



SEMINARIO

Tecniche tradizionali ed innovative di protezione sismica delle costruzioni

12 aprile 2024

Webinar

EVOLUZIONE STORICA DELLA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI: DALL'ANALISI DEL DANNEGGIAMENTO ALLA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Ing. Gianluca Fagotti

Dirigente Servizio Ricostruzione Privata USR Umbria

ARGOMENTI CHE VERRANNO TRATTATI

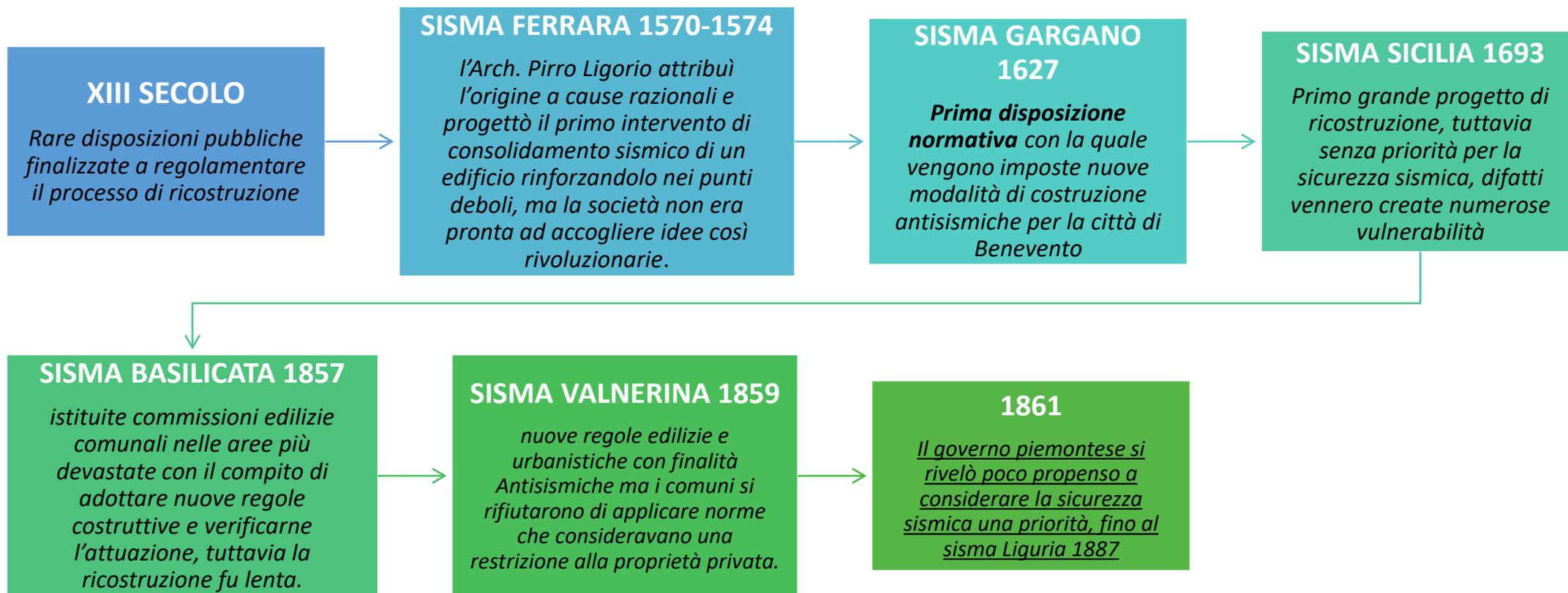
- EVOLUZIONE STORICA DELLA NORMATIVA SISMICA
- SPUNTI DI RIFLESSIONE
- LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ
 - LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018
 - RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ
 - L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ
- IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”
- Effetti delle AZIONI VERTICALI nel Sisma del Centro Italia del 2016



1908

Nasce il concetto di **PREVENZIONE SISMICA**.

Prima del sisma di Messina del 1908 vigeva il concetto di **RIMEDIO**.



Fino al 1908 benché **note le regole del buon costruire**, molteplici **fattori** ne frenavano l'attuazione:

- la **carezza di risorse economiche**,
- la **necessità di ricostruire in tempi brevi**
- il **retrotterra culturale** che portava a **subire passivamente il sisma senza cercare di ridurre gli effetti**.

PRIMA 1908

DOPO 1908

- A partire dal **1908** si inizia a parlare di **RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO**.



1909

R.D. 193/1909

fu avviata la **classificazione sismica del territorio nazionale**: vennero elencati tutti i comuni obbligati al rispetto di **specifiche norme**

1935

R.D. 640/1935

anche alle **località non colpite dal terremoto** venne stabilito che nei regolamenti edilizi fosse resa **obbligatoria in qualsiasi opera edilizia l'osservanza delle buone regole dell'arte del costruire**, in relazione anche ai materiali e ai sistemi costruttivi adottati nei loro rispettivi territori



1927

R.D. 431/1927

introdotte le categorie sismiche e i comuni colpiti da terremoti furono suddivisi in **due differenti categorie** in relazione:

