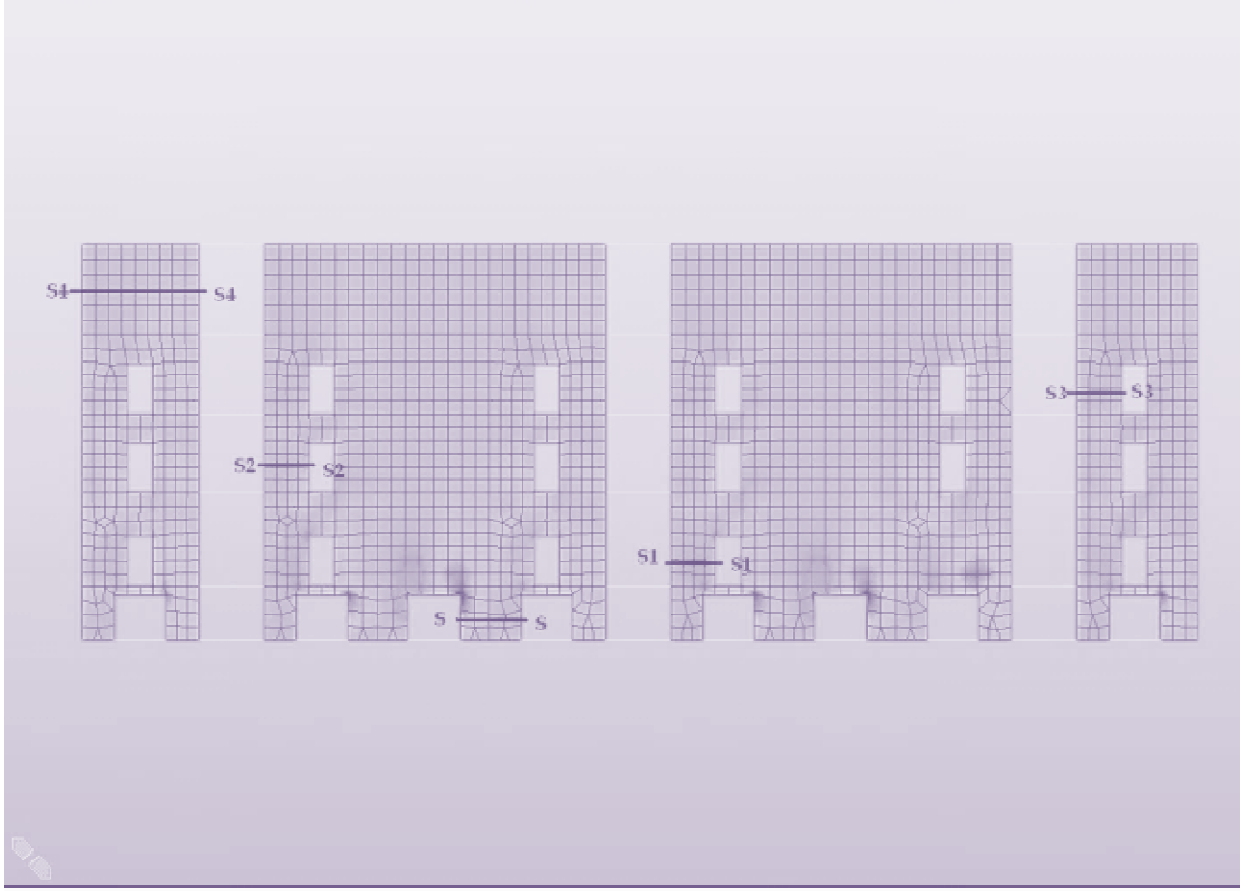
Analisi accurate sul terreno di fondazione quali:

- *Penetrometrie*
- *Campioni indistrurbati*
- *Stendimenti sismici*
- *Tomografie*

Permettono il riconoscimento della differenziazione delle caratteristiche del terreno superficiale nello sviluppo della costruzione, con modellazione variabile delle convenzionali molle elastiche di fondazione



Il modello soggetto ad azioni sismiche anche verticali restituisce un quadro fessurativo in tutto coerente allo stato reale.



In ambito elastico

Sussiste la possibilità di integrare le azioni secondo sezioni che interessano i maschi murari più significativi, il che consente agevoli verifiche di capacità a pressoflessione e taglio per fessurazione diagonale e scorrimento; tutto questo nelle zone volute o evidenziate dalle mappe relative alle varie sollecitazioni.