

A.G.I.C. – Fossano, 4 maggio 2017

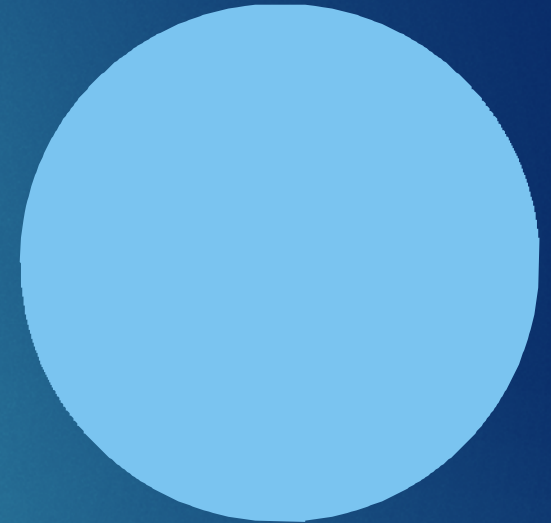
1

EDIFICI IN MURATURA

ALESSANDRO DE STEFANO

ALEDESTEF@GMAIL.COM

+39 329 6567723



IL TERREMOTO IN ITALIA

2

► Dal 1500 al 2000 le vittime dovute ad eventi naturali in Italia sono state in media **23 a settimana**.

Per il **75%** si sono verificate in occasione di eventi sismici.

Come si misura il terremoto?

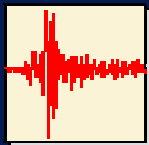
3

- ▶ **Diversi metodi di definizione e misura a seconda se si tiene conto de:**
 - gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni e sull'ambiente (intensità);
 - le registrazioni sismometriche (magnitudo, correlata all'ENERGIA DEL SISMA);
 - le registrazioni accelerometriche (PGA=accelerazione di picco al suolo).

intensità - magnitudo



intensità, misura la grandezza di un terremoto attraverso gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni, sull'ambiente



magnitudo, misura la forza di un terremoto attraverso le registrazioni degli strumenti (sismogrammi)

scala Mercalli		scala Richter
I	non percepito	2.0
II	percezione momentanea, in alcuni di pareti, e alcuni oggetti, senza danni	3.0
III		4.0
IV		5.0
V	dannificati	6.0
VI		7.0
VII	molta distruzione di una parte centrale momentanea di edifici	8.0
VIII		9.0
IX		10.0
X	storicamente mai raggiunto	11.0
XI		12.0

La magnitudo equivale alla potenza con la quale è trasmessa una emittente radio, l'intensità equivale alla forza del segnale ricevuto presso una radio ricevente a qualsiasi distanza ed in qualsiasi luogo (Richter)

Elenco dei terremoti con il maggior numero di vittime avvenuti nel mondo a partire dall'anno 2000

Tutti i terremoti più devastanti sono stati sottostimati dalle tradizionali stime probabilistiche dello scuotimento atteso (GSHAP) => Necessità di una verifica oggettiva delle stime di pericolosità sismica. I metodi probabilistici funzionano se ci sono abbastanza dati e sono interpretati con leggi probabilistiche corrette.

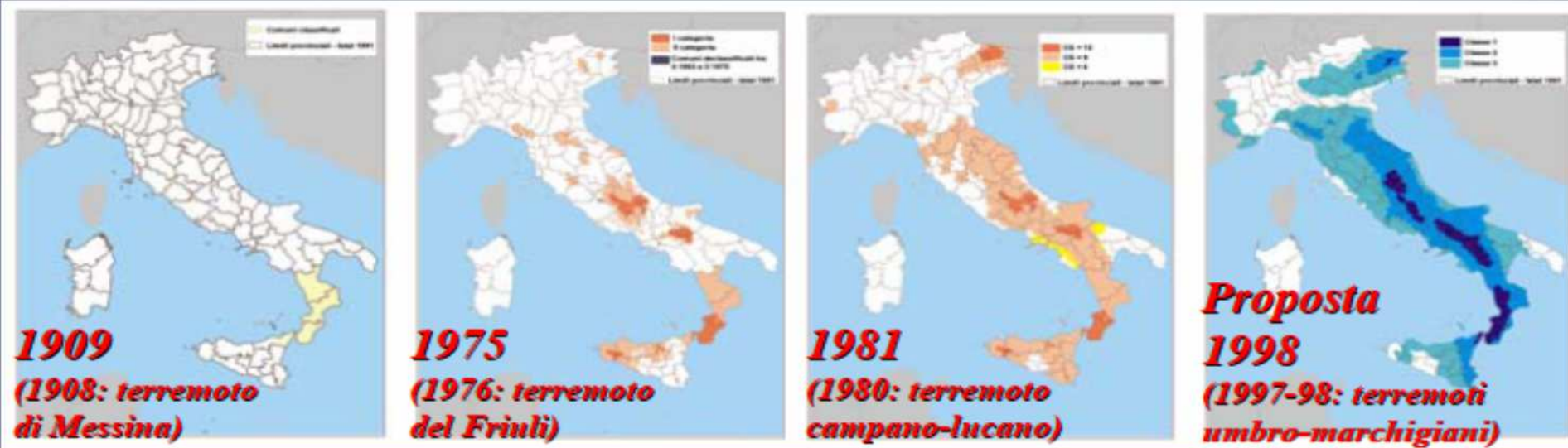
Region	Date	Magnitude	Fatalities	Intensity difference
Sumatra-Andaman "Indian Ocean Disaster"	26.12.2004	9.0	227898	4.0 (IV)
Port-au-Prince (Haiti)	12.01.2010	7.3	222570	2.2 (II)
Wenchuan (Sichuan, China)	12.05.2008	8.1	87587	3.2 (III)
Kashmir (North India and Pakistan border region)	08.10.2005	7.7	~86000	2.3 (II)
Bam (Iran)	26.12.2003	6.6	~31000	0.2 (=)
Bhuj (Gujarat, India)	26.01.2001	8.0	20085	2.9 (III)
Off the Pacific coast of Tōhoku (Japan)	11.03.2011	9.0	15811 (4035 missing)*	3.2 (III)
Yogyakarta (Java, Indonesia)	26.05.2006	6.3	5749	0.3 (=)
Southern Qinghai (China)	13.04.2010	7.0	2698	2.1 (II)
Boumerdes (Algeria)	21.05.2003	6.8	2266	2.1 (II)
Nias (Sumatra, Indonesia)	28.03.2005	8.6	1313	3.3 (III)
Padang (Southern Sumatra, Indonesia)	30.09.2009	7.5	1117	1.8 (II)

Differenza fra i valori di intensità osservati e quelli previsti da GSHAP

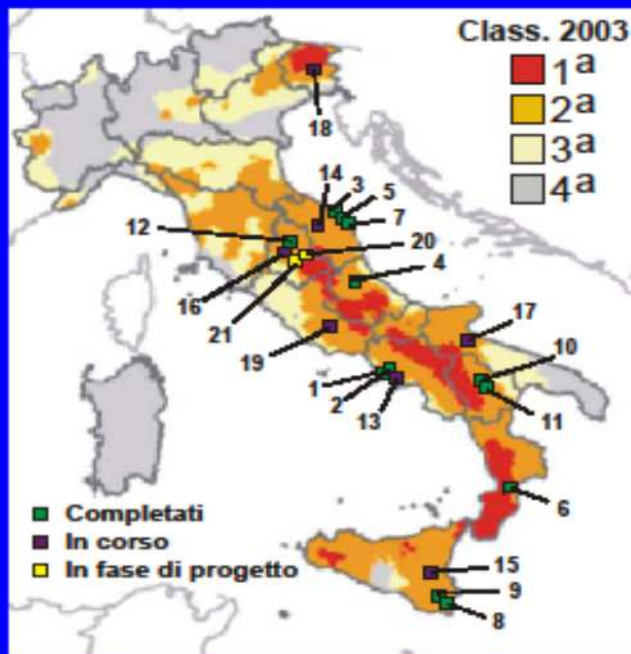
Alcune considerazioni personali del relatore

6

- ▶ La previsione NTC della magnitudo o intensità del terremoto di progetto si basa su un metodo probabilistico che usa la legge di distribuzione esponenziale, senza memoria del passato ed invariabile nel tempo
- ▶ I metodi probabilistici funzionano se la quantità di dati è sufficiente e la legge di distribuzione è ragionevolmente corretta. Esistono molti dati su terremoti piccoli e medi ma molto pochi a fini statistici su terremoti grandi
- ▶ La stima delle PGA nei vertici del reticolo geografico nazionale può essere ampiamente errata anche per difetto. Interpolare per estrarre le accelerazioni di progetto nel sito con valori fino alla seconda o terza cifra decimale mi pare privo di senso.
- ▶ **Ciò premesso un invito alla prudenza mi pare doveroso**



Tanto più considerando che la classificazione sismica del territorio è diventata di volta in volta più severa....



2003
(2002: terremoto di San Giuliano di Puglia)
- Siti degli edifici isolati.

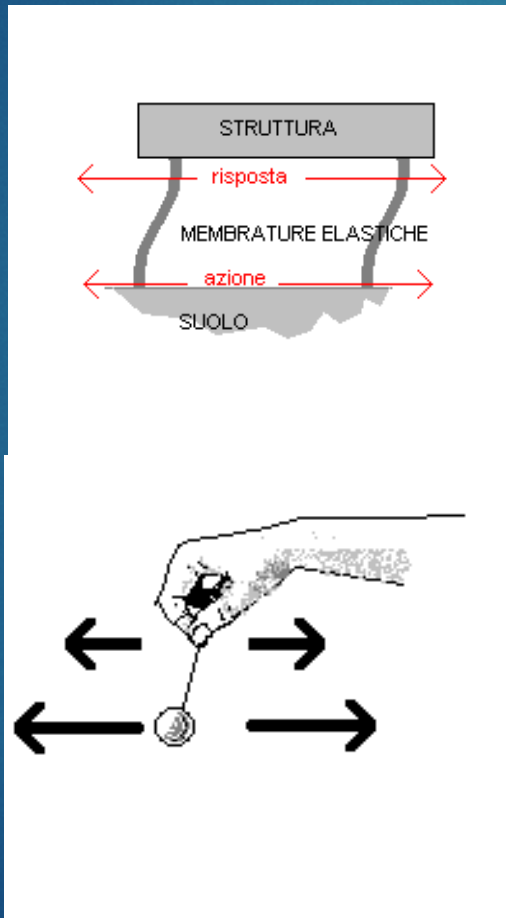
Evoluzione della classificazione sismica del territorio italiano

- ~ 25% classificato sismico nel 1980
- ~ 43% classificato sismico nel 1981
- ~ 70% proposto sismico nel 1998

Criteri generali di classificazione sismica in vigore dopo l'8 maggio 2003 e localizzazione degli edifici isolati realizzati o previsti a novembre 2003
(circa 70% del territorio in zone 1-3 + zona 4)

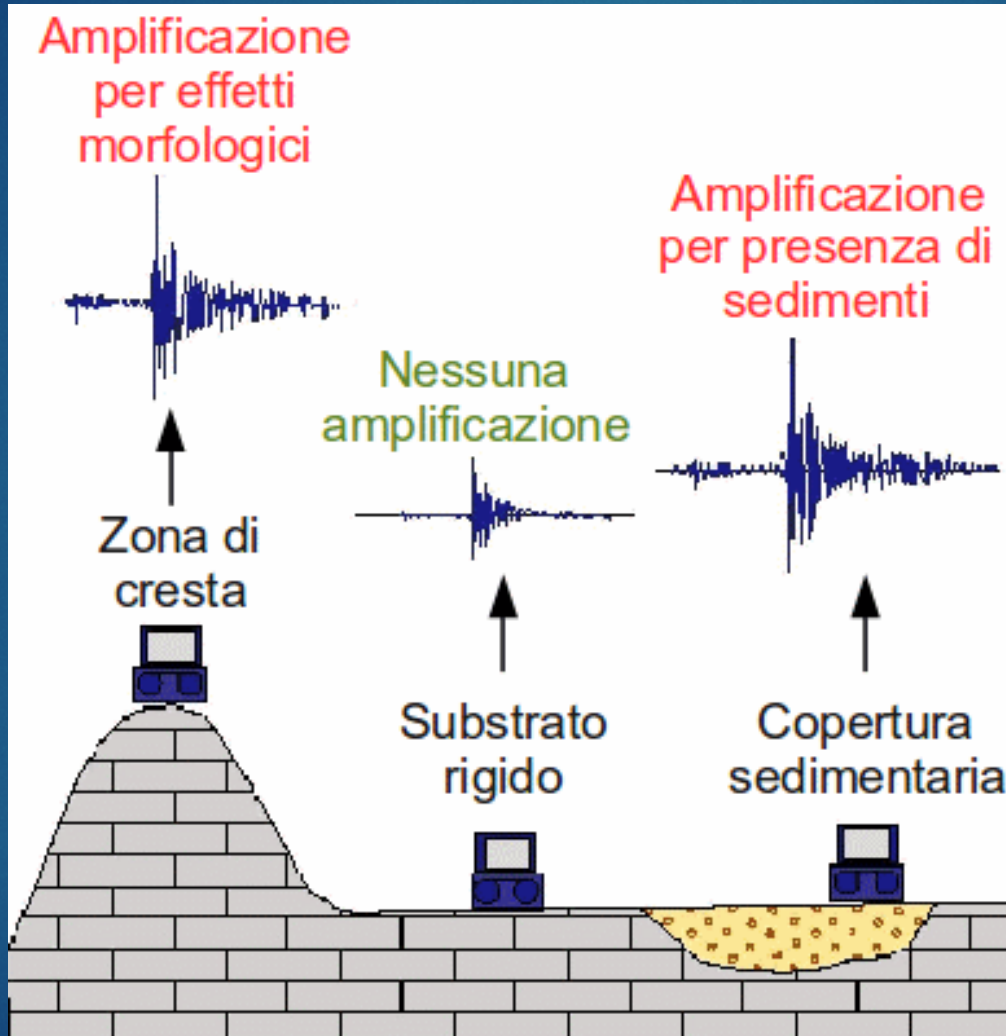
Azione e risposta

...che la struttura amplifica il moto del suolo.....



- ▶ Nel caso statico le forze esterne sono equilibrate dalle forze di richiamo elastico;
- ▶ Nel caso sismico l'equilibrio si stabilisce tra tre sistemi di forze:
 - ▶ Forze di richiamo elastico;
 - ▶ Forze inerziali;
 - ▶ Forze dissipative;
- ▶ In una vibrazione forzata la risposta della struttura può essere sensibilmente più ampia della eccitazione, come si sperimenta facilmente con un semplice pendolo;
- ▶ L'amplificazione della risposta dipende essenzialmente dalla natura del suolo e dalle proprietà dinamiche della struttura.

...e che gli effetti di amplificazione locale possono essere molto importanti



Importanza degli effetti di amplificazione locale:
 Non sempre i coefficienti correttivi della NTC ne tengono conto adeguatamente

Dunque? Che fare?

10

Parola chiave: **ENERGIA**

Il terremoto cerca di trasferire la sua energia dal suolo alla struttura. La struttura può rispondere con tre strategie alternative.

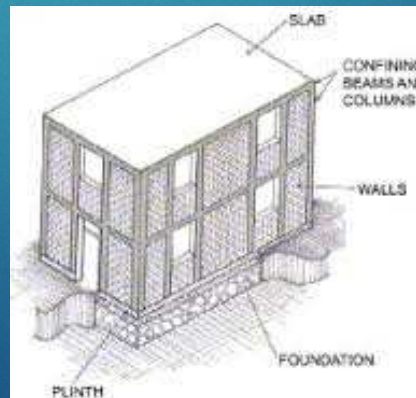
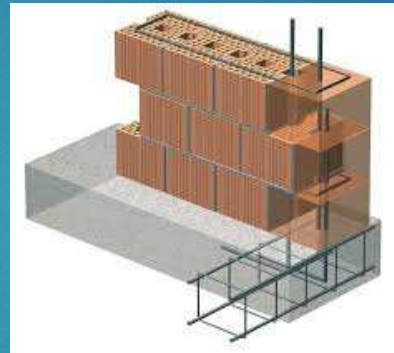
1. La maggior parte della energia rimane reversibile, come energia cinetica o potenziale elastica, e la risposta strutturale resta elastica o quasi. (Sismi moderati, muri di taglio, dissipatori a massa intonata). La dissipazione è delegata al "damping" lineare o a dispositivi tecnologici aggiunti
2. La maggior parte della energia è filtrata via e rimane imprigionata nel suolo (isolamento sismico alla base). Soluzione applicabile anche alle strutture esistenti, purchè sia consentito uno spostamento relativo tra struttura e suolo di qualche decina di centimetri
3. La maggior parte dell'energia è dissipata; E' importante che la dissipazione sia riservata a componenti tecnologici aggiunti con elevata isteresi o viscosità, progettati in modo che la struttura portante rimanga sotto o poco sopra il limite elastico, anche in prossimità dello SLU (dissipatori viscosi, viscoelastici, attritivi o isteretici).