- grado di sismicità,
- costituzione geologica

con la conseguente applicazione di norme tecniche distinte





SISMA
IRPINIA
1962

LEGGE 25 NOVEMBRE 1962, n. 1684:
stabilì che le **disposizioni del R.D. del 1935** dovessero essere **applicate nei "comuni soggetti ad intensi movimenti sismici"** e non più esclusivamente a quelli colpiti dal terremoto:
non venne mai applicato

LEGGE 2 FEBBRAIO 1974, n. 64:

Si stabilì che:

- le **norme tecniche** dovessero essere **"fissate"** e **"aggiornate"** con "decreti dal Ministero per i lavori pubblici, di concerto con il Ministro per l'interno" ogni qualvolta fosse reso necessario dal **progredire delle conoscenze tecniche**;
- per la classificazione sismica vi dovessero essere "comprovate motivazioni tecniche"

SISMA
BELICE
1968



D.M. 3 MARZO 1975, n.40:
approvate le nuove norme tecniche, per la prima volta si teneva conto del **comportamento dinamico** della struttura ai fini della progettazione

SISMA
FRIULI
1976



- classificazione che attraverso la **quantificazione degli effetti dei terremoti** ha fornito un **quadro a posteriori del rischio sismico**

DOPO 1908

- classificazione che ha cercato di **definire a priori la pericolosità** del fenomeno naturale

DOPO 1980



SISMA
IRPINIA
1980

O.C. 18 NOVEMBRE 1997, N. 61

Direttive riguardanti gli **interventi minimi** che devono essere eseguiti per conseguire la riparazione dei danni ed il miglioramento sismico degli edifici danneggiati con danni lievi.

INTERVENTI OBBLIGATORI E NEL SEGUENTE ORDINE:

1. **Interventi di somma urgenza;**
2. **riparazione dei danni, riduzione dei vuoti** nei maschi murari, effettuata mediante la tecnica del cuci e scuci o mediante iniezione di malta cementizia ovvero cuciture armate iniettate con malta cementizia localizzate nelle connessioni tra pareti o in prossimità di irregolarità strutturali.
3. **collegamenti fra orizzontamenti e maschi murari e fra questi ultimi**, attuato mediante interventi poco invasivi con catene e profili metallici, da privilegiarsi rispetto ad altri più invasivi come cordoli in breccia;
4. **riduzione delle spinte generate dalle coperture e**, se necessario, **dalle strutture voltate** (tiranti).

D.G.R. 5180/1998 Modalità e procedure per la concessione dei contributi previsti dall'art. 4 della legge n. 61/98

1984

Zonazione sismica, grazie agli studi sui terremoti e i loro effetti realizzati nell'ambito del Progetto finalizzato geodinamica del Centro nazionale delle ricerche, che **ha definito criteri generali, validi su tutto il territorio nazionale, da utilizzare per l'inserimento dei comuni negli elenchi di classificazione.**



SISMA
UMBRIA
MARCHE
1997



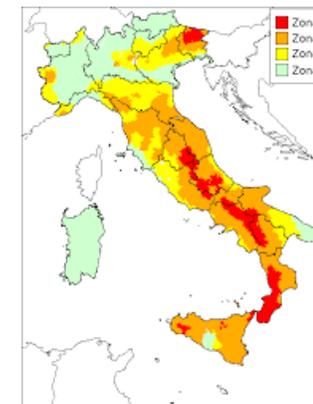
NB si introduce per la prima volta il MIGLIORAMENTO SISMICO "calcolato" → 65% dell'adeguamento sismico Il DM 16/01/1996 non lo prevedeva



SISMA
MOLISE
2002

O.P.C.M. 3274/2003

TUTTA LA PENISOLA ITALIANA
VIENE CLASSIFICATA COME
SISMICA E SUDDIVISA IN
QUATTRO ZONE A SISMICITÀ
CRESCENTE.



DM 14 GENNAIO 2008 e CIRCOLARE n.617

Nuova normativa tecnica per il dimensionamento,
verifica e calcolo di strutture.

Le azioni sismiche di progetto sono state svincolate
dall'appartenenza a una determinata zona sismica e
correlate direttamente alla mappa di pericolosità
sismica

SISMA
ABRUZZO
2009



DM 17 gennaio 2018 e CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 .

Aggiornamento delle Norme tecniche per le
costruzioni

SISMA
CENTRO
ITALIA
2016

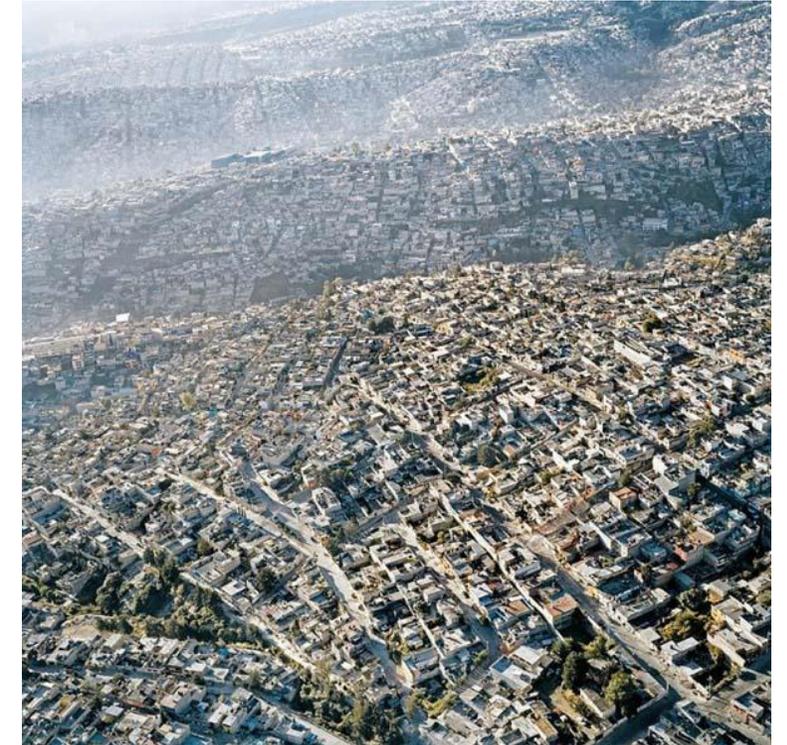
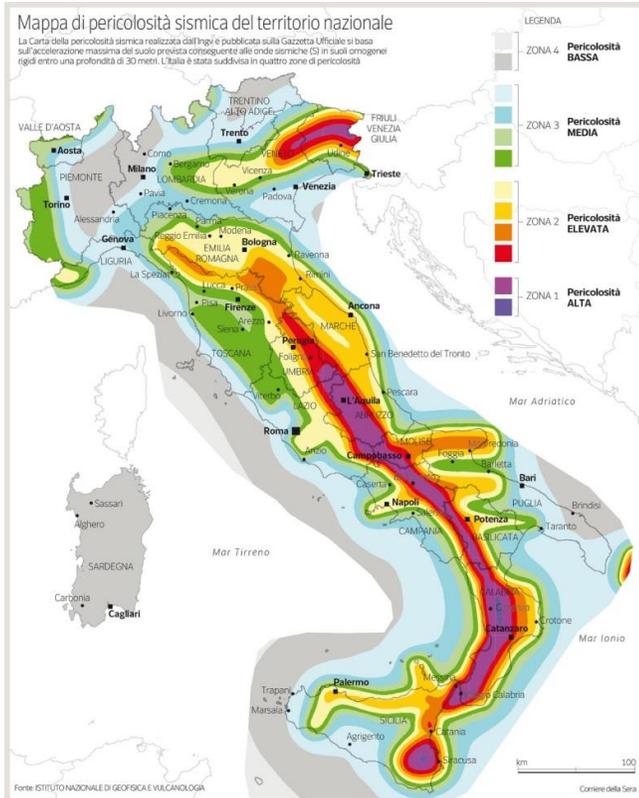