Costruzioni nuove in muratura

✓ Muratura ordinaria

✓ Muratura armata

✓ Muratura confinata



Unica tipologia per cui è previsto il «progetto a capacità»

Murtura: limitazioni di numero di piani per struttura «semplici» (regolari)

TIPOLOGIA MURATURA	PGA \leq 0,35g	PGA $>$ 0,35g
ordinaria	3 piani	2 piani
armata	4 piani	4 piani

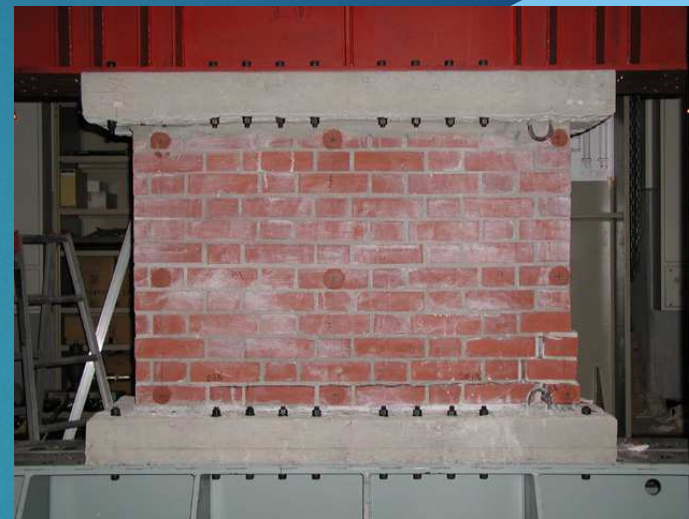
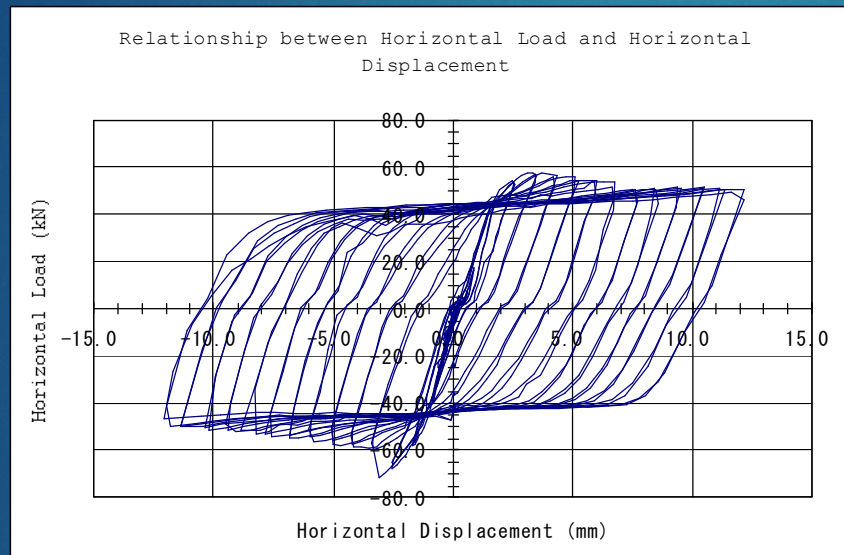
LA PERCENTUALE DI AREA DI MURATURA RESISTENTE IN OGNI DIREZIONE RISPETTO ALL'AREA LORDA IN PIANTA DELL'EDIFICIO CRESCE AL CRESDERE DELLA PGA

Muratura ordinaria:
Sperimentazione su maschi murari con cicli
a spostamento imposto crescente



Sperimentazione su maschi murari tozzi pressione verticale moderata

14

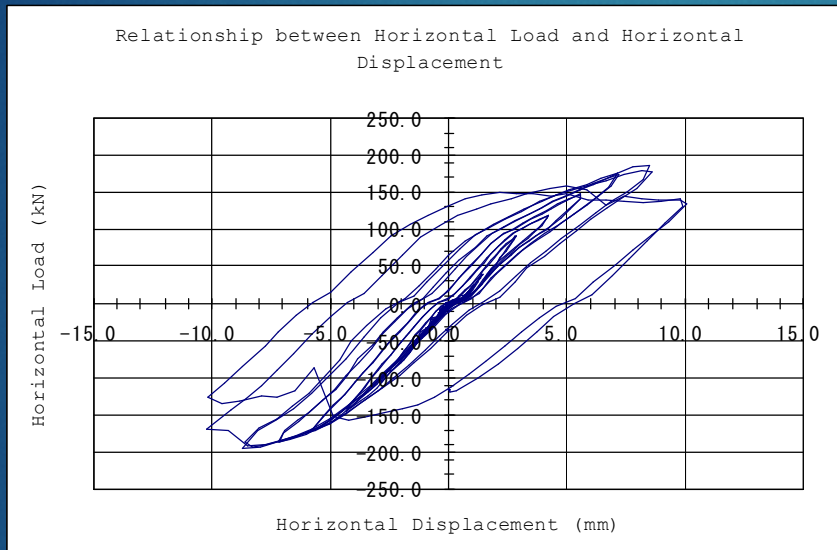


$$H/D = 0.65 \quad p = 0.2 \text{ MPa}$$

ROTTURA PER SCORRIMENTO ORIZZONTALE LUNGO UN GIUNTO DI MALTA:
RISPOSTA DUTTILE E DISSIPATIVA purchè il muro non venga spinto fuori assetto lateralmente

Sperimentazione su maschi murari DI MEDIA SNELLEZZA

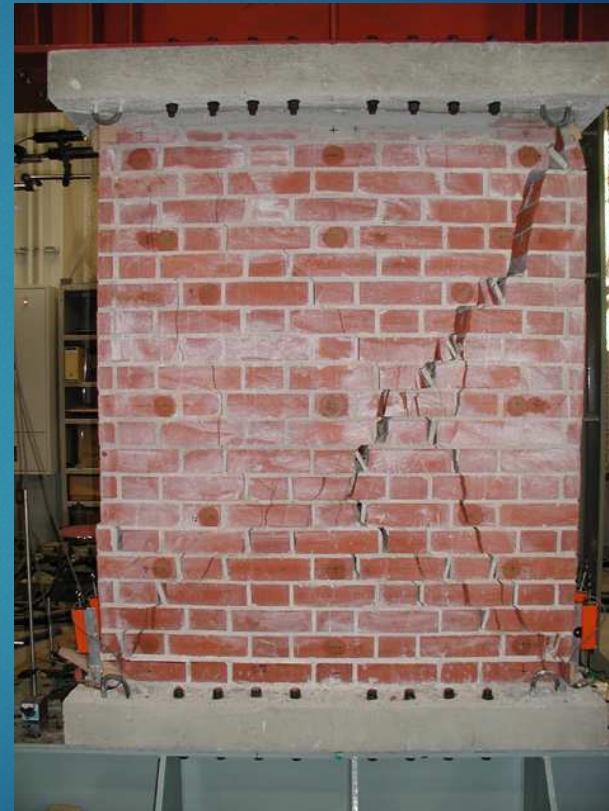
15



$H/D = 1.23$ $p = 1.2$ MPa

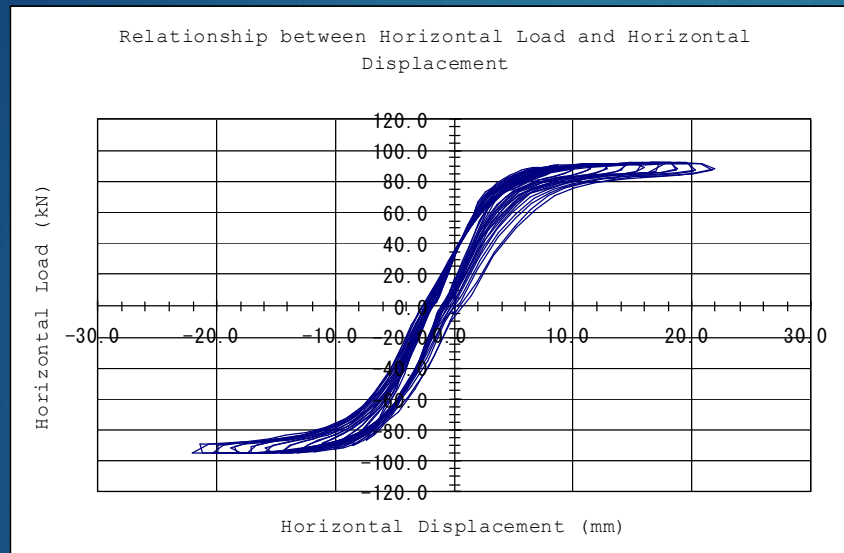
ROTTURA DIAGONALE:

**RISPOSTA POCO DUTTILE E MODERATAMENTE
DISSIPATIVA**



Sperimentazione su maschi murari snelli

16



$$H/D = 1.95 \quad p = 1.2 \text{ MPa}$$

IL COMPORTAMENTO E' FLESSIONALE CON ROTAZIONE RIGIDA E ROTTURA LOCALE NEGLI SPIGOLI COMPRESSI. C'E' SPOSTAMENTO SENZA CRESCITA DELLA FORZA LATERALE MA L'ISTERESI E' QUASI NULLA:

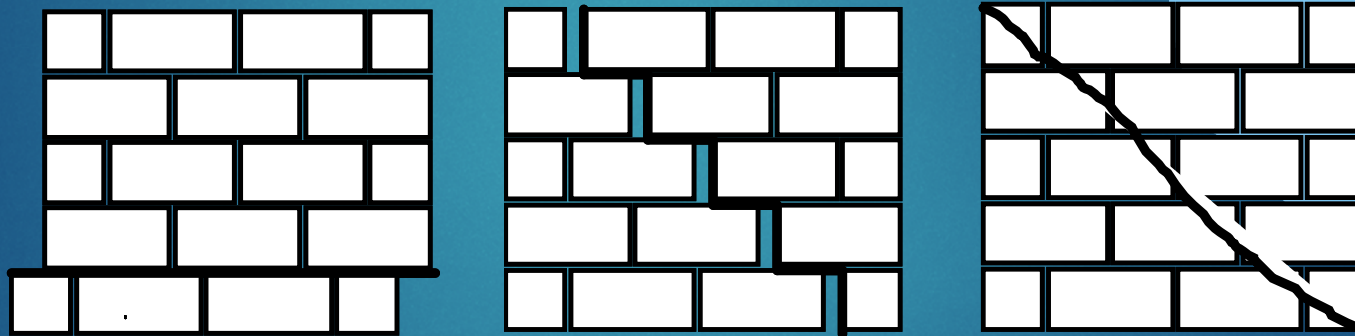
RISPOSTA DUTTILE MA NON DISSIPATIVA!



Rottura per taglio di maschi murari

17

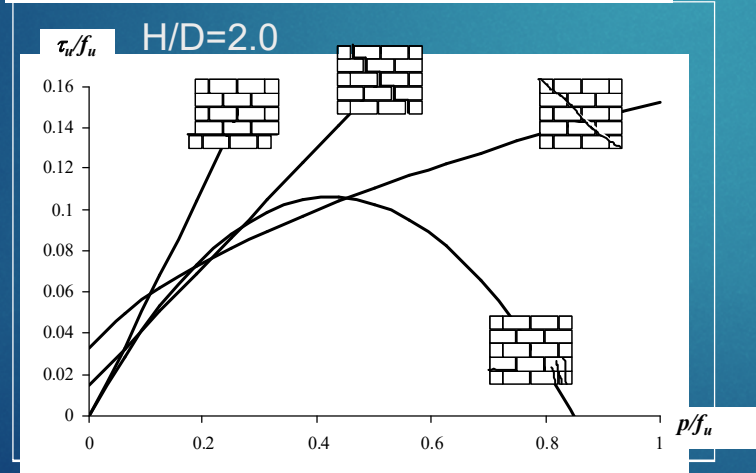
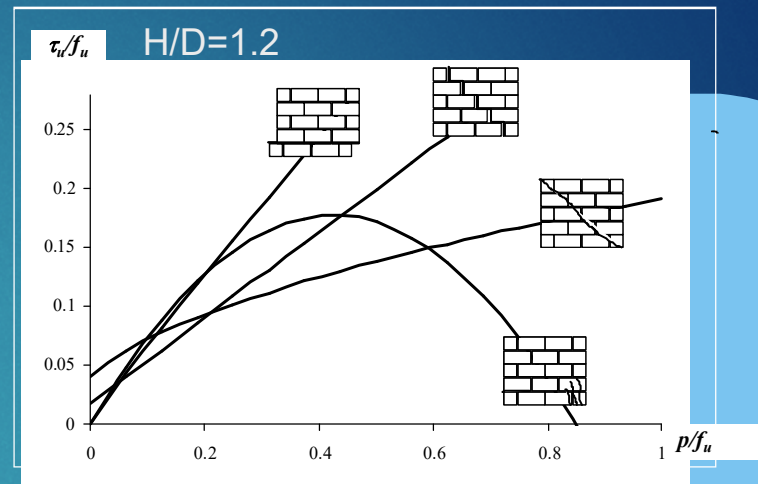
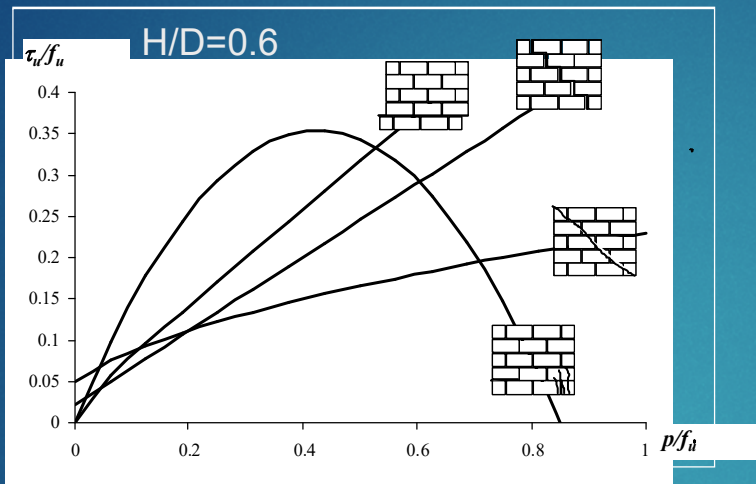
- ✓ per scorrimento lungo i giunti orizzontali
- ✓ per fessurazione diagonale, con scorrimento lungo i giunti verticali ed orizzontali
- ✓ per fessurazione diagonale, con rottura degli elementi in laterizio
- ✓ Per rotazione e schiacciamento degli spigoli compressi (se la snellezza è grande)




Il tipo di rottura è influenzato da:

- qualità della malta e del mattone
- tipo di tessitura della muratura
- entità del carico verticale
- rapporto di snellezza H/D

Domini di resistenza di maschi murari



- ▶ Analisi statica lineare
 - ▶ Analisi statica non-lineare
 - ▶ Analisi dinamica lineare modale
 - ▶ Analisi dinamica non-lineare con applicazione di più terremoti simulati spettro-compatibili
- 

Metodi di analisi e verifica

- ▶ Metodo a telaio equivalente
schema a telaio con offset

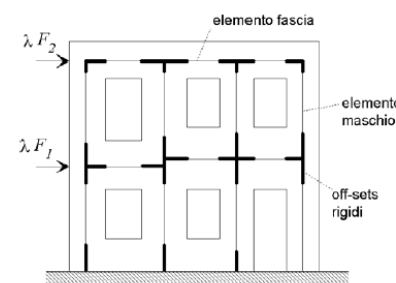


Fig. 13 - Schematizzazione a telaio equivalente di una parete caricata nel piano.

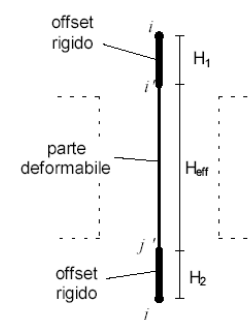



Fig. 14 - L'elemento maschio murario.

- ▶ Modello agli elementi finiti
- ▶ Modello a macroelementi (es. Tremuri, UNIGE)

VALORI MASSIMI DI q_0 per analisi lineare

- ▶ Costruzioni di muratura ordinaria 1,75 au/a1
 - ▶ Costruzioni di muratura armata 2,5 au/a1
 - ▶ Costruzioni di muratura armata con progettazione in capacità 3,0 au/a1
 - ▶ Costruzioni di muratura confinata 2,0 au/a1
 - ▶ Costruzioni di muratura confinata con progettazione in capacità 3,0 au/a1
- 

Da
sicurezza delle strutture e
delle persone
a
protezione della funzione,
sostenibilità, resilienza

*Il fattore q delle
norme è un **valore
massimo ma può essere
minore.***

*Più q è alto più si accetta
il rischio di danni
sovrastrutturali*

- ▶ In una corretta progettazione antisismica la sicurezza strutturale e la salvaguardia della vita delle persone devono essere comunque garantite.
- ▶ **Se la struttura non collassa e nessuno è gravemente ferito o ucciso ma i danni sovra-strutturali sono gravi ed estesi prendono forma gli scenari seguenti:**
 - ▶ Le attività produttive e commerciali sono interrotte con danni economici talvolta irreversibili.
 - ▶ Le abitazioni sono dichiarate inagibili e gli abitanti dislocati in alberghi o alloggi provvisori, come case in legno di uso temporaneo, container, ...
 - ▶ Le riparazioni richiedono tempi lunghi ed impegno finanziario severo, aggravato da procedure d'urgenza scarsamente controllate e ritardi nella erogazione di contributi pubblici.
- ▶ Tutto ciò crea condizioni di insostenibilità e induce danni indiretti nella salute psichica degli individui, nella tenuta del tessuto sociale, nel senso di identità ed appartenenza della società civile, nella fiducia nel futuro.

COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI

caratterizzazione meccanica



8.5.3 Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado:

- **documentazione** disponibile;
- su **verifiche visive** in situ;
- su **indagini sperimentali**.

Motivare le indagini, per tipo e quantità;

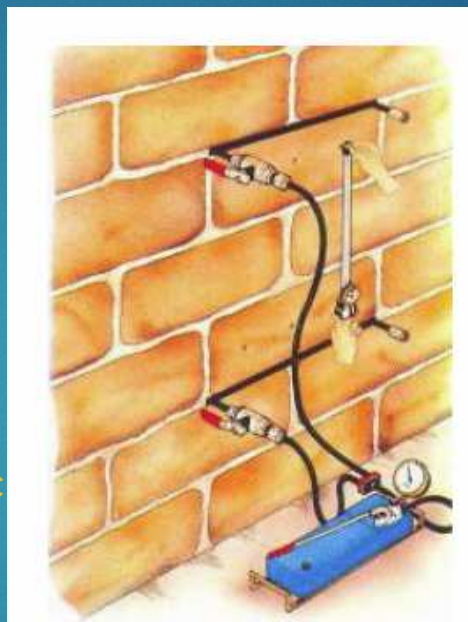
- Valutare l'impatto per i beni culturali e nel recupero di centri storici (conservazione del bene);
- Resistenze dei materiali: dai risultati delle prove.

Prove in sito non distruttive

METODOLOGIA		CAMPO DI APPLICAZIONE				
		Calcestruzzo	Muratura	Rivestimenti	Lapidei	Legno
<i>Ottiche Elettromagnetiche</i>	Osservazione visiva	✓	✓	✓	✓	✓
	Termografia	✓	✓	✓	✓	
	Georadar	✓	✓	✓	✓	✓
	Magnetometria	✓	✓			
<i>Mec. caniche</i>	Sclerometria	✓	✓	✓	✓	
	Penetrometria	✓	✓		✓	✓
	Adesione - Estrazione	✓	✓	✓		✓
	Permeabilità	✓	✓	✓	✓	
<i>Sonore</i>	Ultrasuoni	✓			✓	✓
	Indagini soniche	✓	✓		✓	
<i>Elettriche</i>	Umidimetria	✓	✓	✓	✓	✓
	Potenziale spontaneo	✓				
	Resistività	✓				
<i>Chimiche</i>	Carbonatazione	✓				
	Analisi dei cloruri	✓				

Prove per strutture in muratura

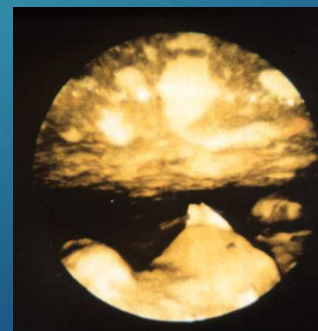
1. martinetto piatto singolo per la determinazione del regime tensionale



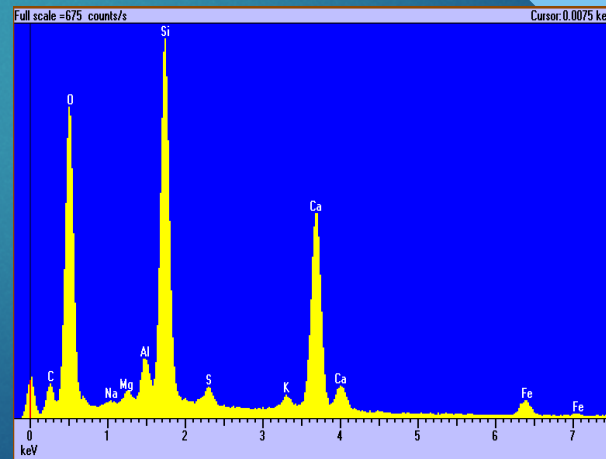
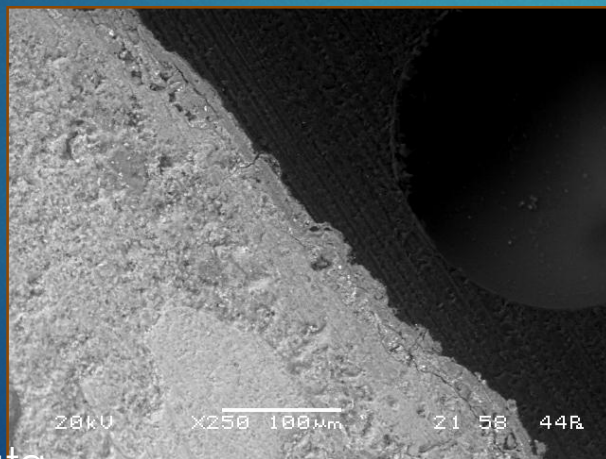
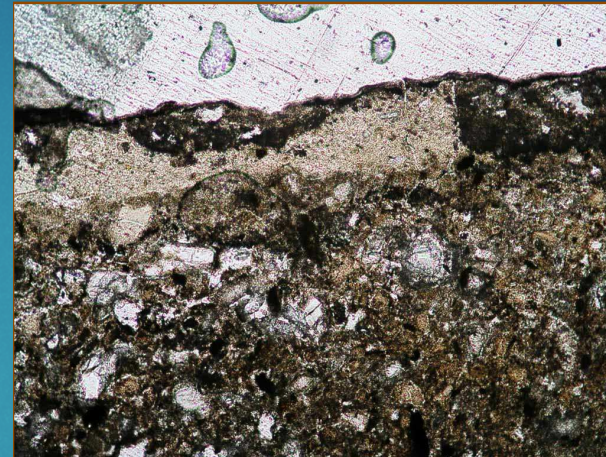
2. martinetti doppi per determinare il modulo elastico e la resistenza massima a compressione



3. prove endoscopiche per analisi interna alle murature

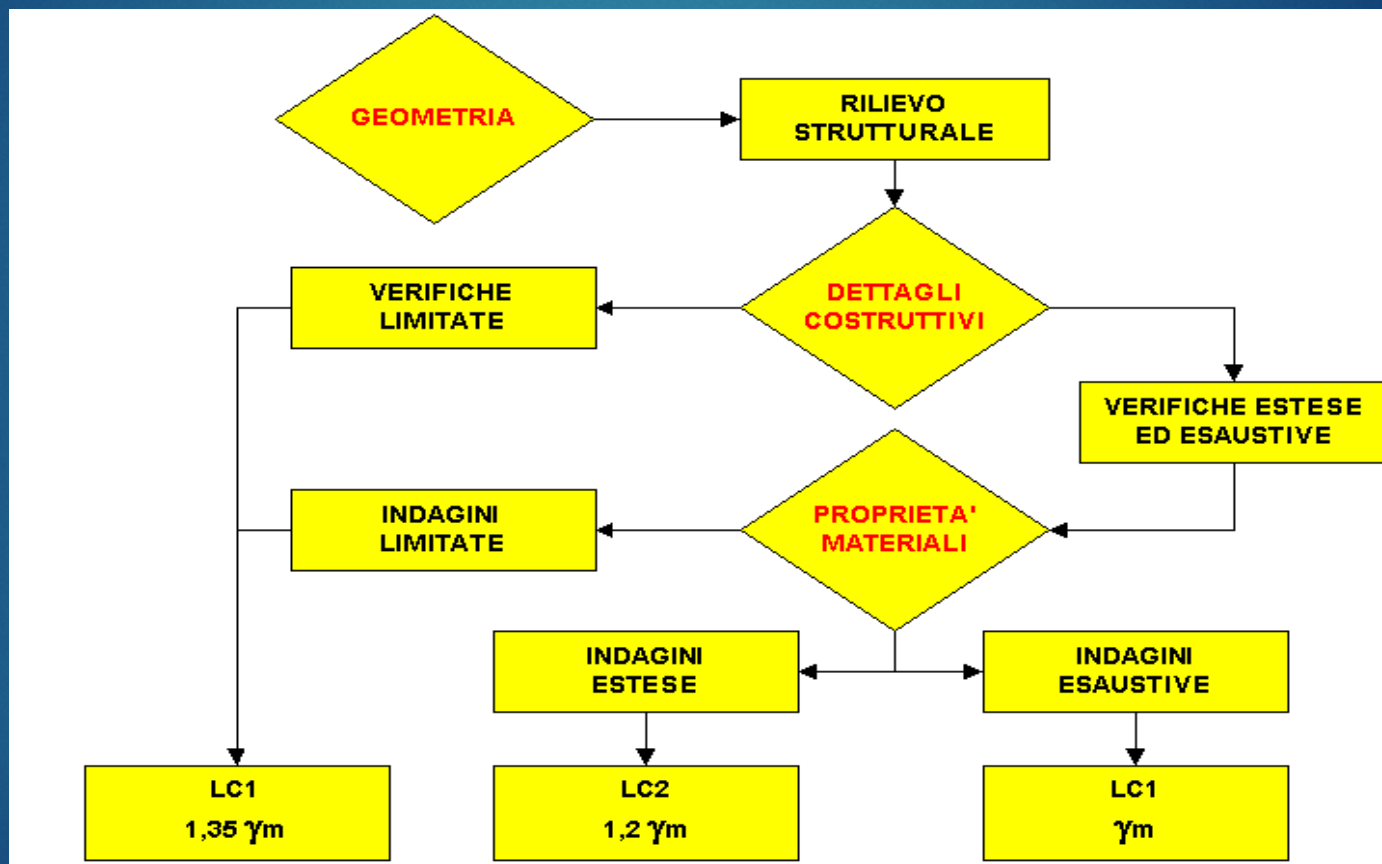


Prove degrado materiali lapidei



Cortesia S.T.A. Data

8.5.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza per la muratura – Tab. C8A 1.1



8.5.4 Materiali: livelli di conoscenza e fattori di confidenza per la muratura – Tab. C8A 1.1

Livelli di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi (Verifiche)	Proprietà dei materiali (Prove)	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo (pareti, solai, scale, quadro fessurativo, ecc.)	Estese ed esaustive	Limitate (visive e saggi ispettivi)	Tutti	1,35 (74%)
LC2			Estese 1 martinetto doppio per tipo di muratura. → resistenza materiali da tabella NTC		1,2 (83%)
LC3			Esaustive prove compressione diagonale o verticale e taglio → valori resistenza da prove		1 (100%)

8.5.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza – Tab. C8A 2.1 – Resistenza materiali

Esempio: muratura in mattoni pieni e malta di calce

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	

LC1: FC = 1,35 $f_m = 240/1,35 = 178$ $\tau_0 = 4,4$ E = 1185 G = 370

LC2: FC = 1,2 $f_m = 320/1,2 = 267$ $\tau_0 = 6,3$ E = 1250 G = 417 (+50%)

LC3: FC = 1 valori da prove

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w (kN/m ³)
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300	10,0	2700	810	11
	400	13,0	3600	1080	
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

Interventi volti ad incrementare la resistenza nei maschi murari

32

Rinforzi tramite FRP- ristilatura armata dei giunti



La stilatura dei giunti con inserimento di tondi o piatti in FRP introduce una resistenza a trazione che il muro non ha e consente di generare un effetto arco-tirante che incrementa la resistenza a compressione verticale nel piano. L'incamiciatura di pilastri trasforma in pluri-assiale lo stato di tensione mono-assiale (confinamento).

INOLTRE TONDI O PIATTI IN FRP POSSONO CONTENERE SENSORI DI DEFORMAZIONE UTILI A REALIZZARE MONITORAGGIO CONTINUO.



Costruzioni esistenti in muratura

Meccanismi di danno



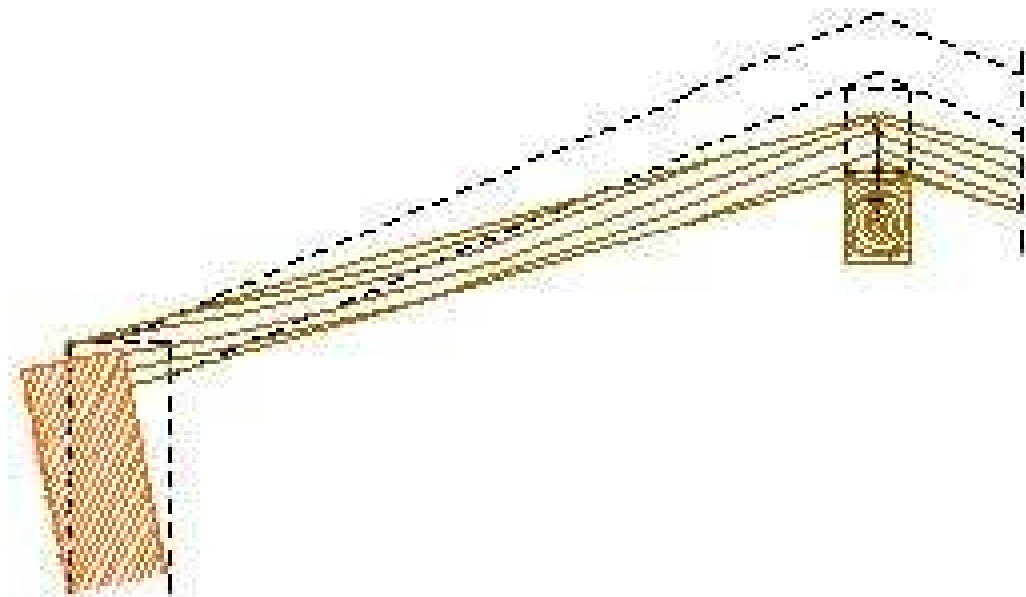
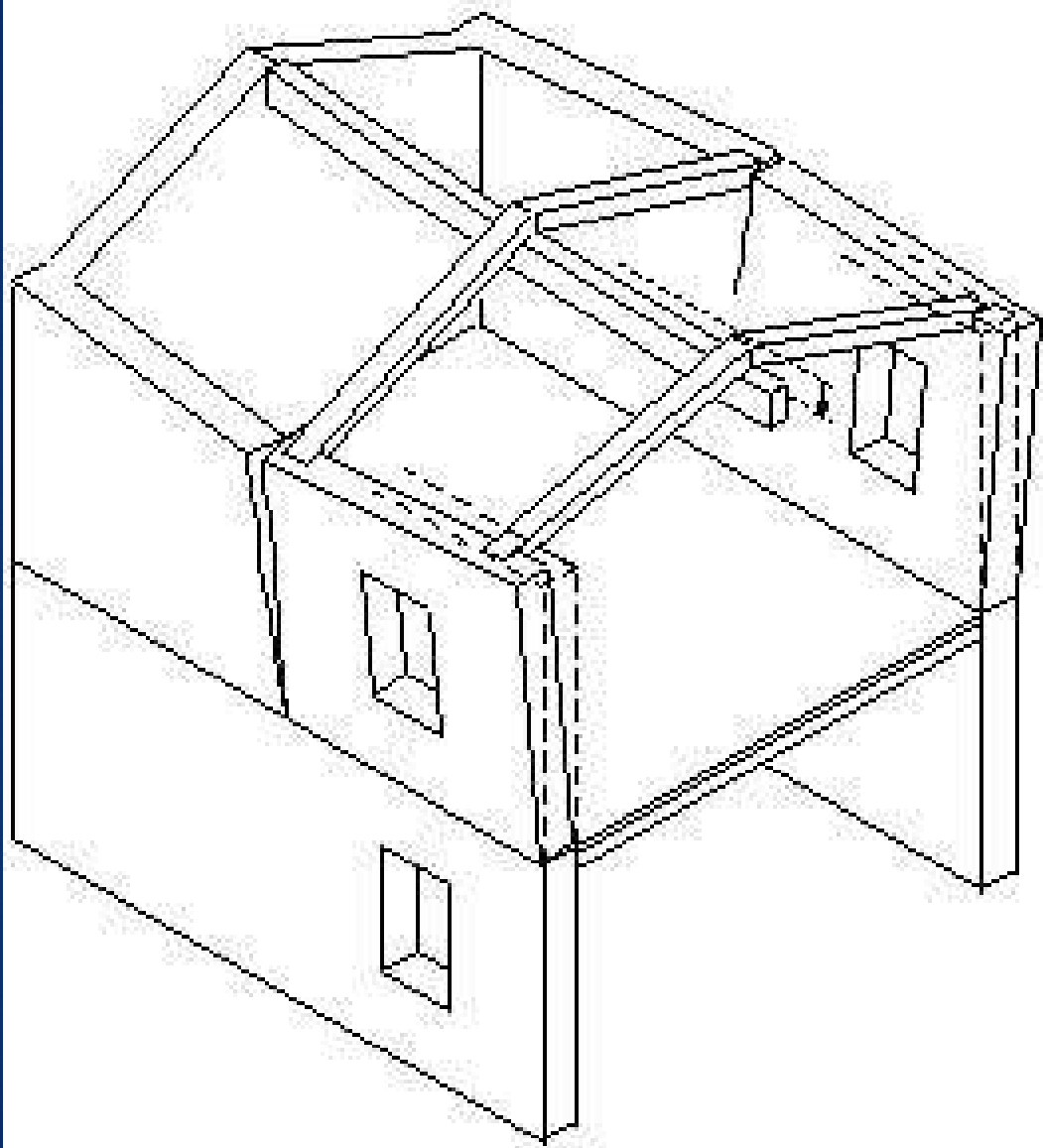
Link interessante:

<http://www00.unibg.it/dati/corsi/60044/71385-CORSO%202015%20-%20MURATURE%20IN%20ZONA%20SISMICA%20E%20INTERVENTI.pdf>

Costruzioni esistenti in muratura

Meccanismi di danno locale (espulsione fuori piano)

Sono i più pericolosi perché possono avvenire con una energia imposta dal sisma anche di un ordine di grandezza più bassa rispetto a quella dei meccanismi nel piano



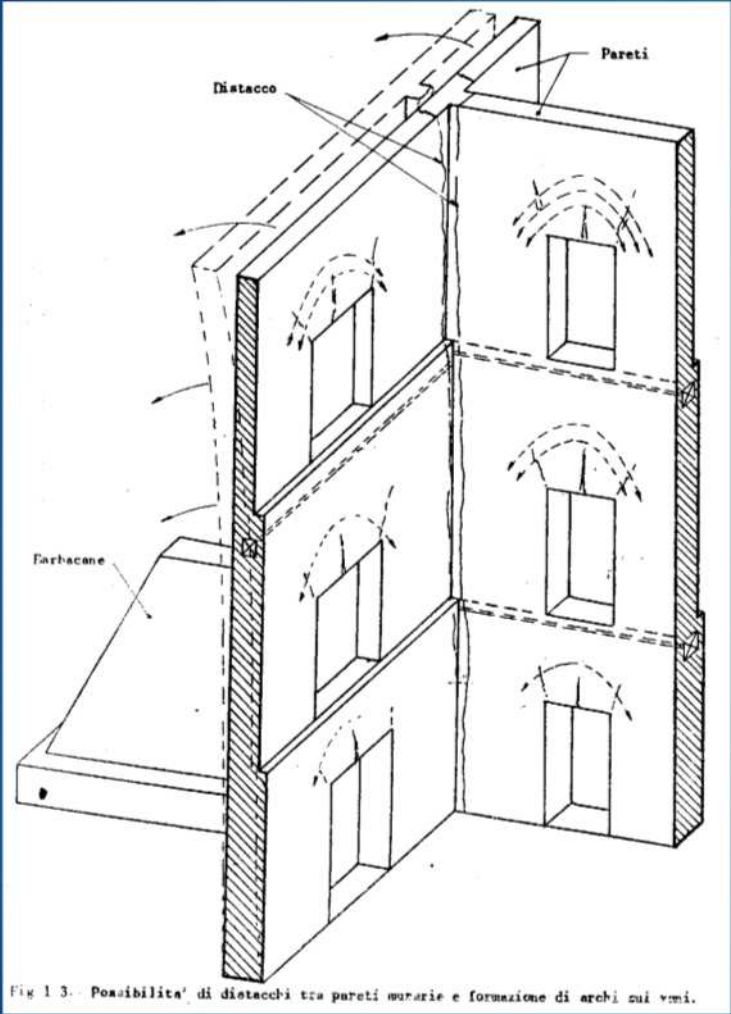
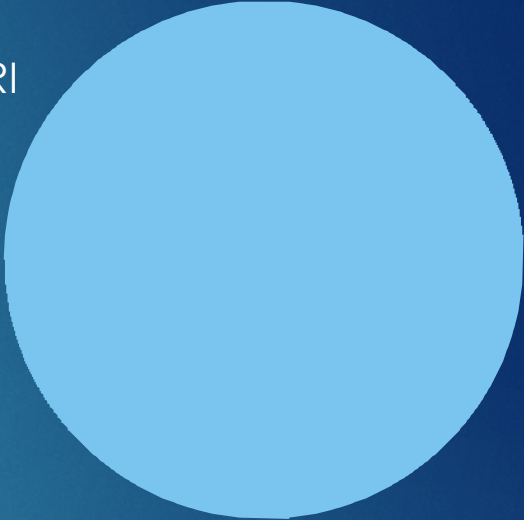


Fig 1 3: Possibilita' di distacchi tra pareti murarie e formazione di archi sui vmi.

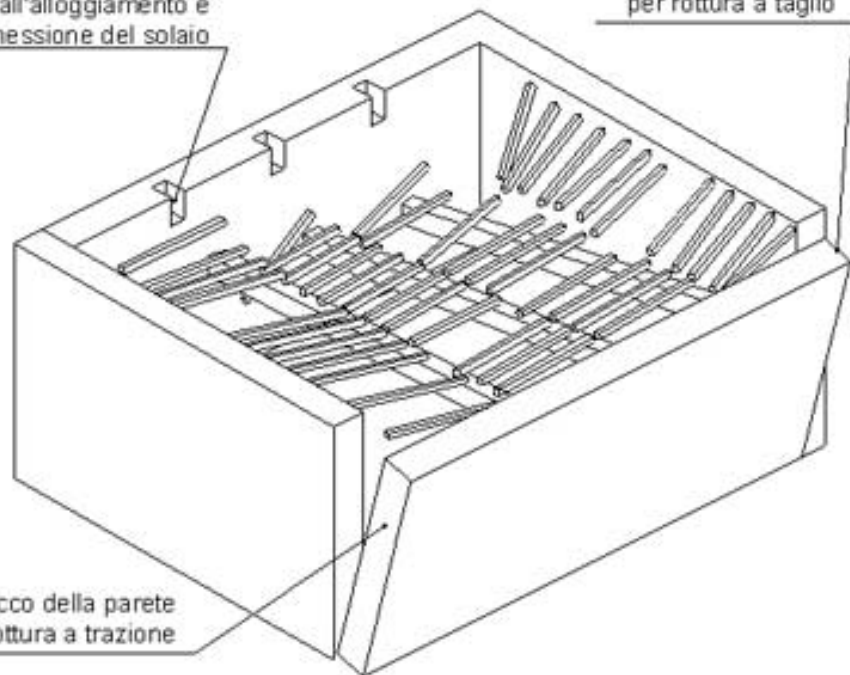
DISCONNESSIONE MURI ORTOGONALI



Sfilamento delle travi dall'alloggiamento e sconnesione del solaio

Distacco della parete per rottura a taglio

Distacco della parete per rottura a trazione



Distacco della parete per rottura a taglio

Orditura principale

Orditura secondaria

Ancoraggio della trave centrale

Distacco della parete per rottura o trazione

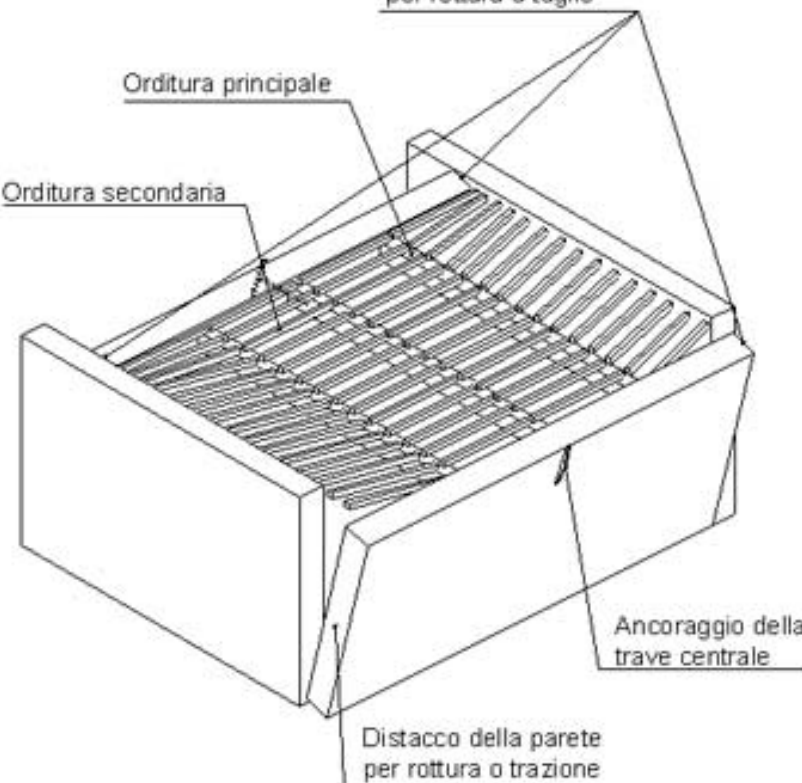


Fig. 10a – Esempio di collasso di primo modo per una parete non vincolata al solaio.