IL RISCHIO SISMICO

$$R = P * V * E$$

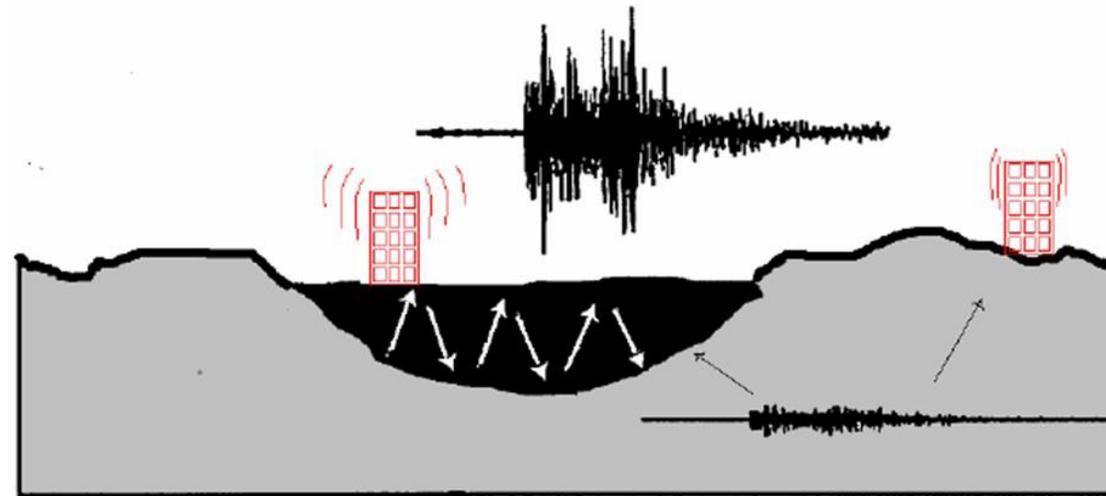
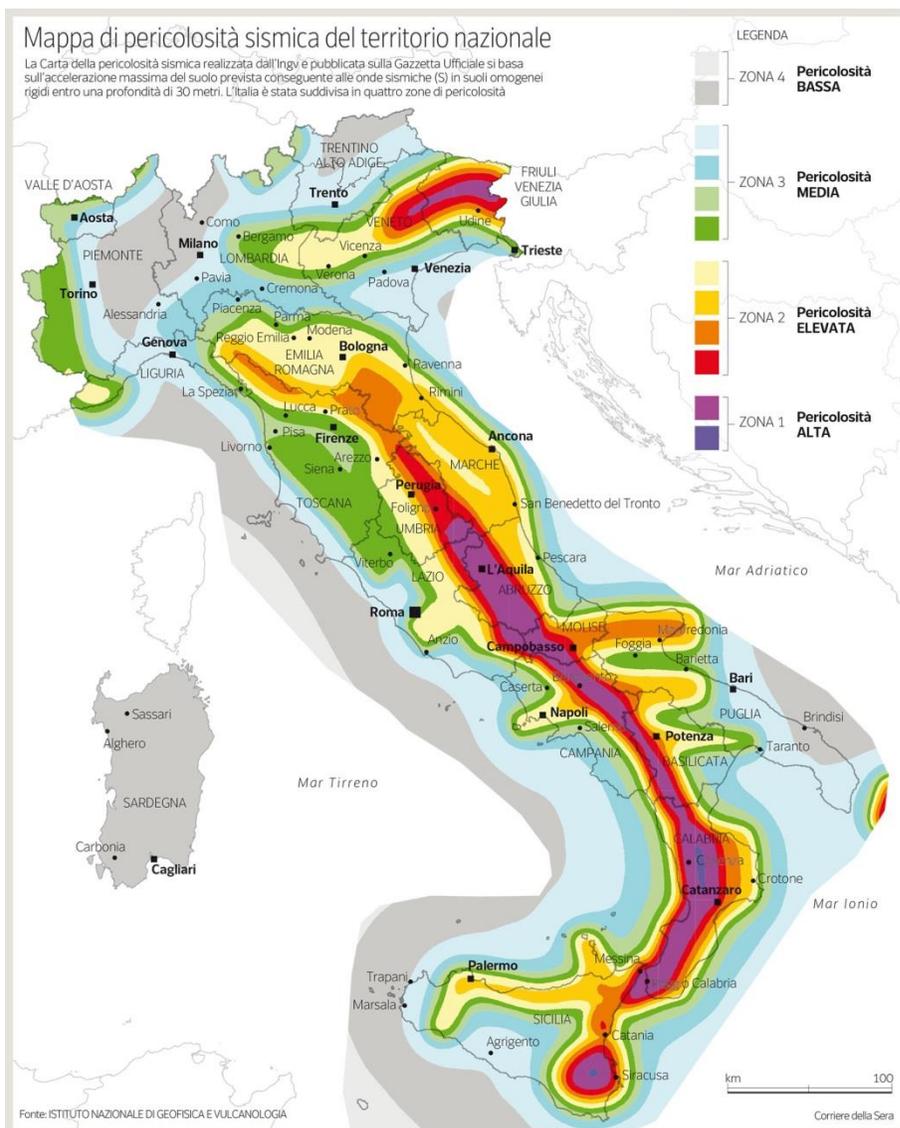
Rischio Sismico = Pericolosità * Vulnerabilità * Esposizione

Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



LA PERICOLOSITÀ SISMICA

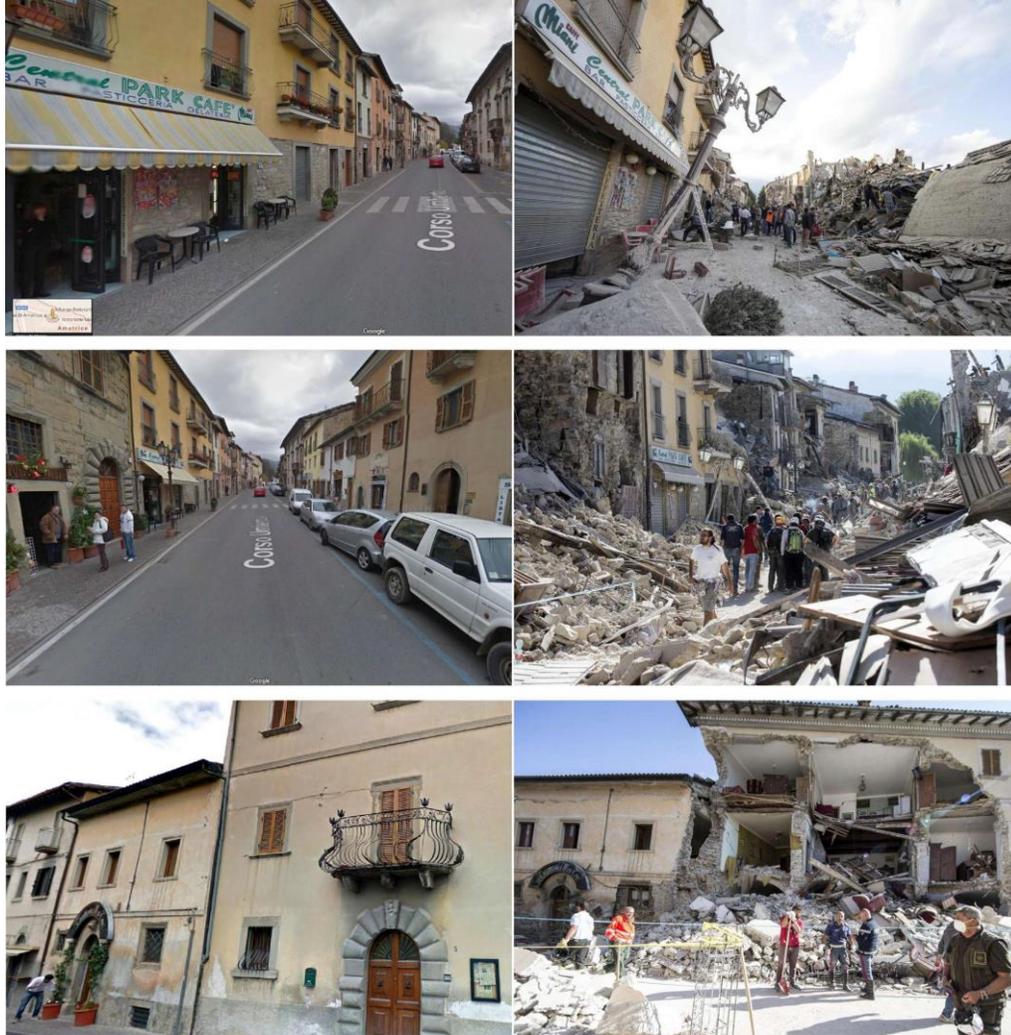
Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Indica la probabilità che si verifichino, in una determinata area del territorio, in un certo intervallo di tempo (VITA DI RIFERIMENTO DELL'EDIFICIO - NTC), terremoti di intensità tale da produrre danni alle strutture