Fig. 10b - Esempio di collasso di primo modo per una parete collegata con catena al muro parallelo.

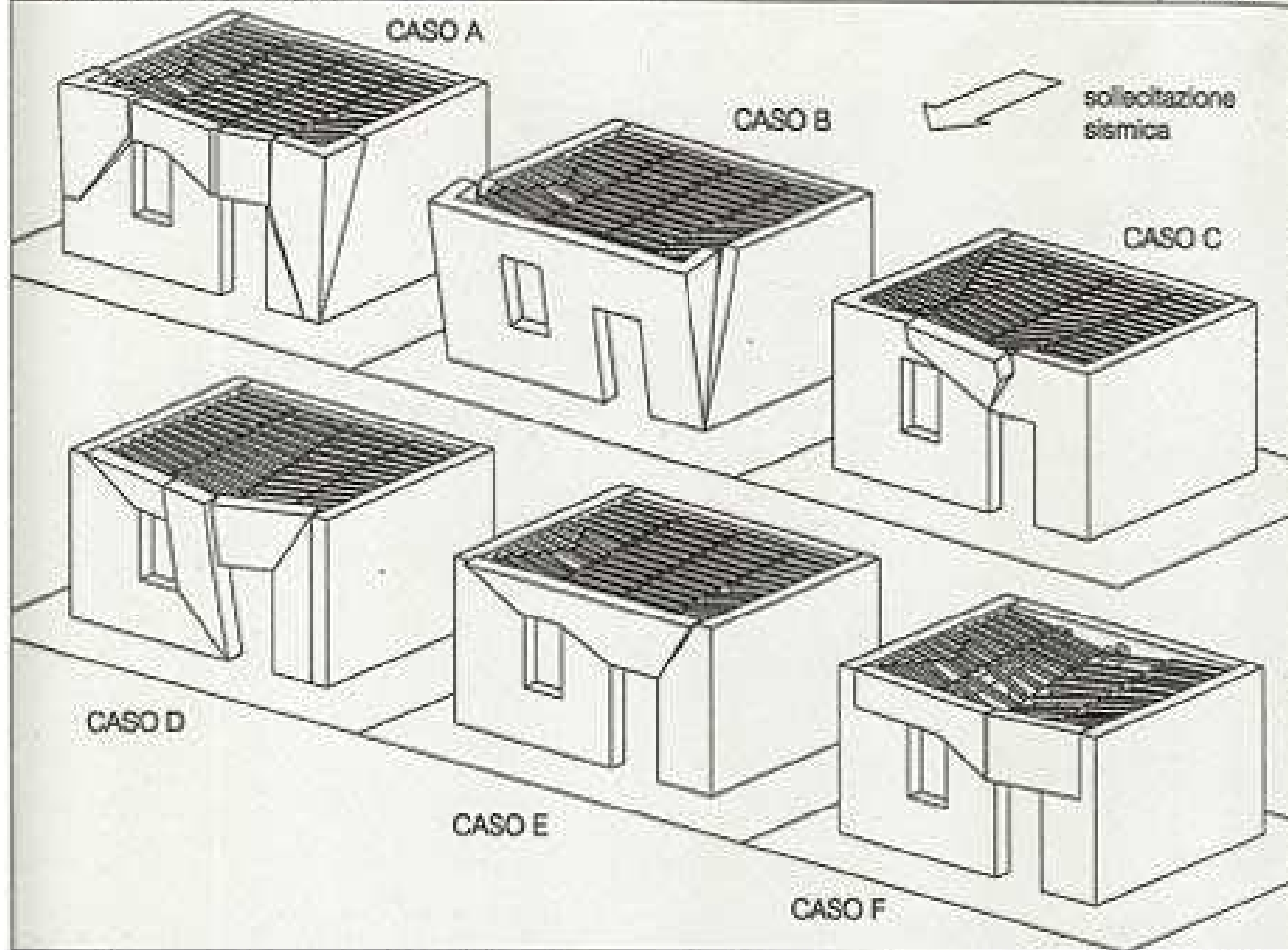
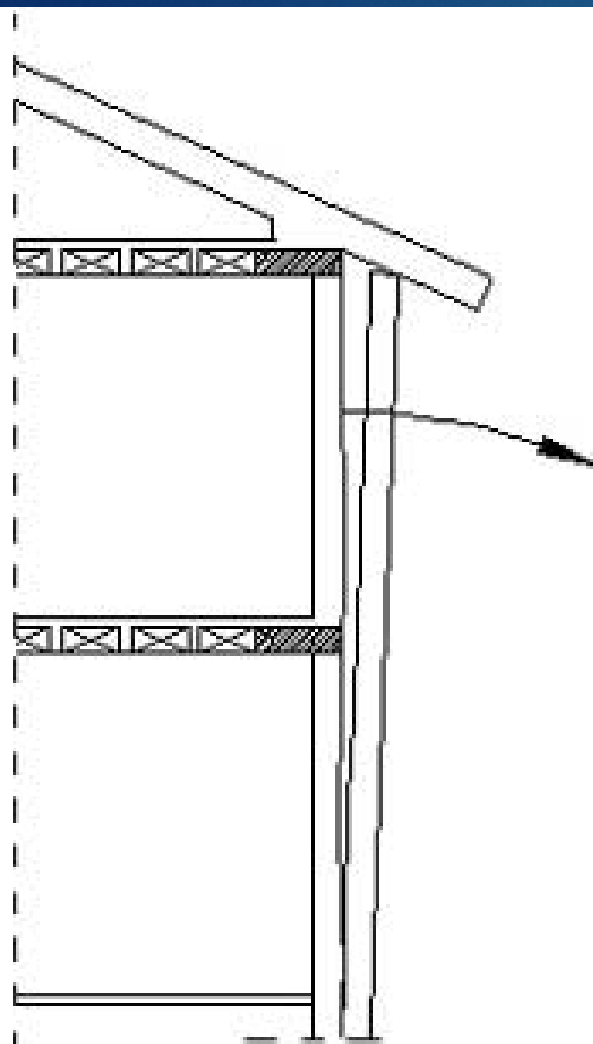


Fig. 14 – Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici Regione dell'Umbria – Tipografia DEI



Collegare tra loro
con «diatoni» i
paramenti dei muri
a sacco è di
primaria
importanza

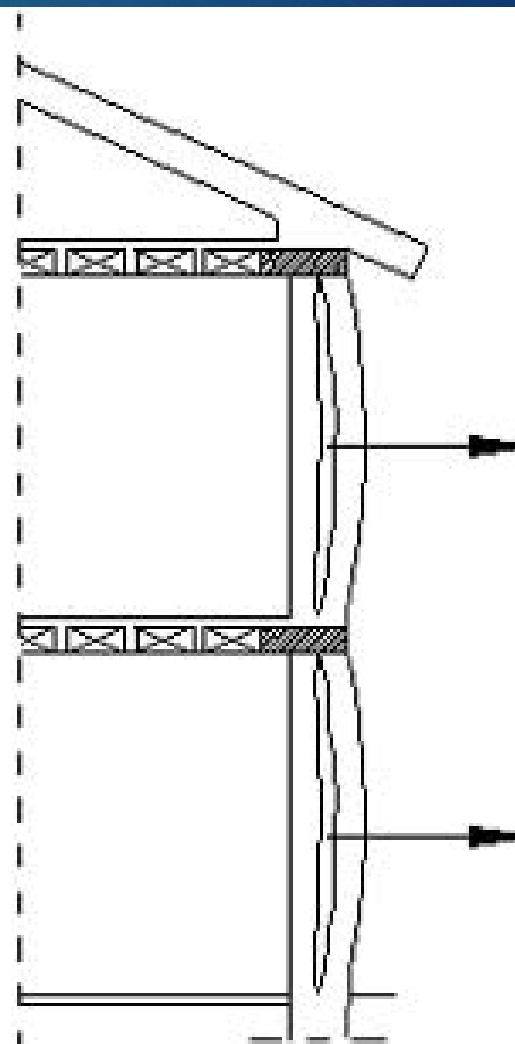


Fig. 11a – Distacco di paramenti esterni

Fig. 11b – Altro distacco di paramenti
esterni

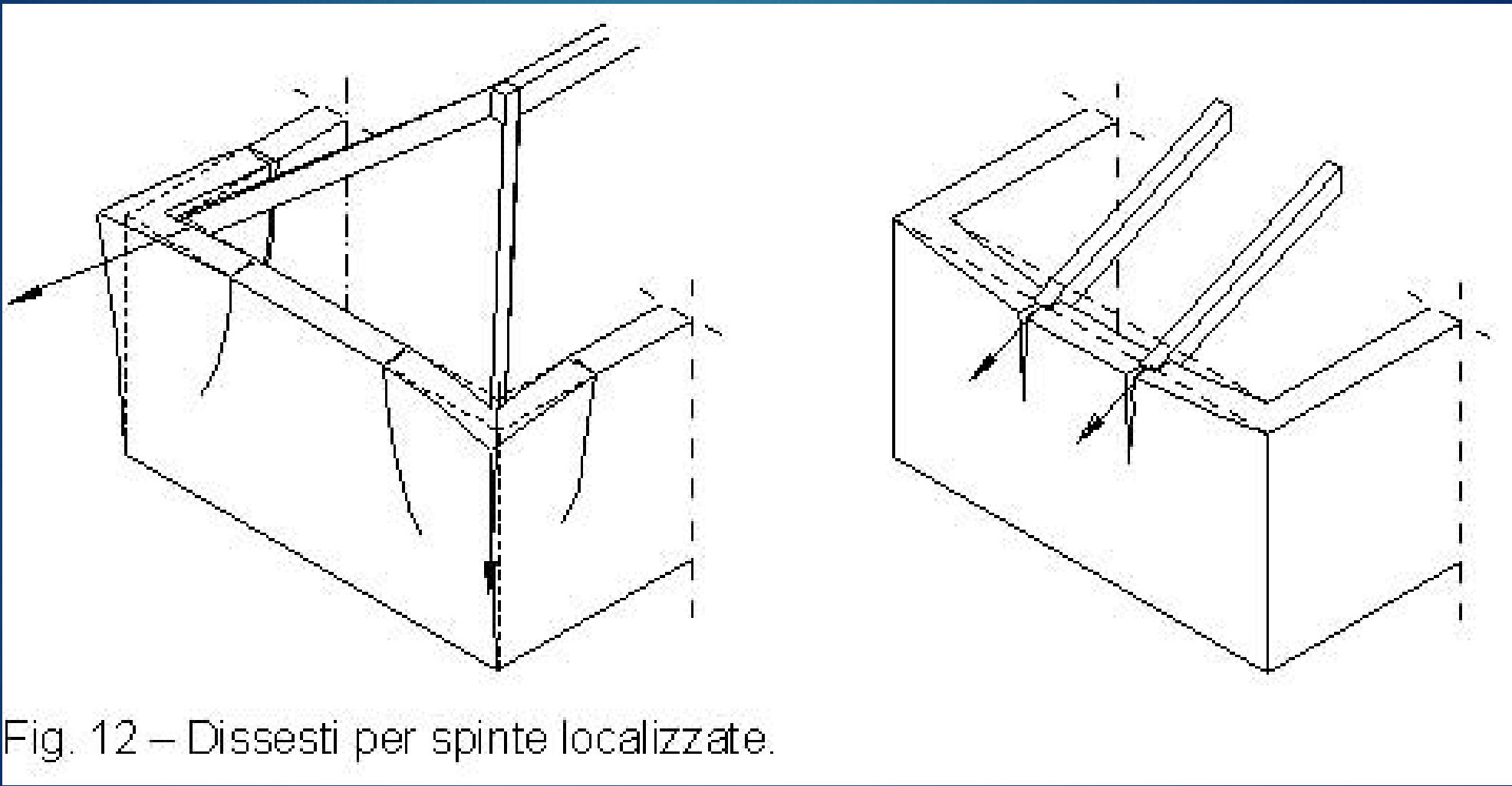


Fig. 12 – Dissesti per spinte localizzate.

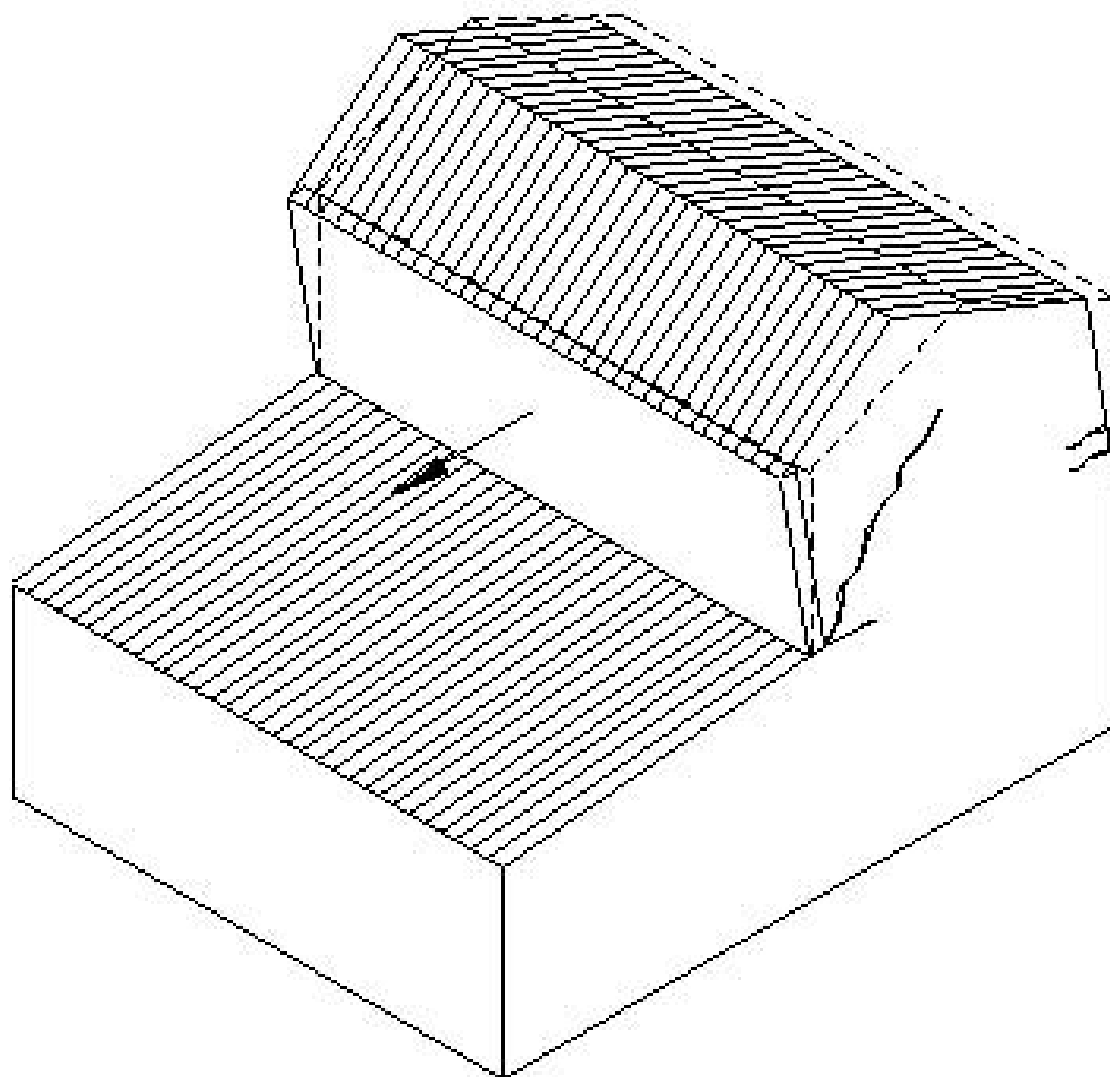


Fig. 13 – Dissesti per variazioni di rigidezza concentrate.