LA VULNERABILITÀ SISMICA

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Rappresenta la tendenza delle strutture
a subire danni a seguito di un terremoto

L'ESPOSIZIONE SISMICA

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Prima dell'evento (CLASSI D'USO - NTC):

Rappresenta la Quantità e la Qualità

dei Beni Esposti

Dopo l'evento:

Esprime il valore delle perdite causate dal sisma:

economiche, artistiche, culturali, vite umane



... SPUNTI DI RIFLESSIONE

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;



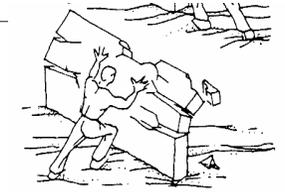
... SPUNTI DI RIFLESSIONE



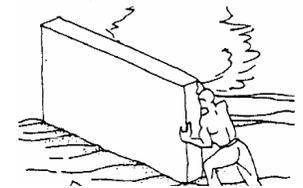
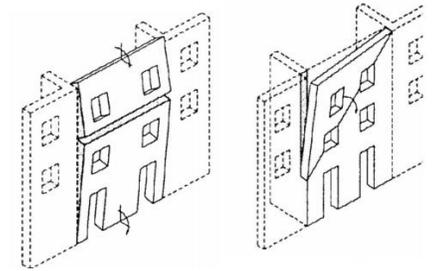
Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

... SPUNTI DI RIFLESSIONE

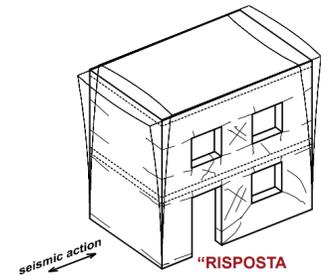
Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Meccanismi di I Modo

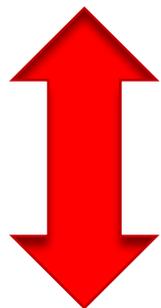
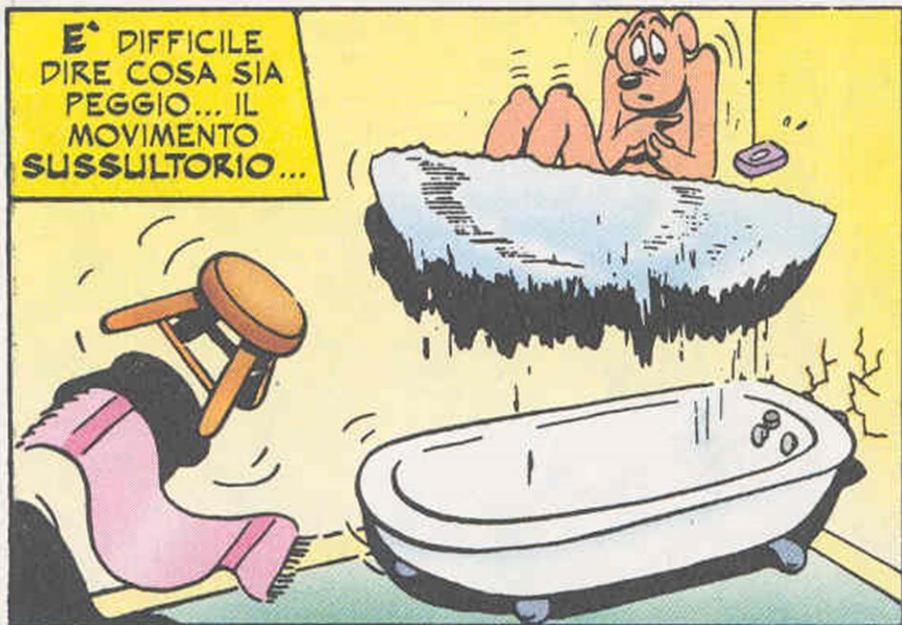