Costruzioni esistenti in muratura

Meccanismi di danno per rottura nel
piano

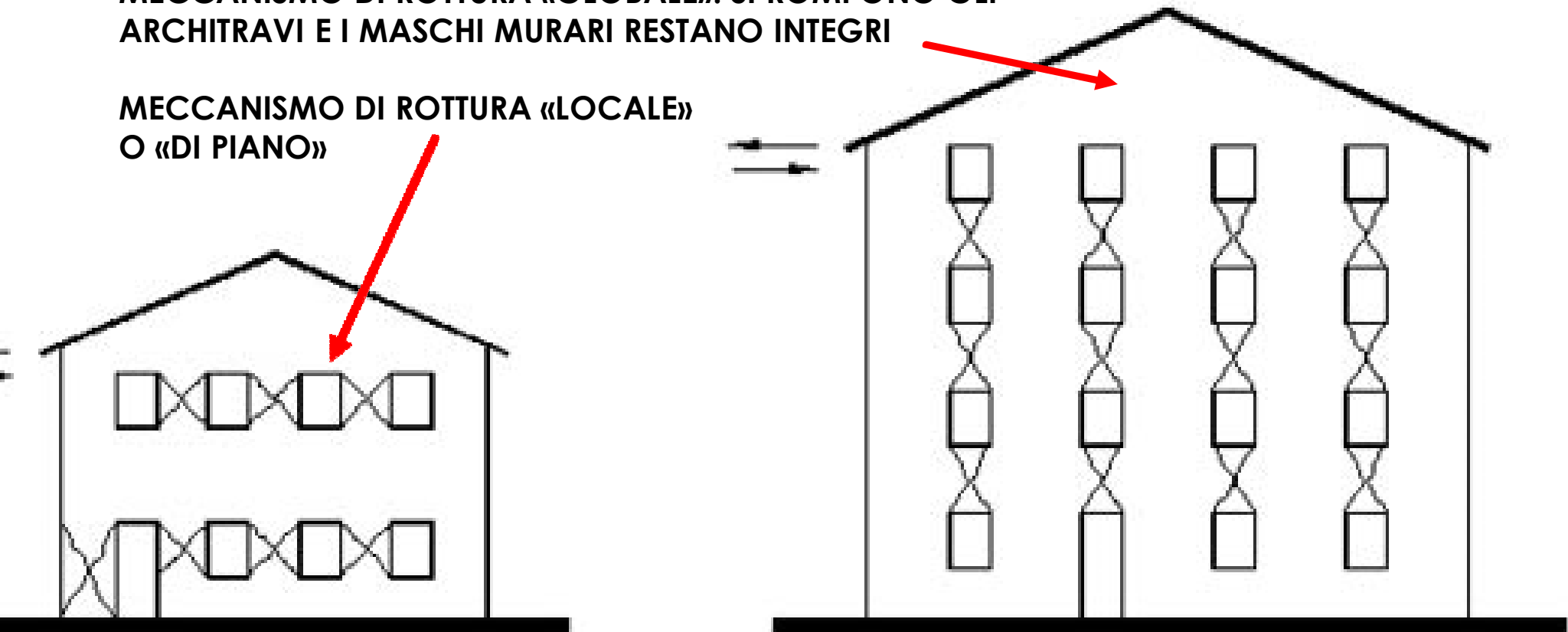


ROTTURA DEI MASCHI MURARI NEL LORO PIANO

43

MECCANISMO DI ROTTURA «GLOBALE»: SI ROMPONO GLI ARCHITRAVI E I MASCHI MURARI RESTANO INTEGRI

**MECCANISMO DI ROTTURA «LOCALE»
O «DI PIANO»**



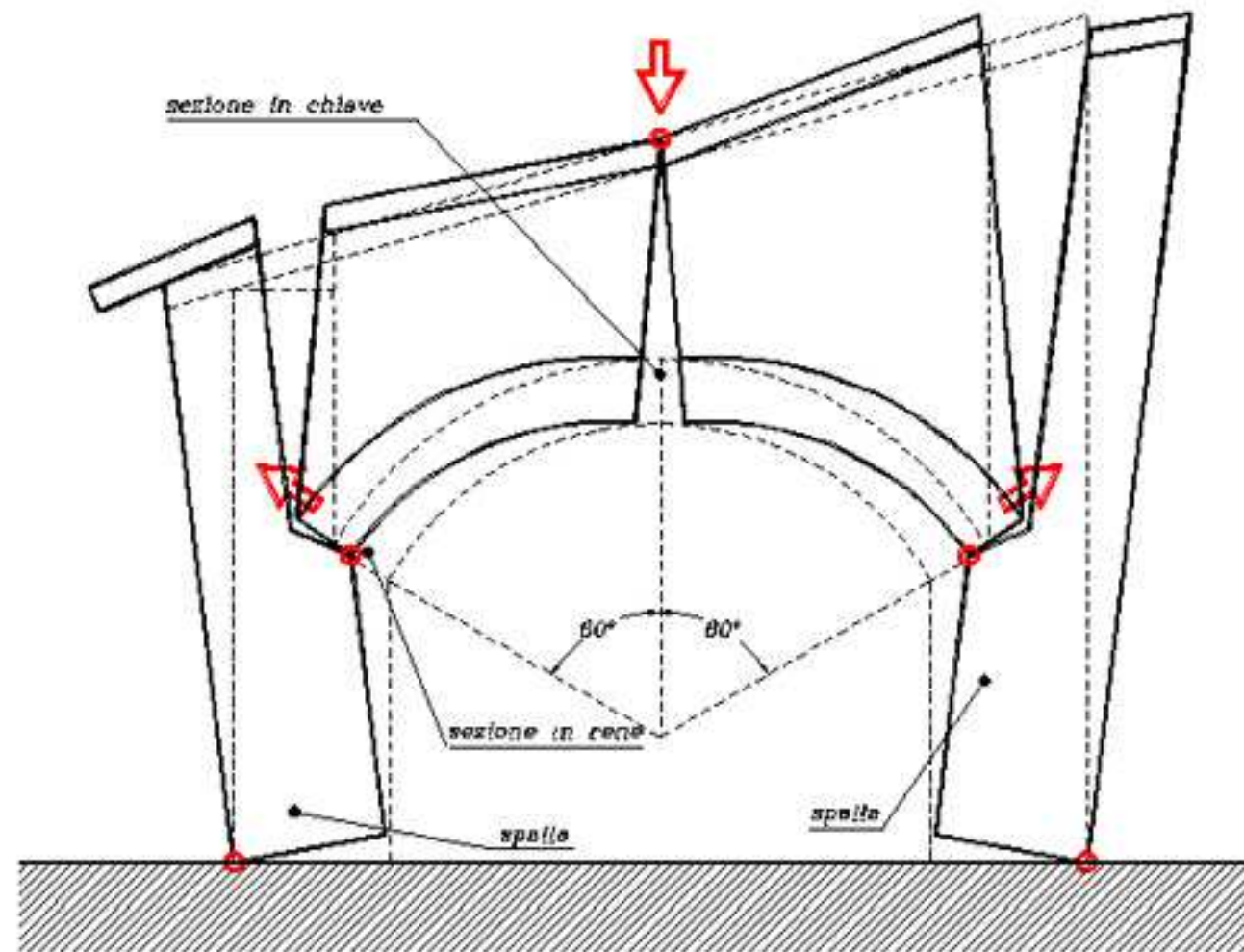


Fig. 20 – Meccanismo di dissesto di struttura ad arco in seguito all'azione sismica che amplifica la spinta dell'arco sulle spalle provocandone il collasso

Costruzioni esistenti in muratura

Meccanismi di danno per
disgregazione in macroelementi



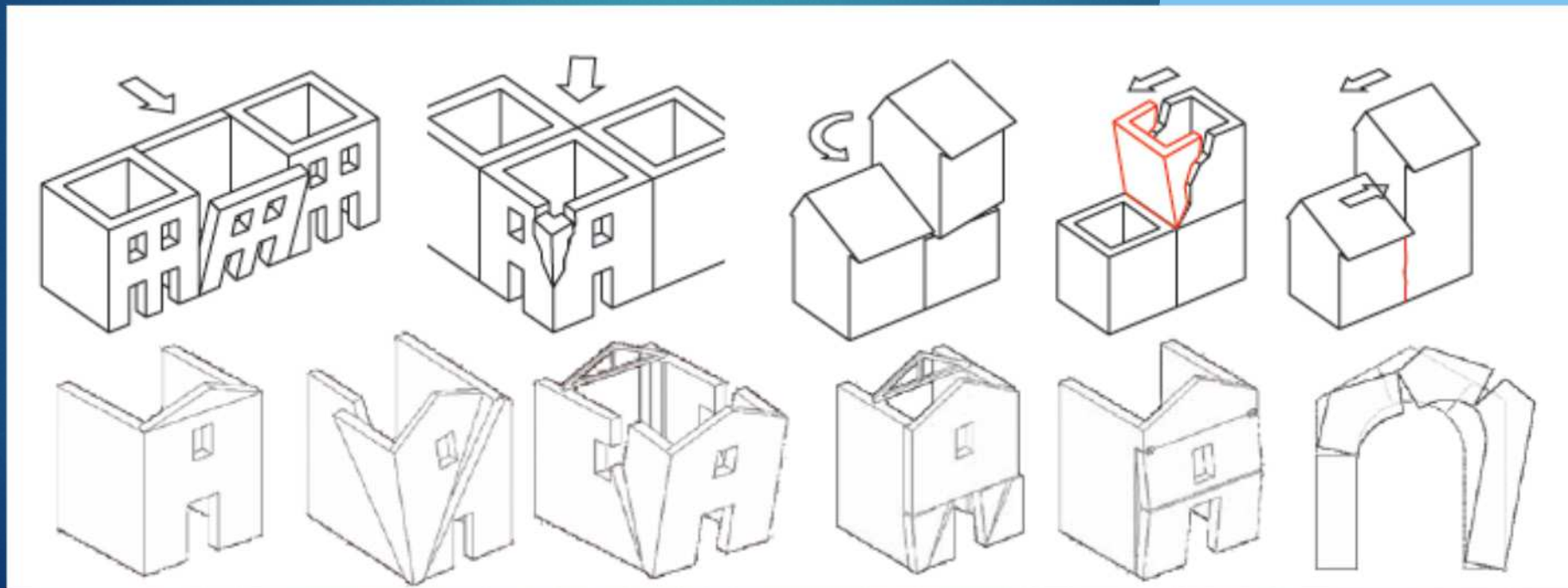
Macroelementi:

IN PRESENZA DI SISMI INTENSI LE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI TENDONO A SCOMPORSI IN MACROELEMENTI. LE ANALISI FEM LINEARI NON COLGONO IL FENOMENO

46

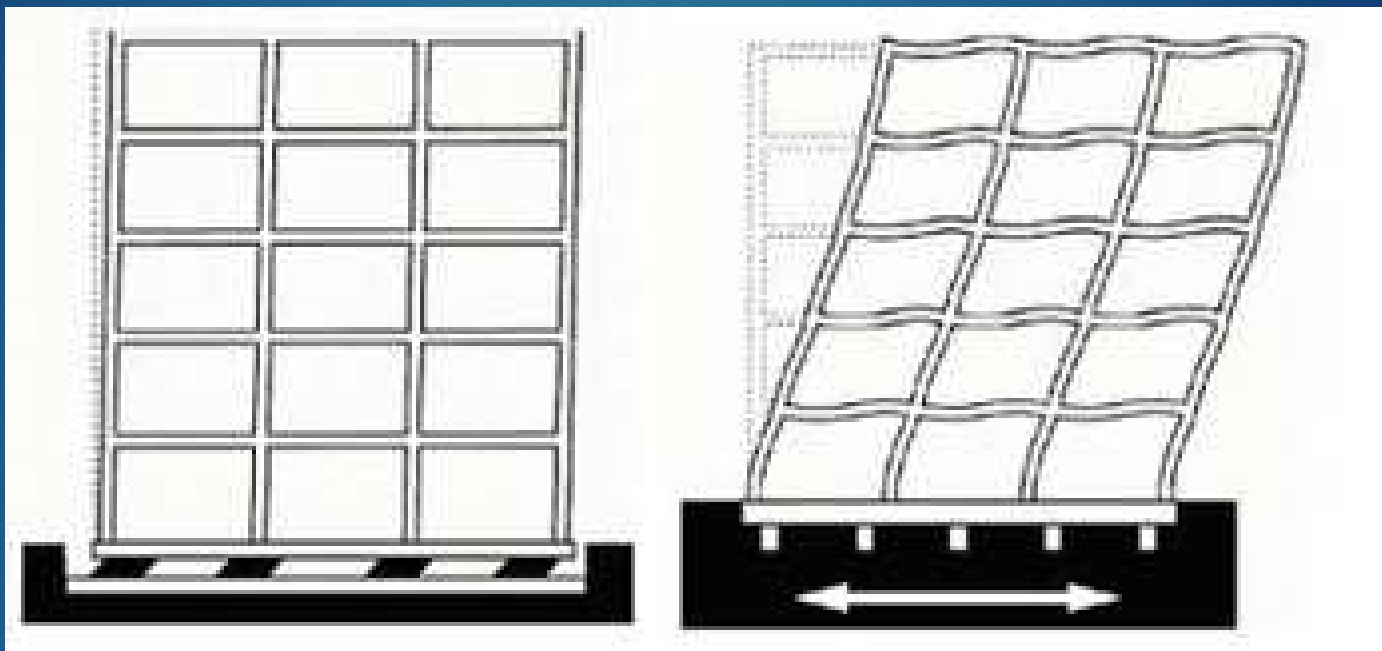
Macroelemento: riconoscibile parte della struttura con caratteristiche omogenee rispetto al comportamento strutturale. Può coincidere con un componente architettonico e/o funzionale.

I macro-elementi sono separati da zone di confine strutturalmente deboli o da lesioni legate al danno statico o sismico



E' ATTUABILE L'ISOLAMENTO SISMICO PER
GLI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA?

Alcuni esempi

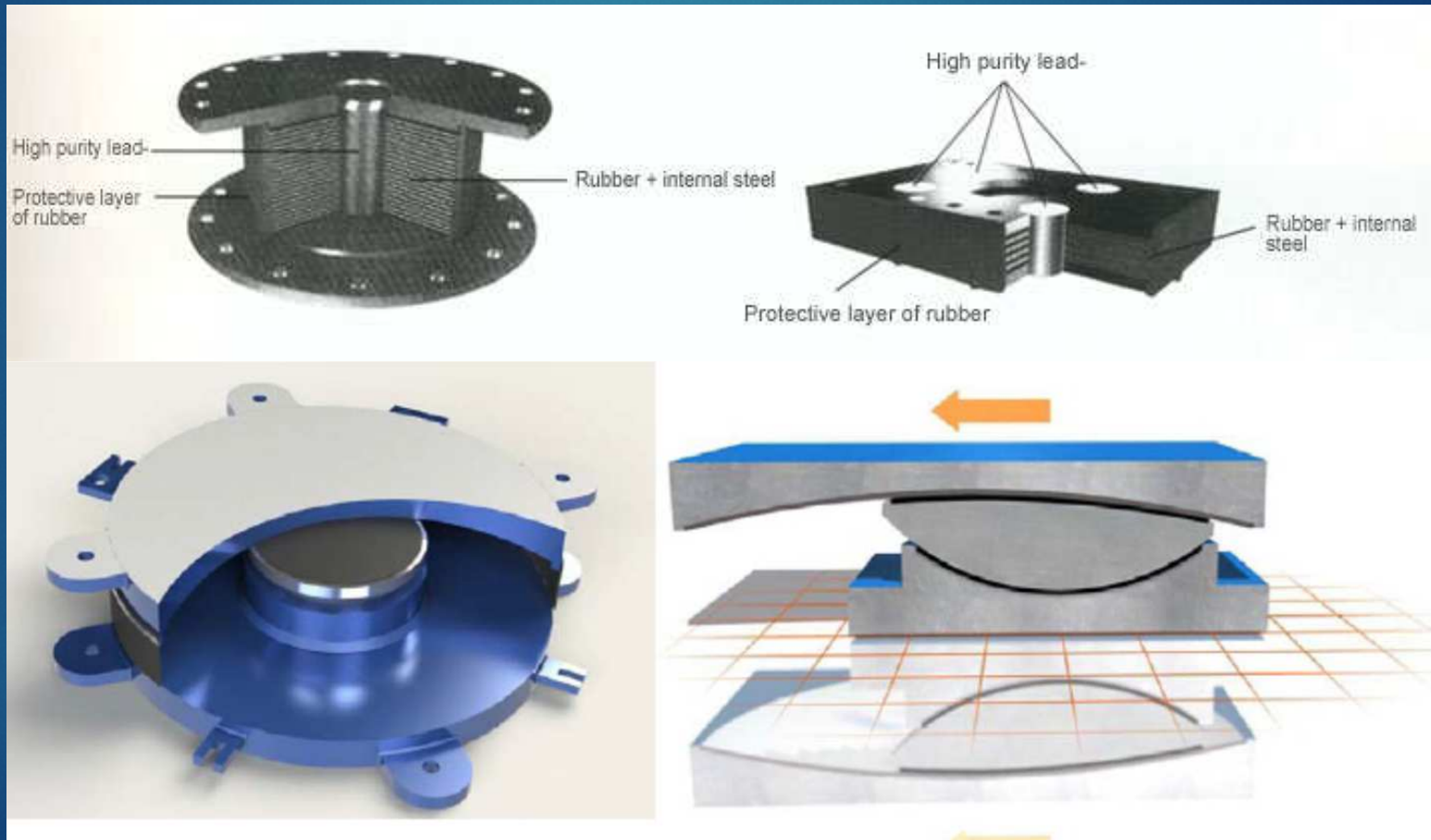


isolamento sismico alla base.

Si può applicare a costruzioni
esistenti e nuove

I più comuni dispositivi per isolamento alla base:
Lead-rubber bearings (Lushan hospital) e
curved surface sliders

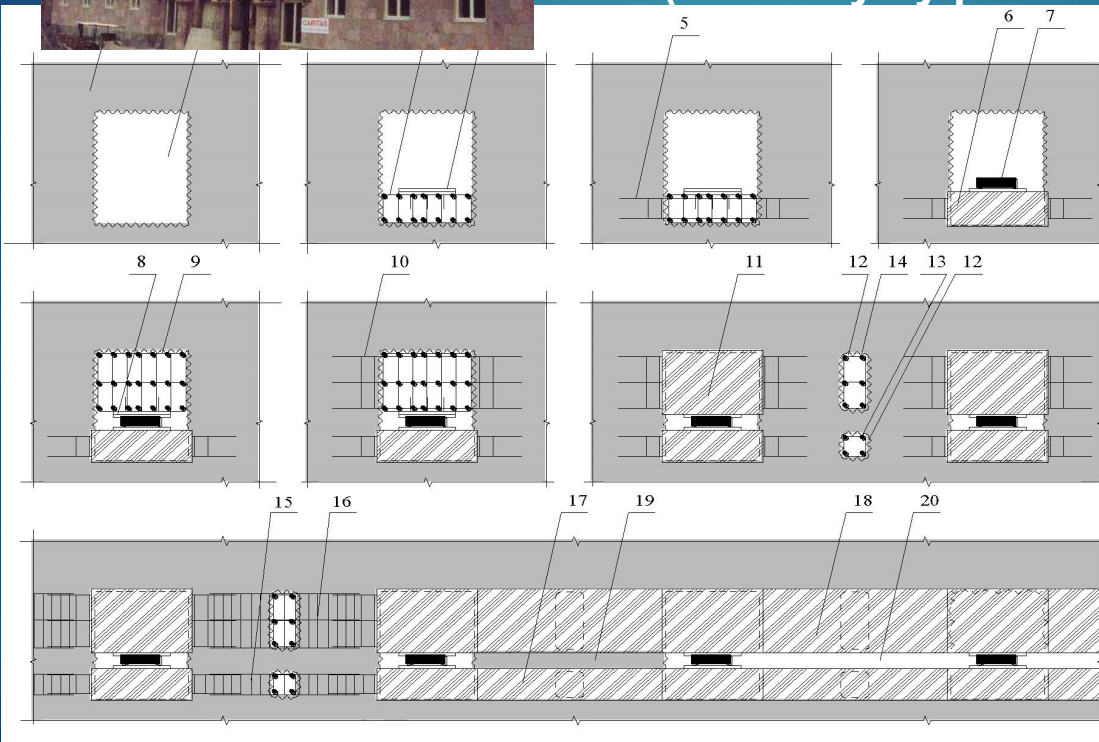
49



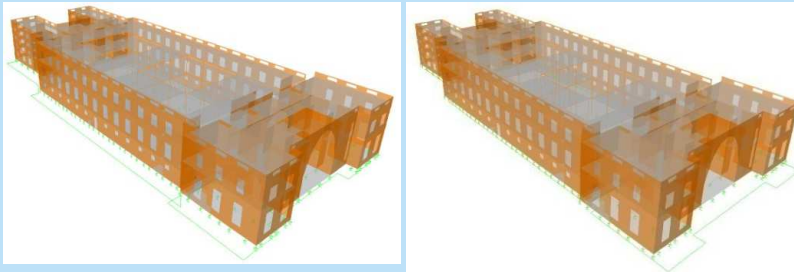


EDIFICIO SCOLASTICO IN VANADZOR, ARMENIA

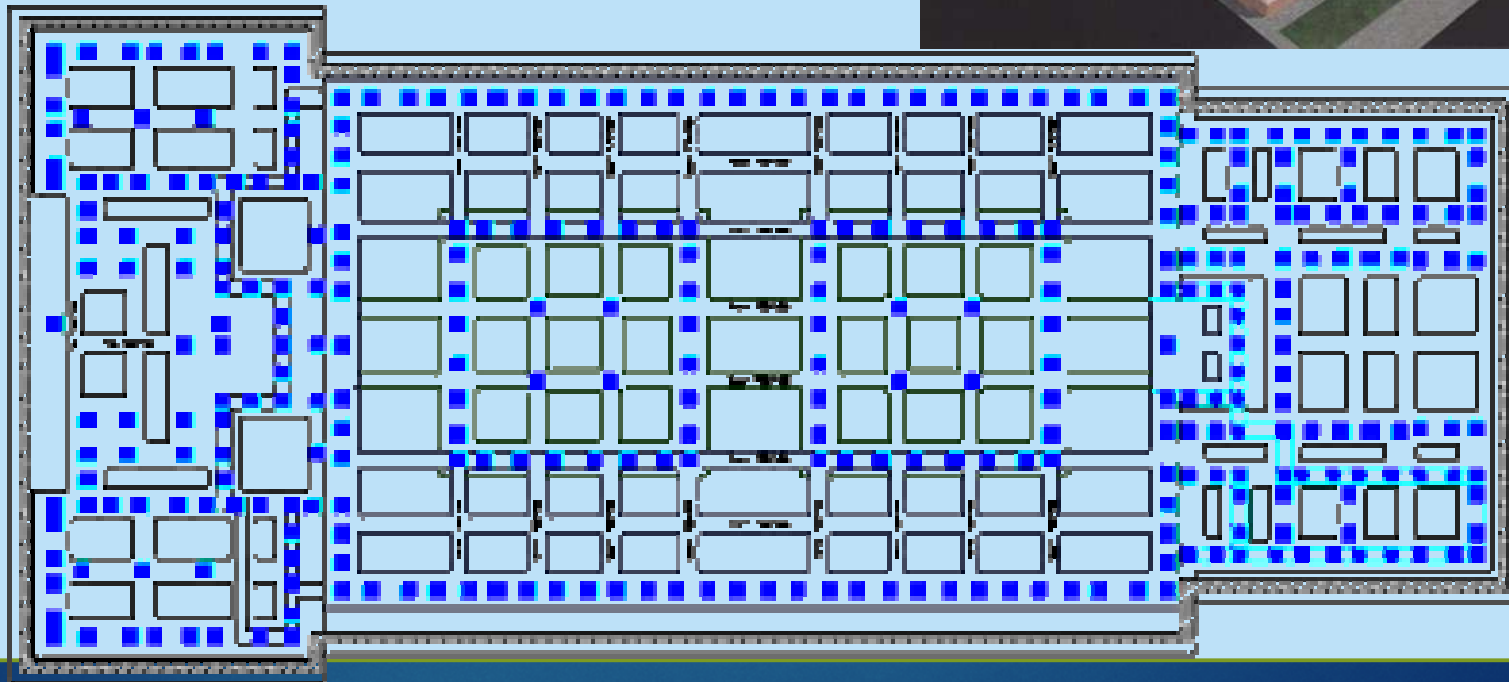
Edificio in muratura a 4 livelli (55 anni)
Isolamento con “Medium Damping
Rubber Bearings” (MDNB), 2002
(courtesy by prof. M. Melkumyian)



IRAN BASTAN MUSEUM (TEHRAN)



(P. Clemente, A. Santini, M.G. Ashtiany)



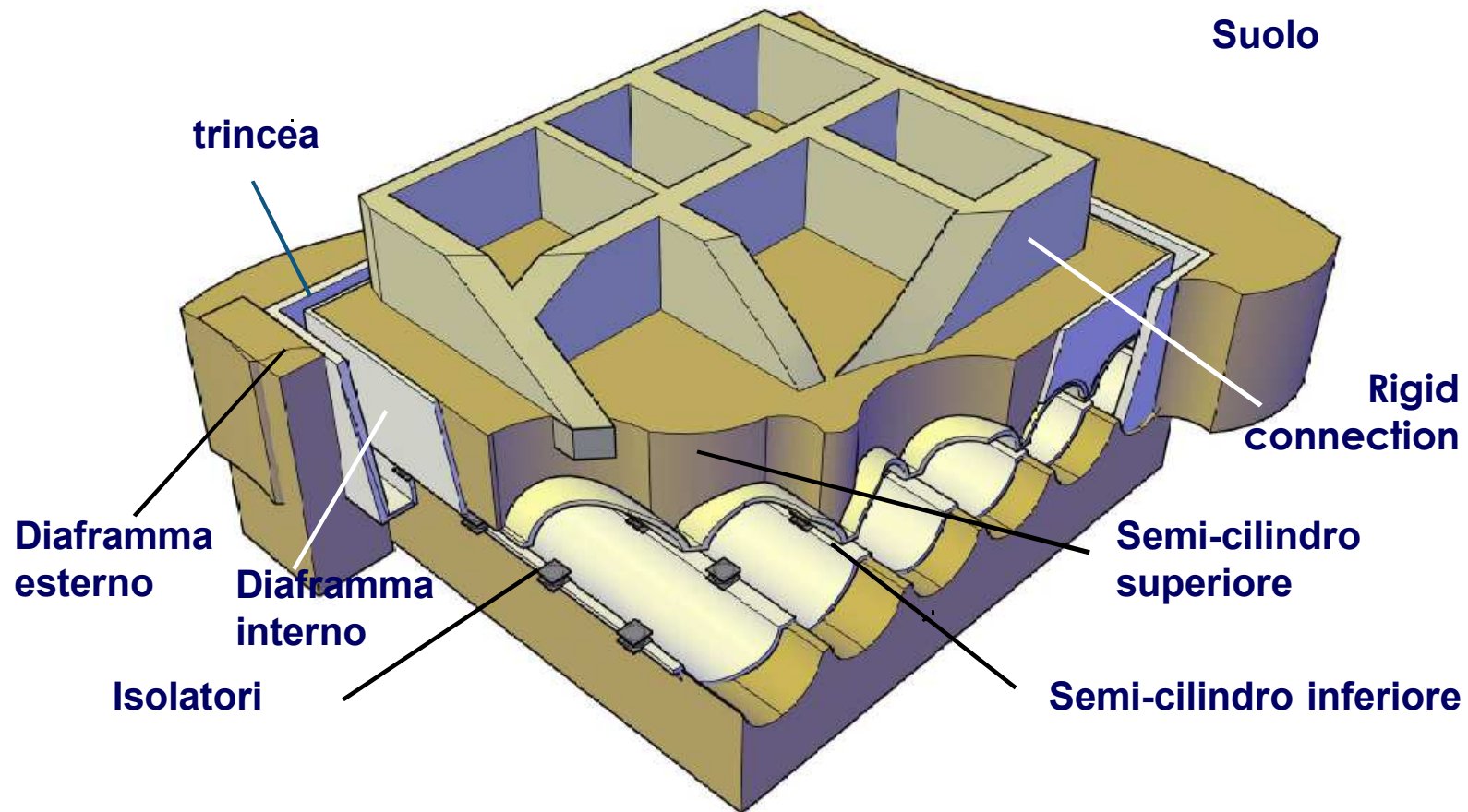
TECNICA SOLES™



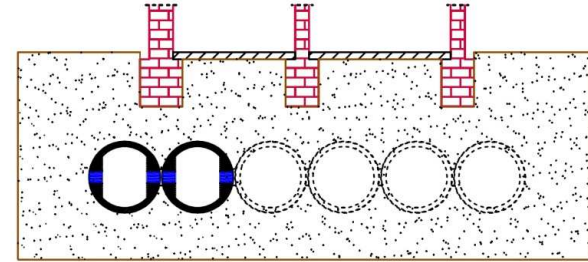
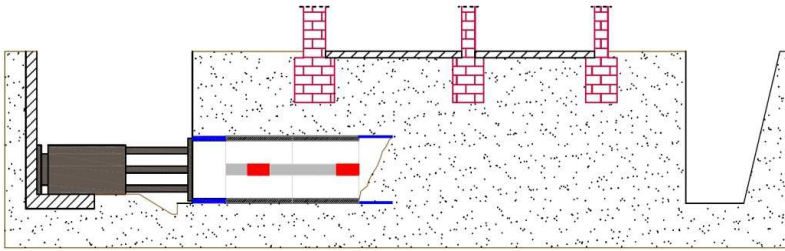
I dispositivi isolatori sono collocati tra le due piastre che vengono strutturalmente separate, in modo che la piastra superiore poggia solo su isolatori

S.I. STRUCTURE FOR EXISTING BUILDINGS

International Brevetto internazionale ENEA (P. Clemente) e
Politecnico di Torino (A. De Stefano, G. Barla)

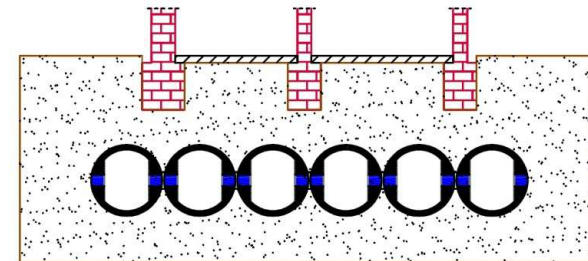
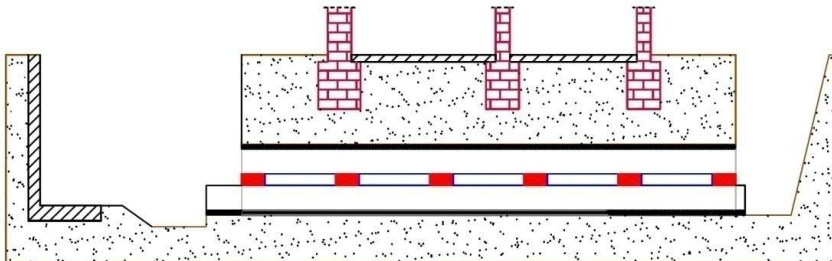


SISEB: INSERTION OF THE PIPES



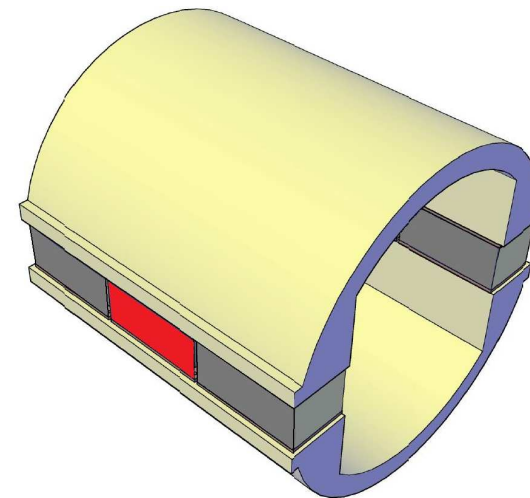
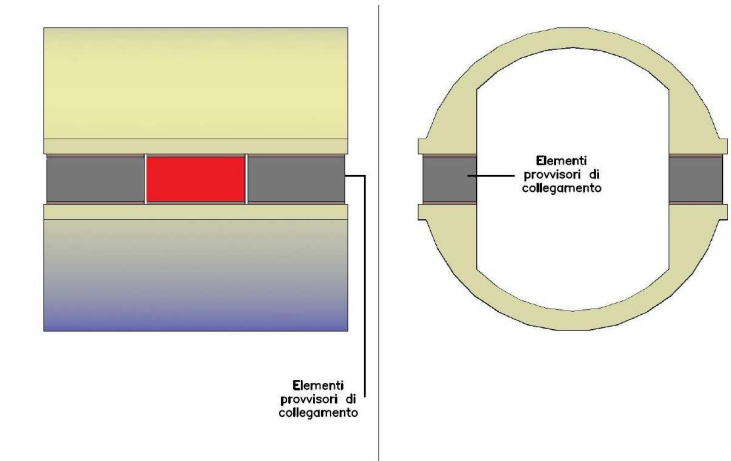
- excavation of a trench at one side of the building
- **Insertion of horizontal pipes by means of auger boring or micro-tunnelling (no dig techniques);**

Diameter of pipes ≥ 2 m, to allow the inspection.



SISEB: SPECIAL PIPES

- Have a particular shape;
- Are composed of two portions, the lower and the upper sectors, respectively, which are connected by means of removable elements:
 - **Red elements: where the isolators will be inserted**
 - Grey elements



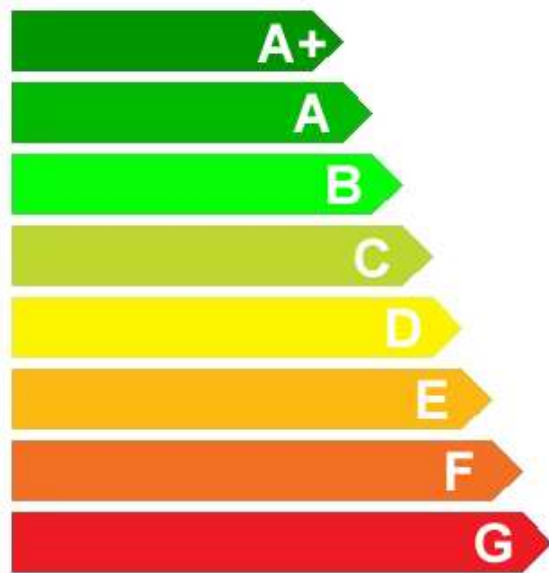
**APPLICAZIONE PROPOSTA:
PALAZZO MARGHERITA (L'AQUILA)**





Grazie per l'attenzione

Cortesia ing. Adriano Castagnone, STA DATA



LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI

15-3-2017

Legge di bilancio 22-12-2016

Sismabonus

DM n. 58 del 28-2-2017

Testo originale

DM n. 65 del 7-3-2017

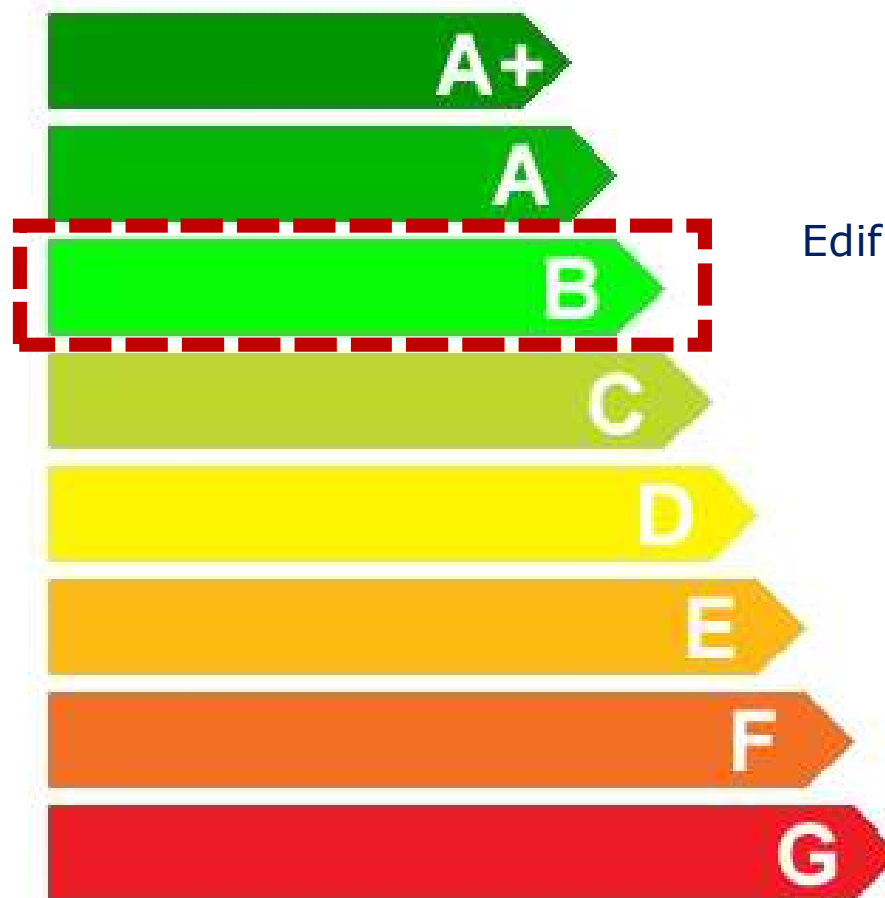
Correzione per competenze estese a Geometri e Periti

- Allegato A) Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni
- Allegato B) Modello per asseverazione

Obiettivo: riduzione del rischio sismico

- Integrazione DPR 380 con definizione della Classe di Rischio
- Progetto con Asseverazione allegata alla segnalazione certificata di inizio attività – Classe di rischio iniziale e finale
- Al termine dei lavori DL e Collaudatore attestano la conformità delle opere
- Asseverazione e attestazione conformità necessari per il Sismabonus