Meccanismi di II Modo



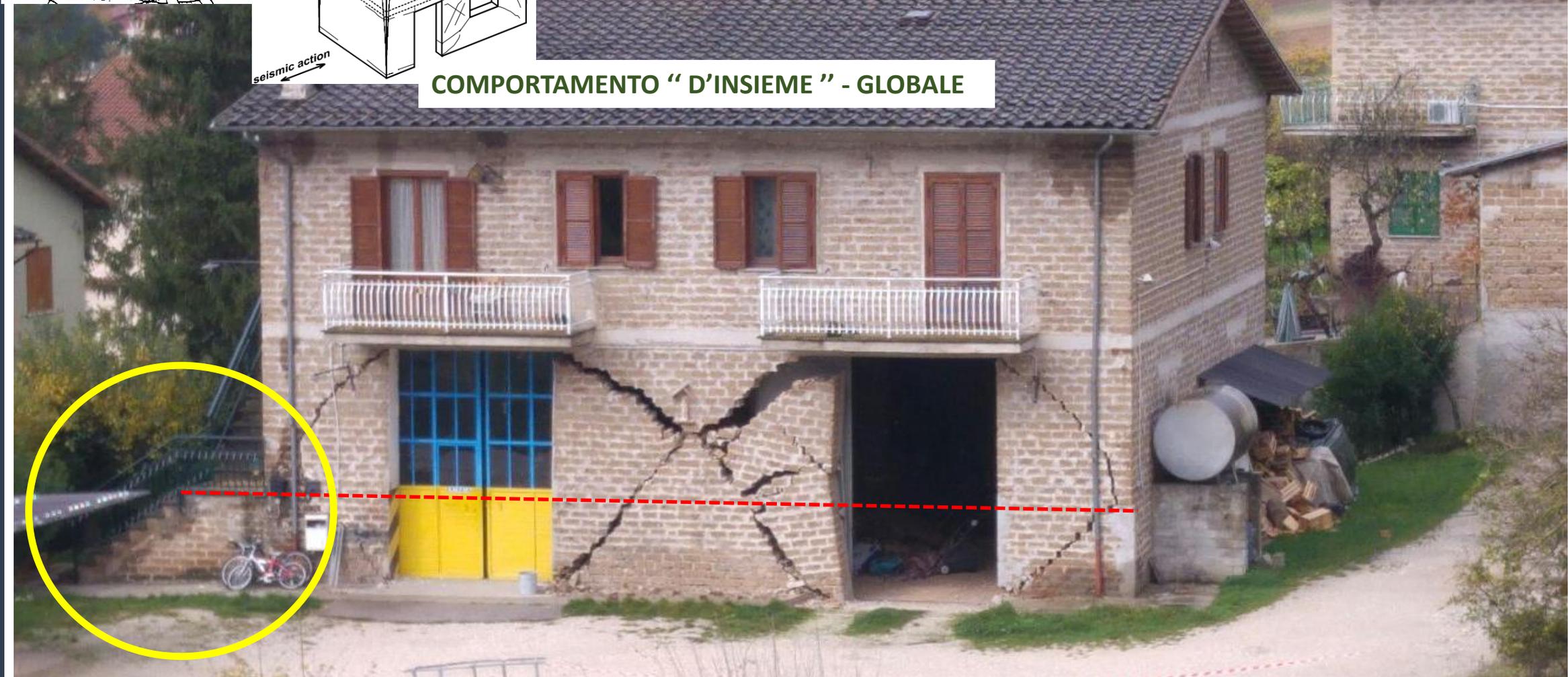
... SPUNTI DI RIFLESSIONE

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



MECCANISMO "VERTICALE"

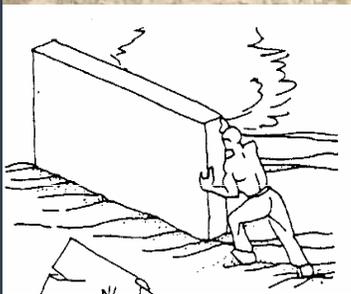
Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



COMPORTAMENTO " D'INSIEME " - GLOBALE

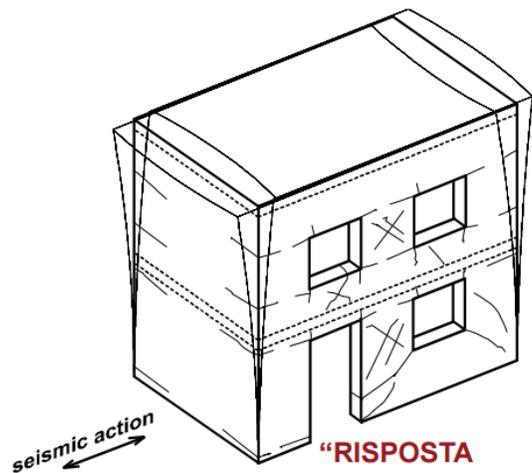
Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