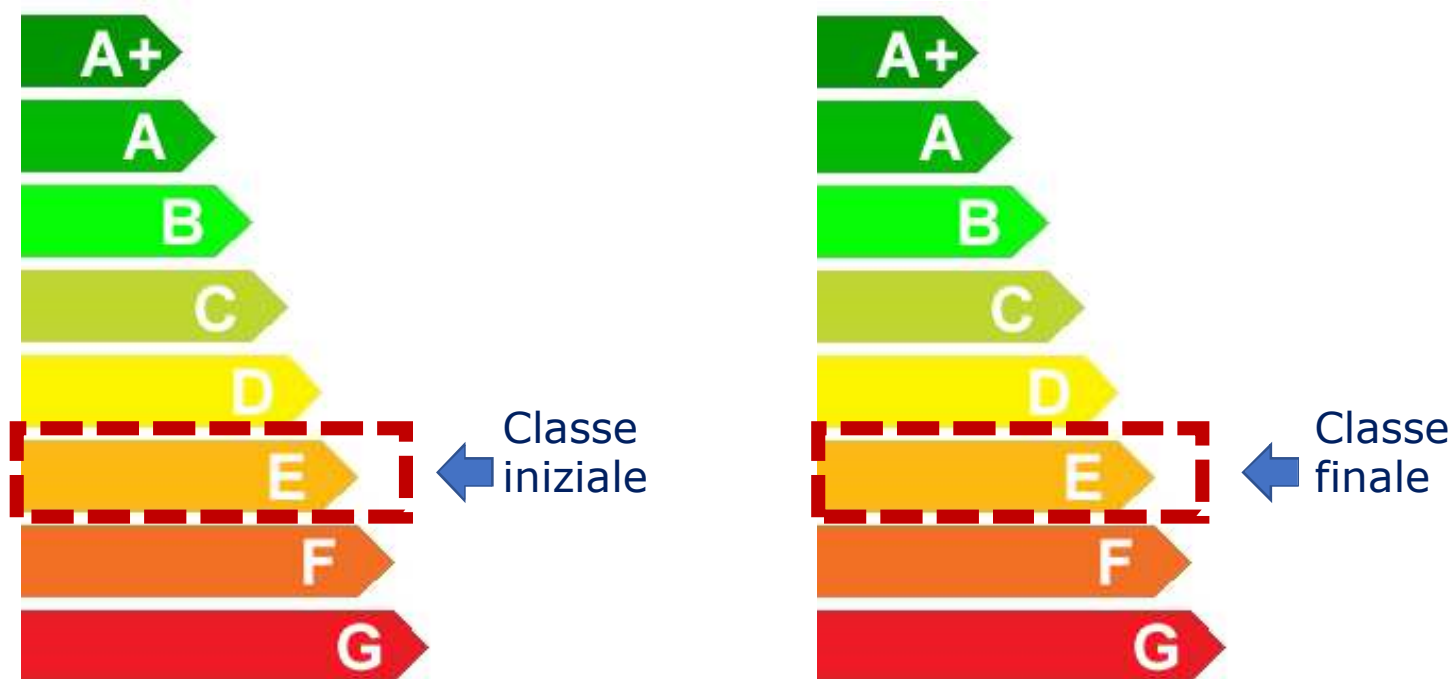
Classi di rischio



Edificio a norma

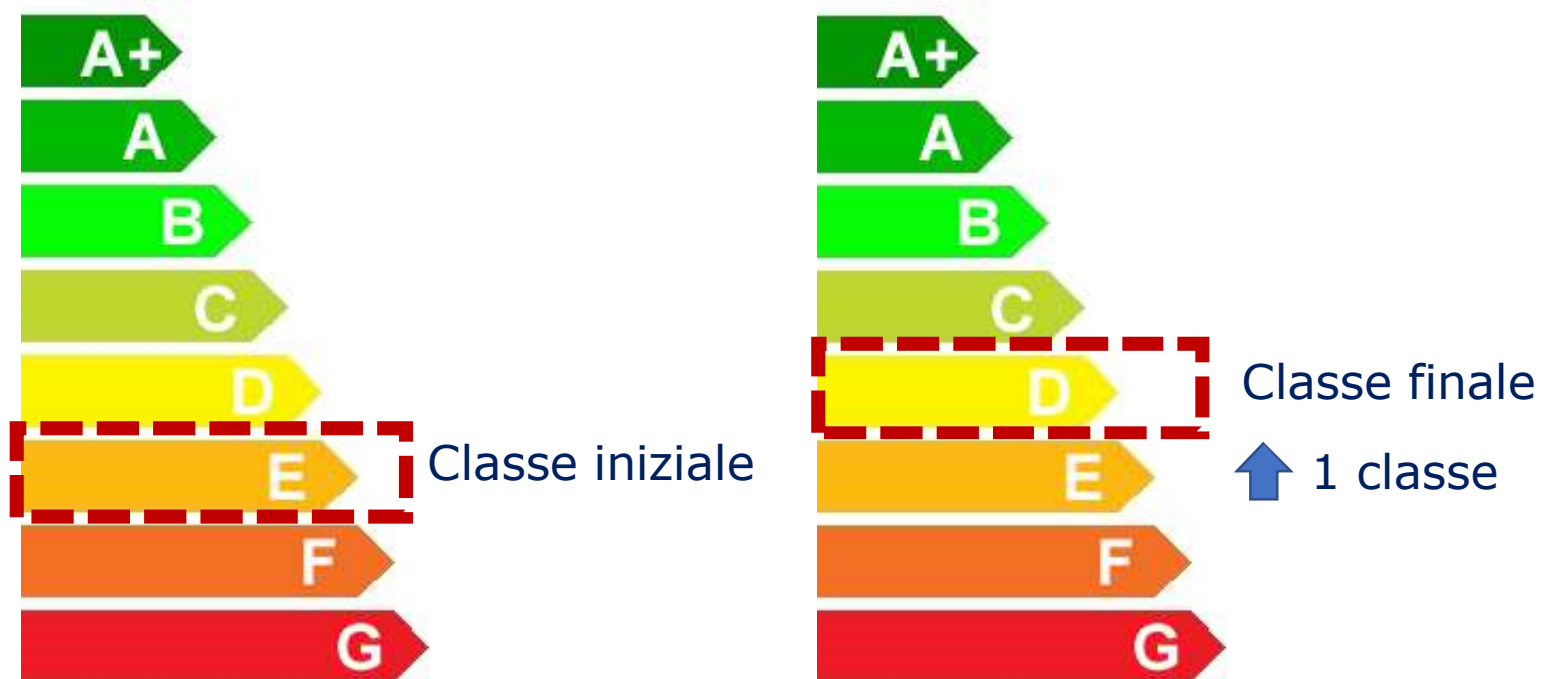
Sismabonus: 50%

Zone sismiche: 1, 2, 3 secondo OPCM 3274



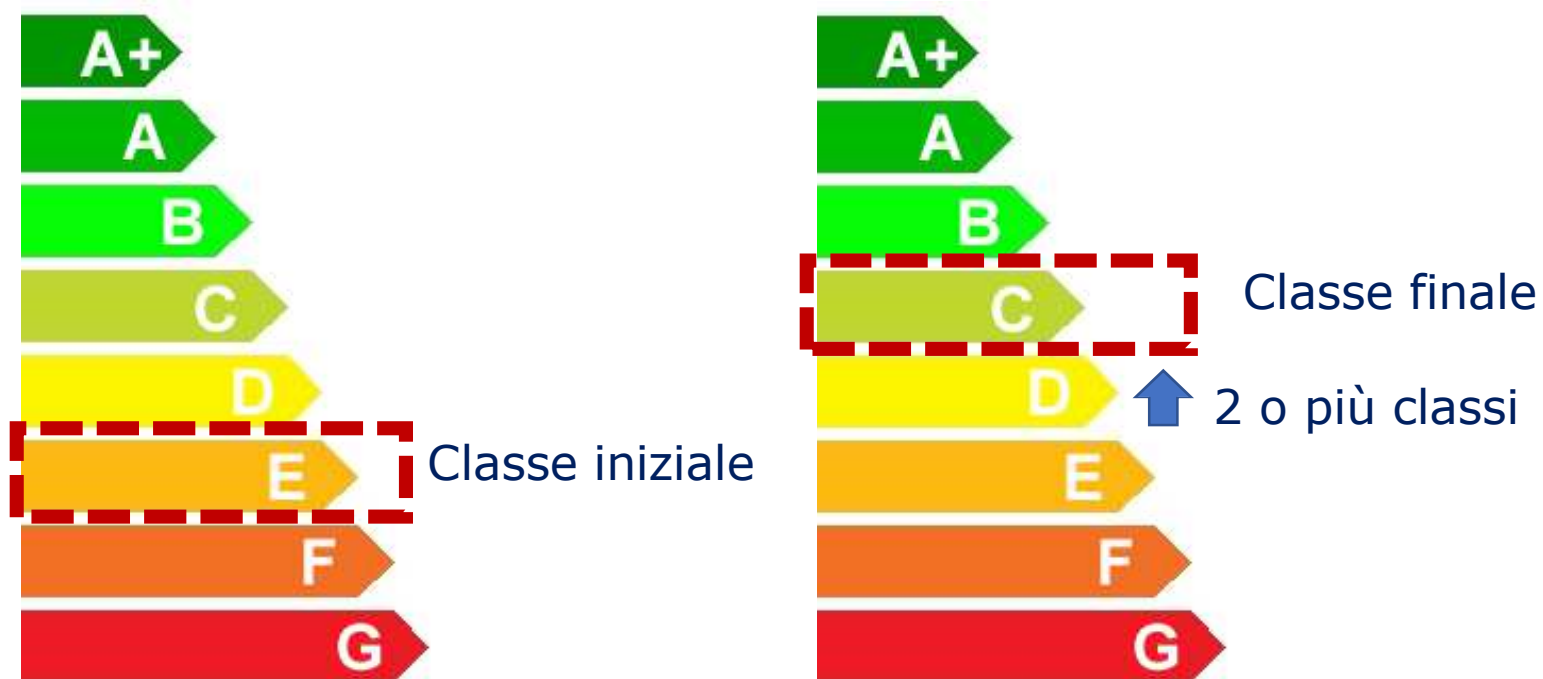
Sismabonus: 70%-75% 96.000€

Zone sismiche: 1, 2, 3 secondo OPCM 3274



Sismabonus: 80%-85% 96.000€

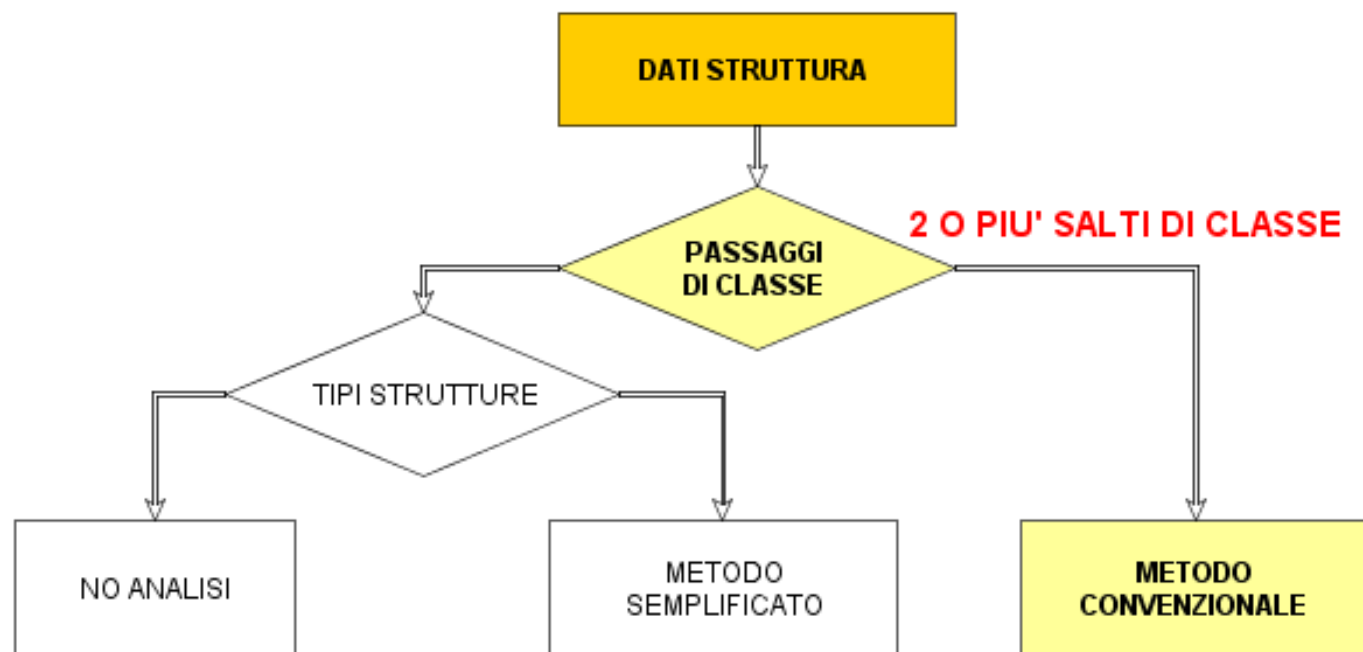
Zone sismiche: 1, 2, 3 secondo OPCM 3274



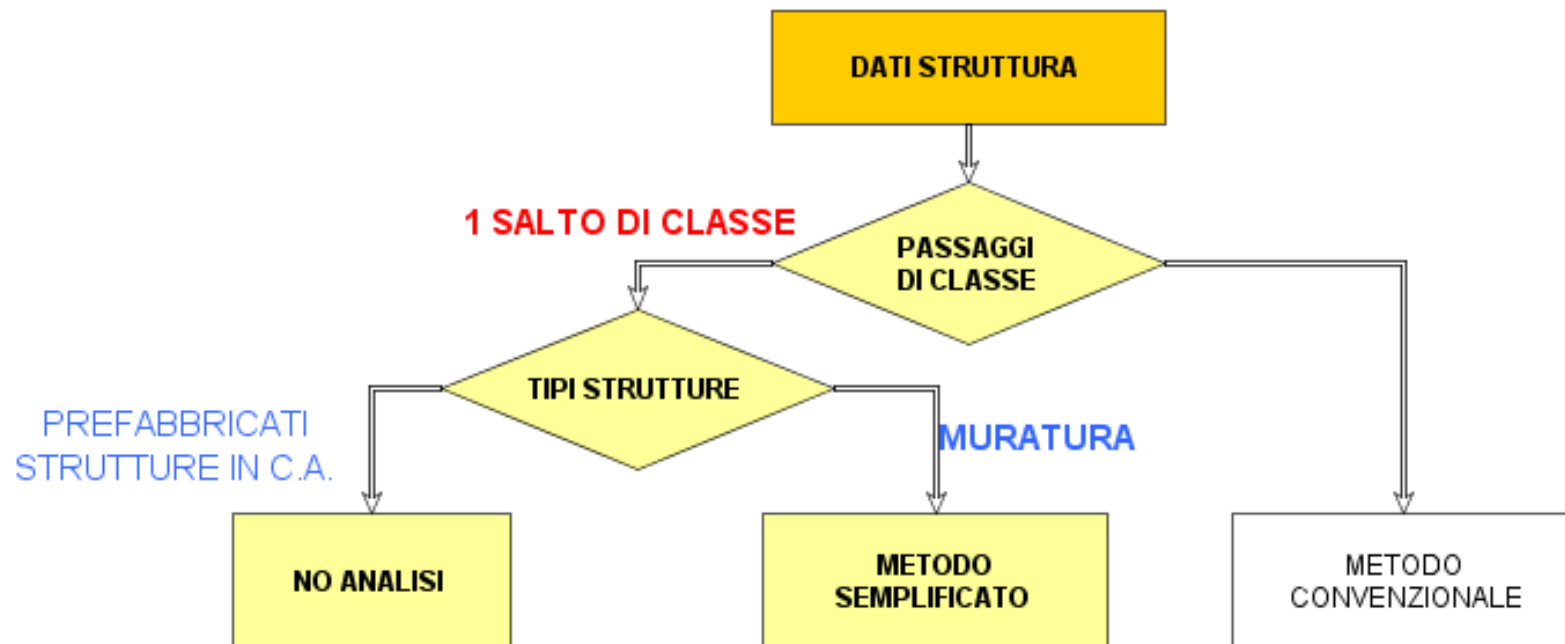
La classificazione sismica

	Metodo convenzionale	Metodo semplificato	No classificazione
Muratura (1 salto)			
Muratura (+2 salti)			
Prefabbricati (1 salto)			
Prefabbricati (+2 salti)			
C.A. (1 salto)			
C.A. (+2 salti)			
Altre strutture			

La classificazione sismica



La classificazione sismica



La logica della classificazione

Definizione della classe di rischio (da G a A+) attraverso analisi della struttura

Metodo convenzionale

- PAM (Perdita Annuale Media attesa)
- Indice di sicurezza IS-V



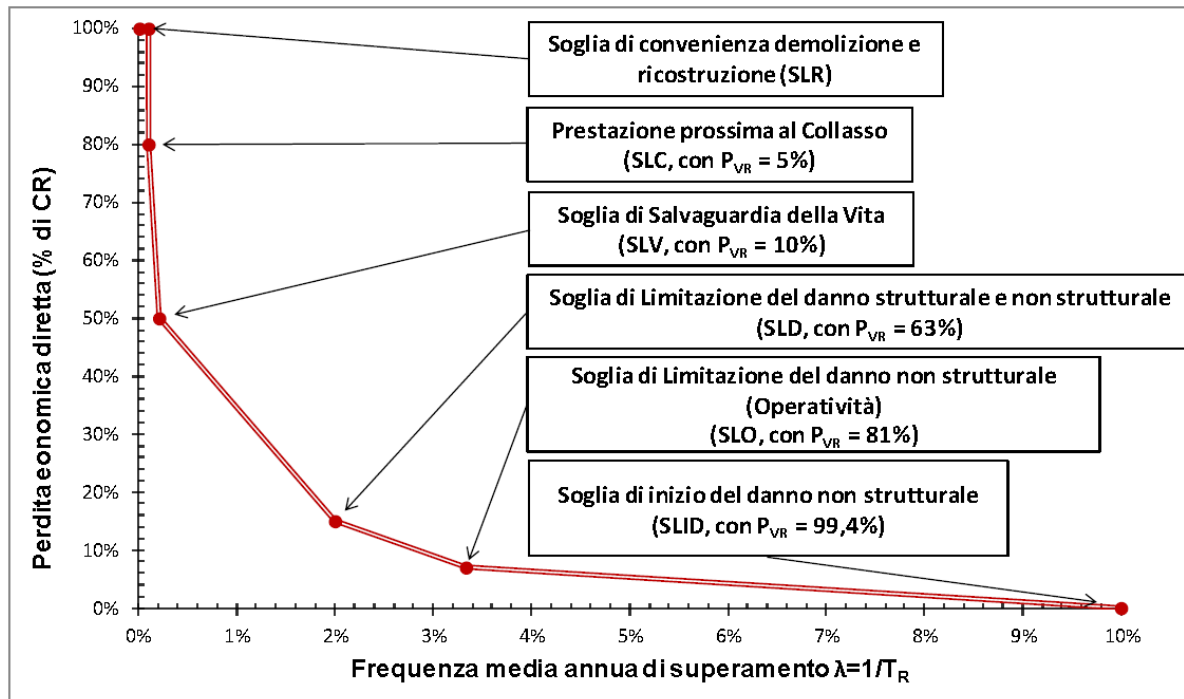
Metodo semplificato

- PAM (Perdita Annuale Media attesa)

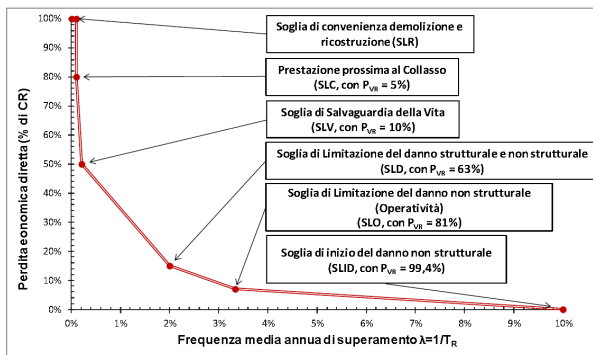


PAM – Perdita annuale media

Considera le perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e non, e riferite al costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto



PAM – Perdita annuale media



SLR: Stato limite di ricostruzione

SLC: Stato limite di collasso

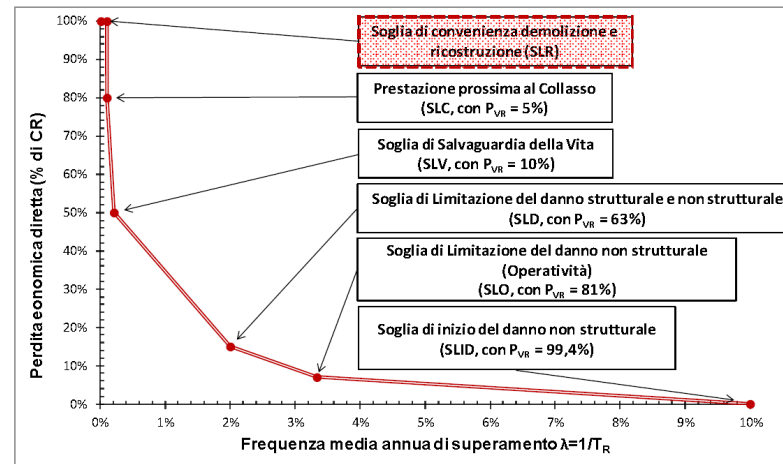
SLV: Stato limite di salvaguardia della vita

SLD: Stato limite di danno

SLO: Stato limite di operatività

SLID: Stato limite di inizio danno

PAM – Perdita annuale media

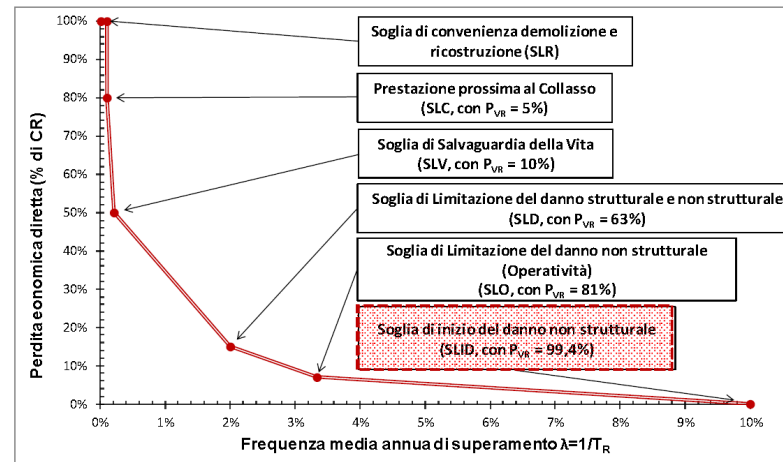


Stato Limite di Ricostruzione (SLR): condizione in cui è necessario demolire e ricostruire.

Perdita economica pari al 100%.

Evento sismico con periodo di ritorno pari a quello dello Stato Limite dei Collasso (SLC).

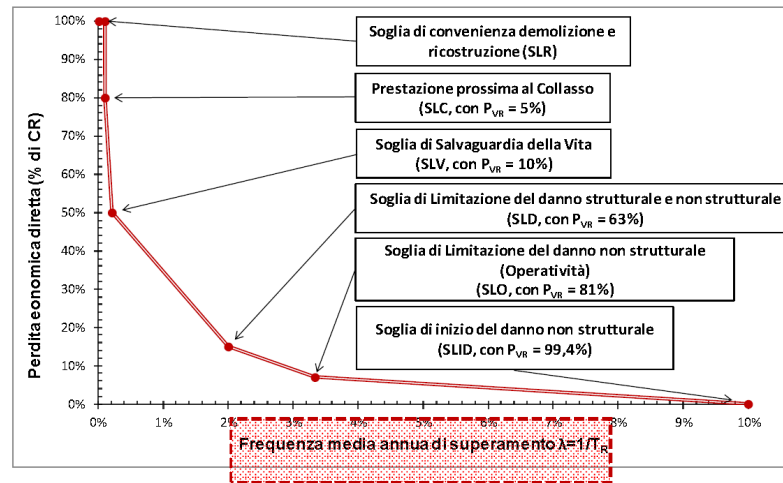
PAM – Perdita annuale media



Stato Limite di Inizio Danno (SLID)

- Condizione in cui è non si ha perdita economica
- Evento sismico con periodo di ritorno è pari a 10 anni.