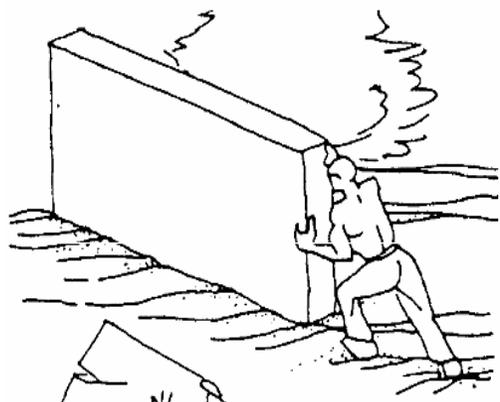


COMPORTAMENTO " D'INSIEME " - GLOBALE

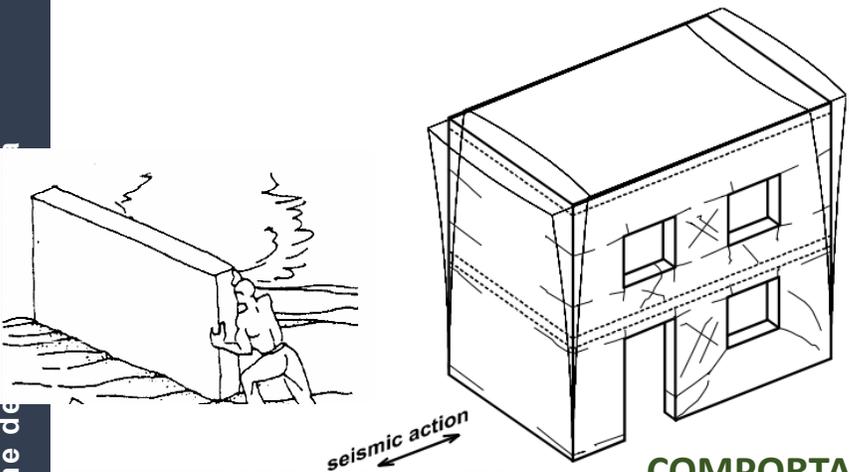




COMPORAMENTO " D'INSIEME " - GLOBALE

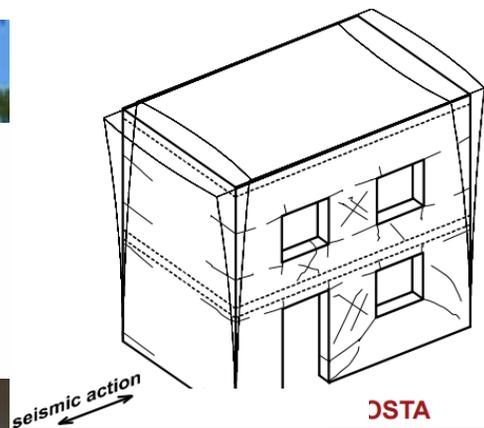
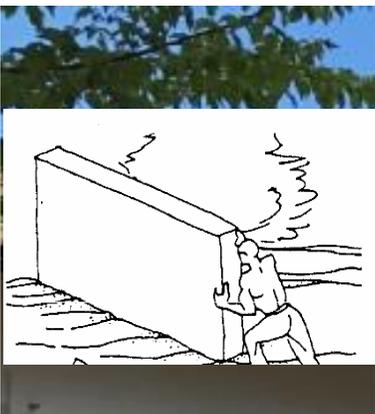


Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione del rischio

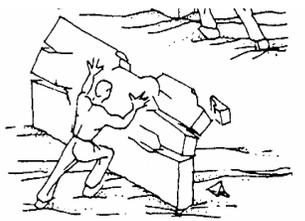
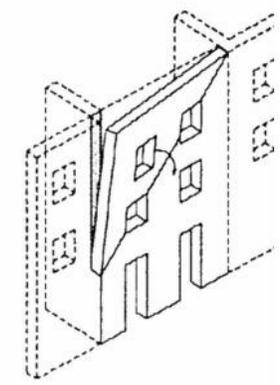
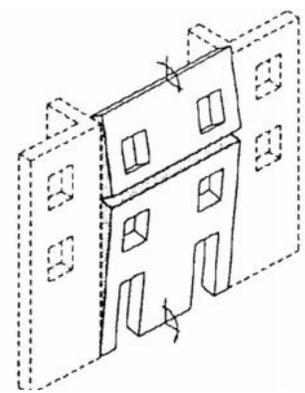