PAM – Perdita annuale media



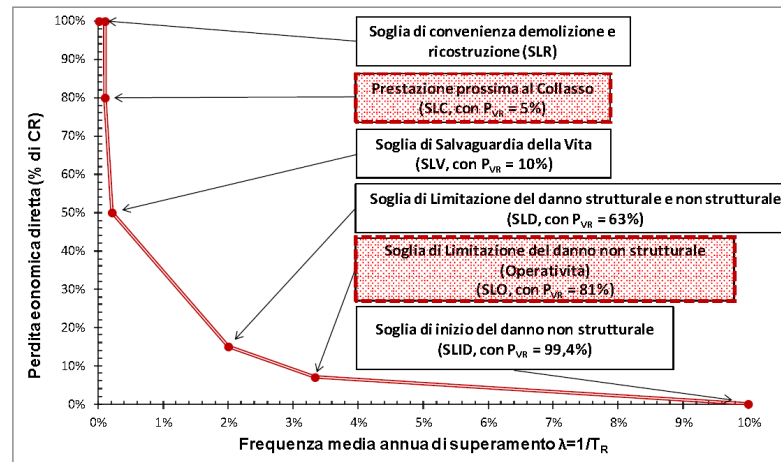
λ = Frequenza media annua di superamento

$$\lambda = 1 / T_{rC}$$

T_{rC} = Periodo di ritorno (si ricava dall'analisi della struttura per ogni stato limite)

T_{rC} da SLV e SLD

PAM – Perdita annuale media



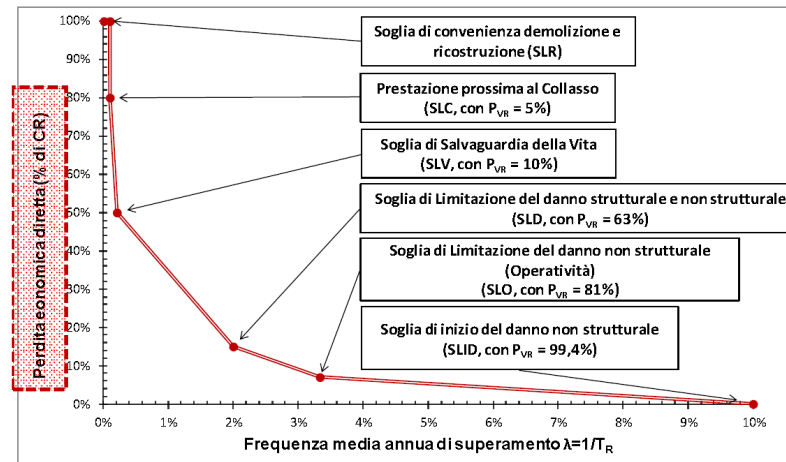
Stato Limite di danno non strutturale (SLO)

$$\lambda_{SLO} = 1,67 \lambda_{SLD}$$

Stato Limite di collasso (SLC)

$$\lambda_{SLC} = 0,49 \lambda_{SLV}$$

PAM – Perdita annuale media



Perdita economica diretta =
(% del Costo di
Ricostruzione

StatoLimite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

PAM – Perdita annuale media

Perdita economica diretta = % del Costo di Ricostruzione CR

StatoLimite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

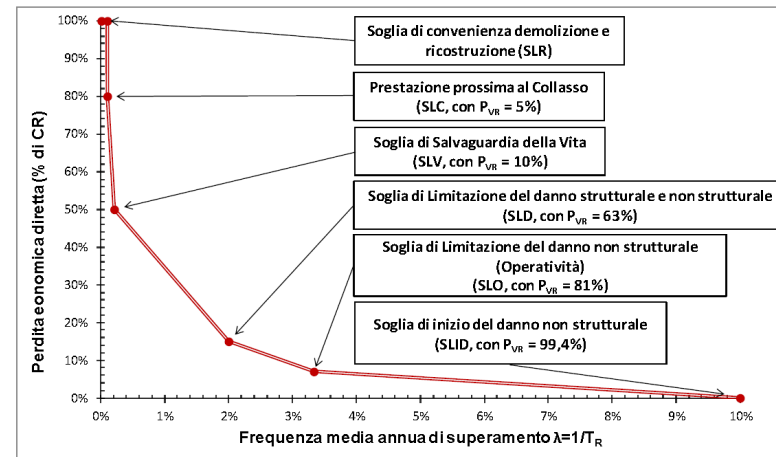
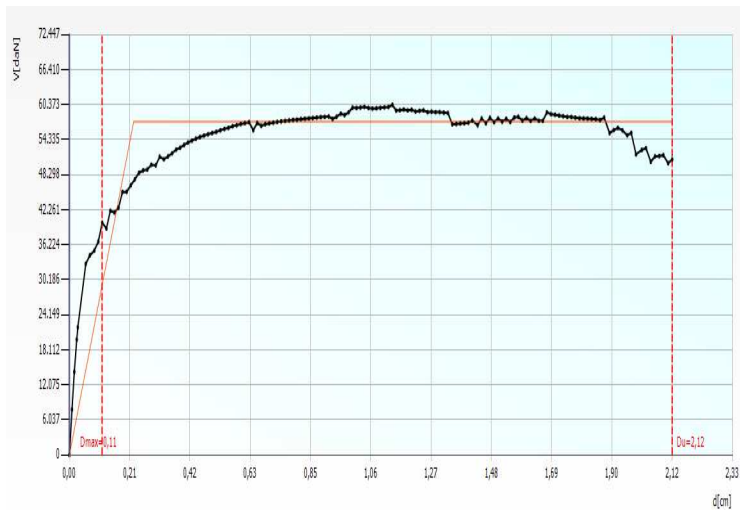


Metodo convenzionale

- Si può applicare per tutte le strutture
- Si basa sui normali metodi di analisi previsti dalle Norme Tecniche per le costruzioni (Capitolo 8)
- Consente la valutazione della Classe di Rischio della costruzione sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento.

PAM – Perdita annuale media

Dalla Analisi pushover al PAM



$PGA_C(SLV)$



$T_{rC} (SLV)$



λ_{SLV}

$PGA_C(SLD)$

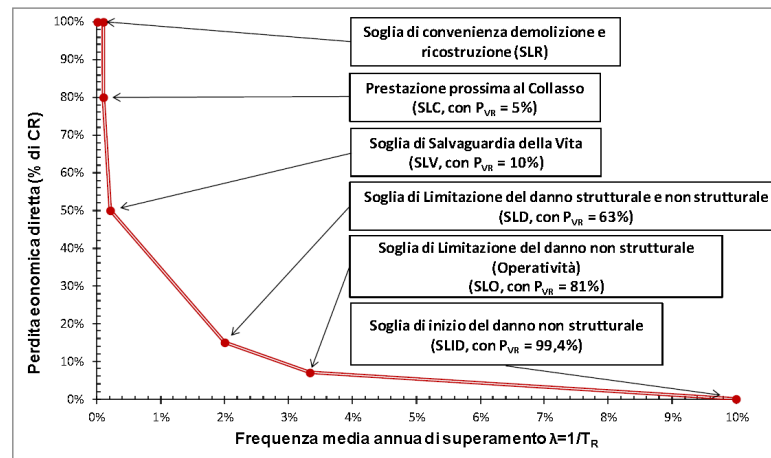


$T_{rC} (SLD)$



λ_{SLD}

PAM – Perdita annuale media



$$PAM = \sum_{i=2}^5 [\lambda(SL_i) - \lambda(SL_{i-1})] * [RC\%(SL_i) + RC\%(SL_{i-1})] / 2 + \lambda(SLC) * RC\%(SLR)$$

Perdita Media Annuale 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}

1 – Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell'entità delle Perdite medie annue attese

Indice di sicurezza IS-V

Indice di rischio come da OPCM 3362/2004

$$IS-V = PGA_C (SLV) / PGA_D$$

PGA_C = Capacità della struttura

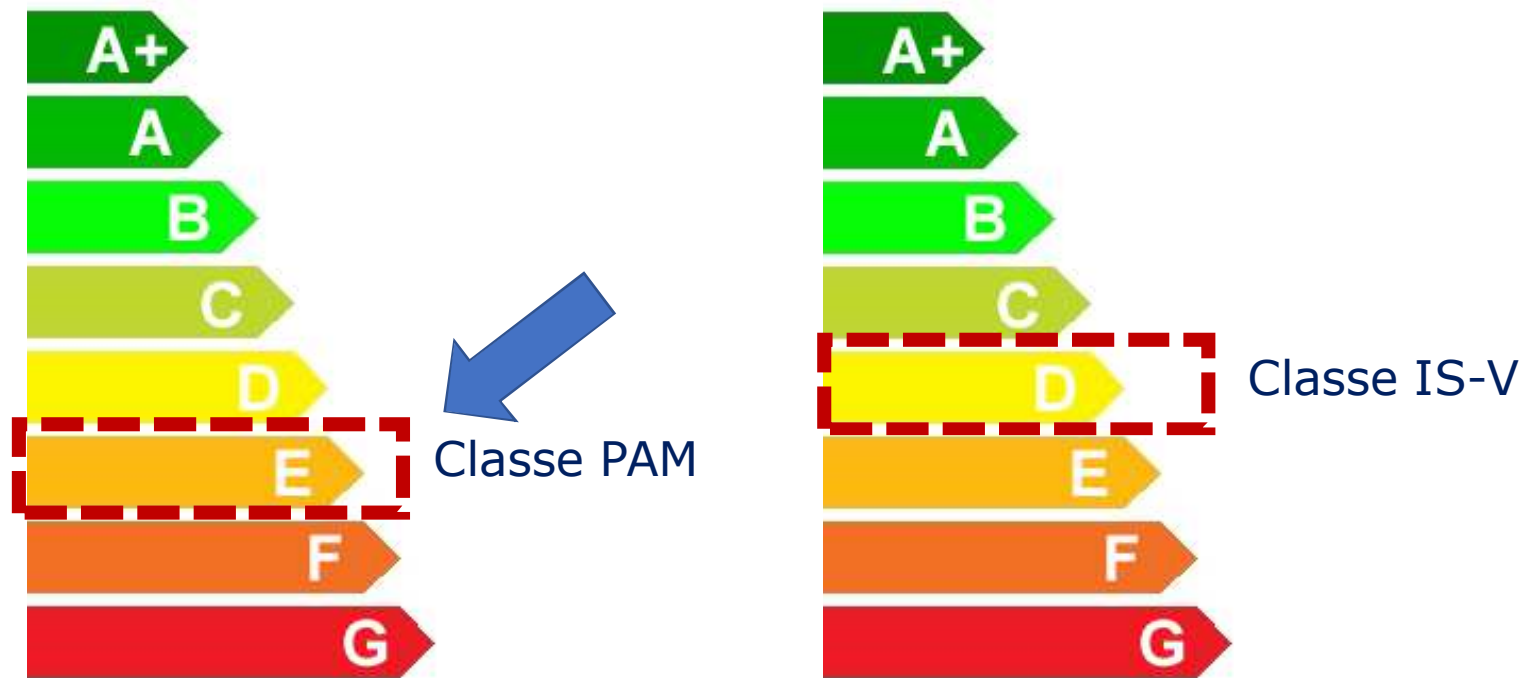
PGA_D = Domanda da normativa

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

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

Classe di rischio

È il valore minore tra Classe PAM e Classe IS-V



Metodo semplificato

- Applicabile solo per murature per interventi di tipo locale
- Utile per la valutazione preliminare indicativa
- Consente l'aumento di una sola classe
- È basato sulla Scala Macrosismica Europea (EMS-98) mediante attribuzione di tipologia di struttura

Metodo semplificato

Scala EMS-98 Classi di vulnerabilità

Type of Structure	Vulnerability Class					
	A	B	C	D	E	F
MASONRY	○					
	○	—				
	○	—	○			
	○	—	○	—		
	○	—	○	—	○	
	○	—	○	—	○	—
REINFORCED CONCRETE (RC)	—	○	—			
	—	○	—	○		
	—	○	—	○	○	
	—	○	—	○	—	
	—	○	—	○	—	○
STEEL			—	○	—	
WOOD		—	○	—		

Original EMS-98 scale



Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	V ₆ (=A _{EMS})	V ₅ (=B _{EMS})	V ₄ (=C _{EMS})	V ₃ (=D _{EMS})	V ₂ (=E _{EMS})	V ₁ (=F _{EMS})
MURATURA	○					
Muratura di pietra senza legante (a secco)	○	—				
Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○	—				
Muratura di pietra sbazzata	—	○				
Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—	○	—			
Muratura di mattoni e pietra lavorata	—	○	—			
Muratura di mattoni e solai di rigidezza elevata	—	○	—	—		
Muratura rinforzata e/o confinata			—	○	—	

Linee Guida: valutazione classe di vulnerabilità per edifici in muratura

Metodo semplificato

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		V ₆ (≡A _{EMS})	V ₅ (≡B _{EMS})	V ₄ (≡C _{EMS})	V ₃ (≡D _{EMS})	V ₂ (≡E _{EMS})	V ₁ (≡F _{EMS})
MURATURA	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
	Muratura di pietra sbozzata	---○					
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali		---○—				
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	---○---					
	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata		—○---				
	Muratura rinforzata e/o confinata			---○—			

Metodo semplificato

Scala EMS-98 Classi di vulnerabilità



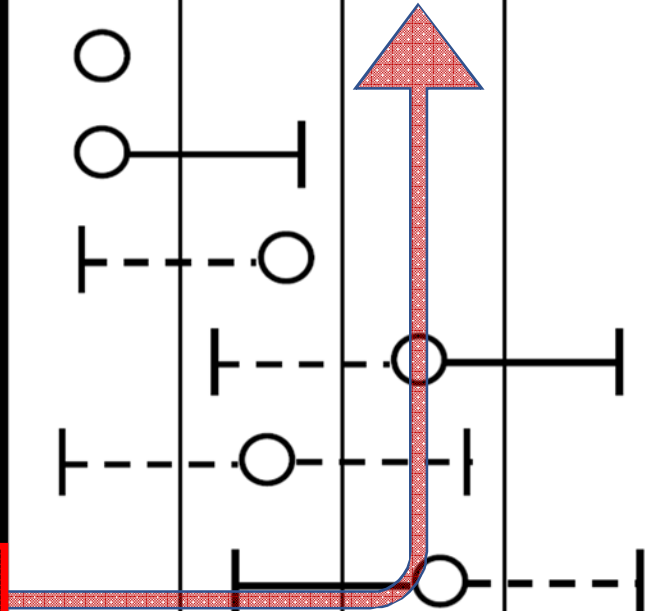
- **Vulnerabilità media (valore più probabile)**
Se non ci sono particolari punti di forza o debolezza nella struttura è questa la classe che deve essere adottata.

— **Dispersione dalla media (valore più credibile)**

- - - - - **Dispersione dalla media (valore meno credibile)**

Metodo semplificato – fase 1

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		V ₆ (≡A _{EMS})	V ₅ (≡B _{EMS})	V ₄ (≡C _{EMS})	V ₃ (≡D _{EMS})	V ₂ (≡E _{EMS})	V ₁ (≡F _{EMS})
1	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
2	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
3	Muratura di pietra sbozzata	---○					
4	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali		---○—				
5	Muratura di mattoni e pietra lavorata	---○—					
6	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata		---○—				
7	Muratura rinforzata e/o confinata			---○—			



Metodo semplificato – fase 2

Valutazione dell'eventuale scostamento dalla classe media a causa di un elevato degrado, di una scarsa qualità costruttiva o possibile innesco di meccanismi di collasso locale

Es. da V4 a V5

MURATURA	pietra sbazzata	resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V ₅	Ribaltamenti o delle pareti	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	V ₅	Meccanismi parziali o di piano		
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	<ul style="list-style-type: none"> Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio 	V ₄			da V ₄ a V ₅
	mattoni + solai d'elevata rigidità nel proprio piano medio	<ul style="list-style-type: none"> Funzionamento scatolare della costruzione Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio ben collegati alla muratura 	V ₄	Ribaltamenti o delle pareti Meccanismi parziali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> 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 	da V ₄ a V ₅

Metodo semplificato

Da Classe di vulnerabilità a Classe di rischio

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

Metodo semplificato

Interventi e relativi passaggi di classe di rischio

3.2 Metodo semplificato

... è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore solo quando siano soddisfatte alcune condizioni.

Per gli edifici con struttura di muratura esse sono indicate nella tabella 7.

L'entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come interventi locali, con riferimento alle murature.

Metodo semplificato

Interventi e relativi passaggi di classe di rischio

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
INERTI/MAGLIA MURARIA				
MURATURA	mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".⁽¹⁰⁾ • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali 	da V ₄ a V ₃
	mattoni + solai di elevata rigidità nel proprio piano	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte a vuoto • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Stabilizzazione del paramento interno dei pannelli murari con camera d'aria • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".⁽¹⁰⁾ • Garantire un'adeguata redistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari • Posticipare i 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 UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento regolare della struttura.⁽¹⁰⁾ • Minimizzare il danno agli elementi non strutturali 	da V ₄ a V ₃
	rinforzata e/o confinata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento regolare della struttura.⁽¹⁰⁾ • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₄ a V ₃
ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali 		<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento regolare della struttura.⁽¹⁰⁾ • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali 	da V ₃ a V ₂	

Tabella 6 – Approccio semplificato per gli interventi sulle le costruzioni di muratura - Interventi locali necessari per ridurre la vulnerabilità di una sola classe.

Metodo semplificato

Interventi e relativi passaggi di classe di rischio

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
MURATURA	INERTI/MAGLIA MURARIA			
	pietra grezza	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V ₆
	mattoni di terra cruda (adobe)			
	pietra sbazzata	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> 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
		<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> 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	

Metodo semplificato

Interventi e relativi passaggi di classe di rischio

Es. da V4 a V3

<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none">• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate• Messa in sicurezza di elementi non strutturali	<ul style="list-style-type: none">• Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare" (10)• Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	<p>da V₄ a V₃</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Legge bilancio 22-12-2016

Sismabonus

1) Bonus terremoto 2017: a partire dal 1° gennaio al 31 dicembre 2017, le spese sostenute per l'adeguamento antisismico degli edifici ricadenti nelle zone 1 e 2, altissima e alta pericolosità sismica, è prevista una detrazione pari al 50% delle spese per un soglia massima di spesa di 96 mila euro da suddividere in 5 quote annuali di pari importo a partire dall'anno in cui si sono sostenute le spese.

2) [Sisma bonus 2017](#): a partire dal 1° gennaio 2017 al 31 dicembre 2021, le famiglie e le imprese, che effettuano interventi di riduzione di rischio sismico di immobili ricadenti nelle zone 1, 2 e 3, di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, pubblicata nel supplemento ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, tali da determinare il passaggio ad una classe inferiore di rischio terremoto, la detrazione anziché essere del 50%, spetta al 70%.

Se i lavori determinano la riduzione di 2 classi di rischio, la detrazione, invece, è pari all'80%.

3) [Sisma bonus condomini 2017](#): dal 1° gennaio 2017 al 31 dicembre 2021, per gli interventi di riduzione rischio sismico effettuati sulle parti comuni dei condomini e intero edificio, che portano il passaggio ad una classe inferiore spetta una detrazione del 75%, due classi 85%, per un limite massimo di 96.000 euro.