COMPORTAMENTO " D'INSIEME " - GLOBALE





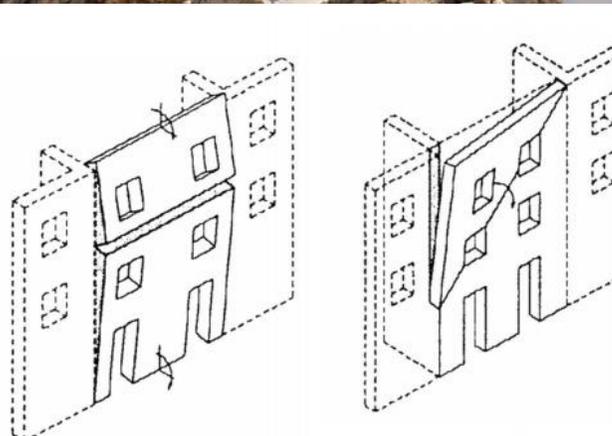
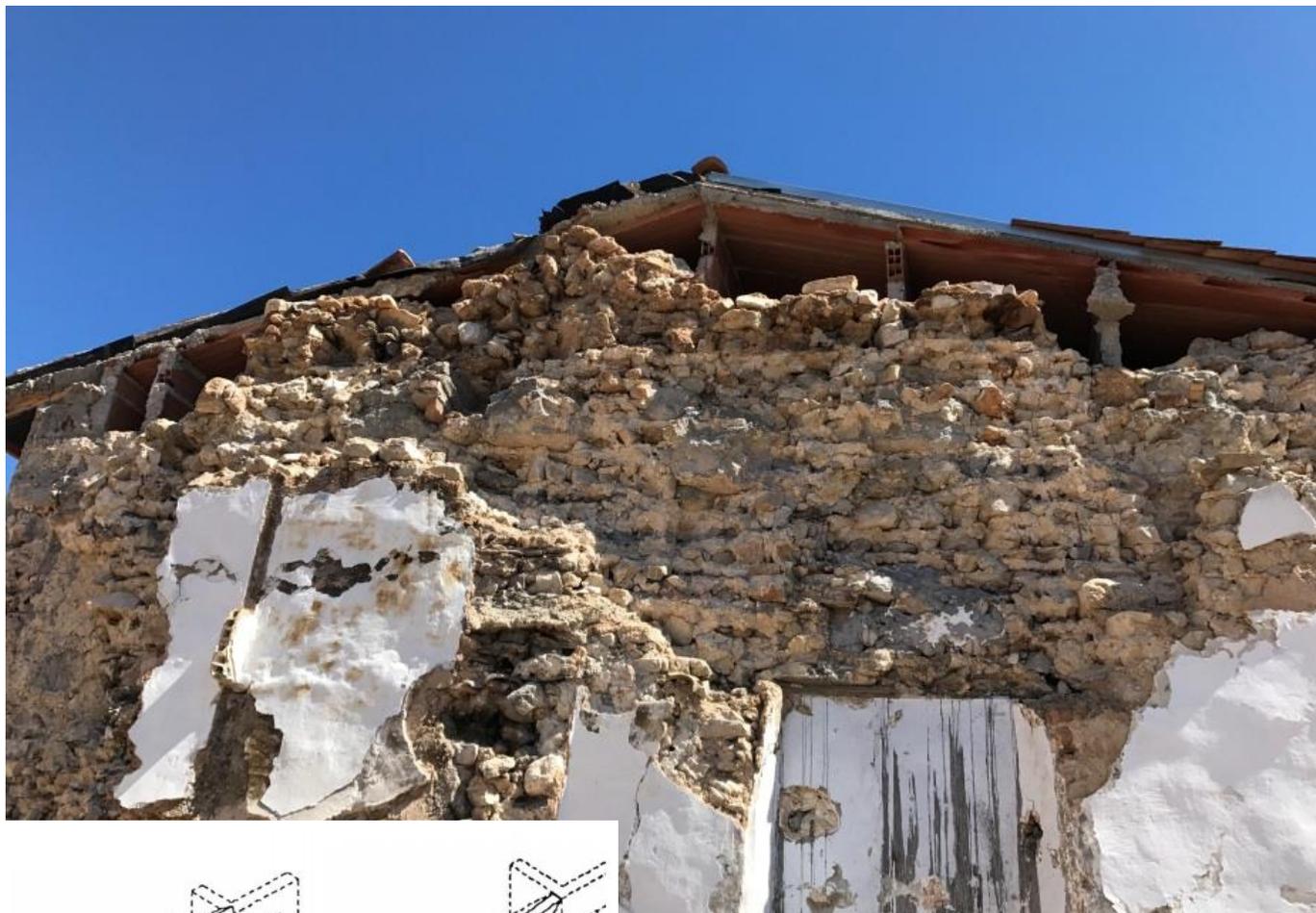
COMPORTAMENTO " D'INSIEME " - GLOBALE



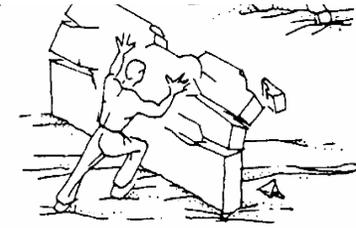
COMPORTAMENTO LOCALE



Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



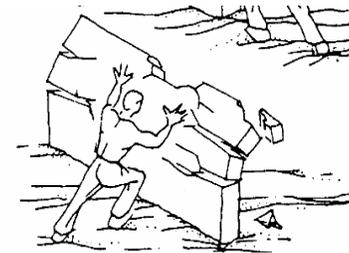
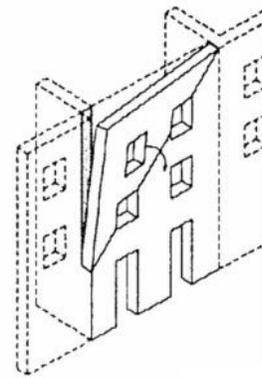
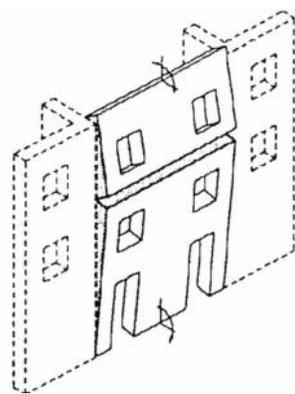
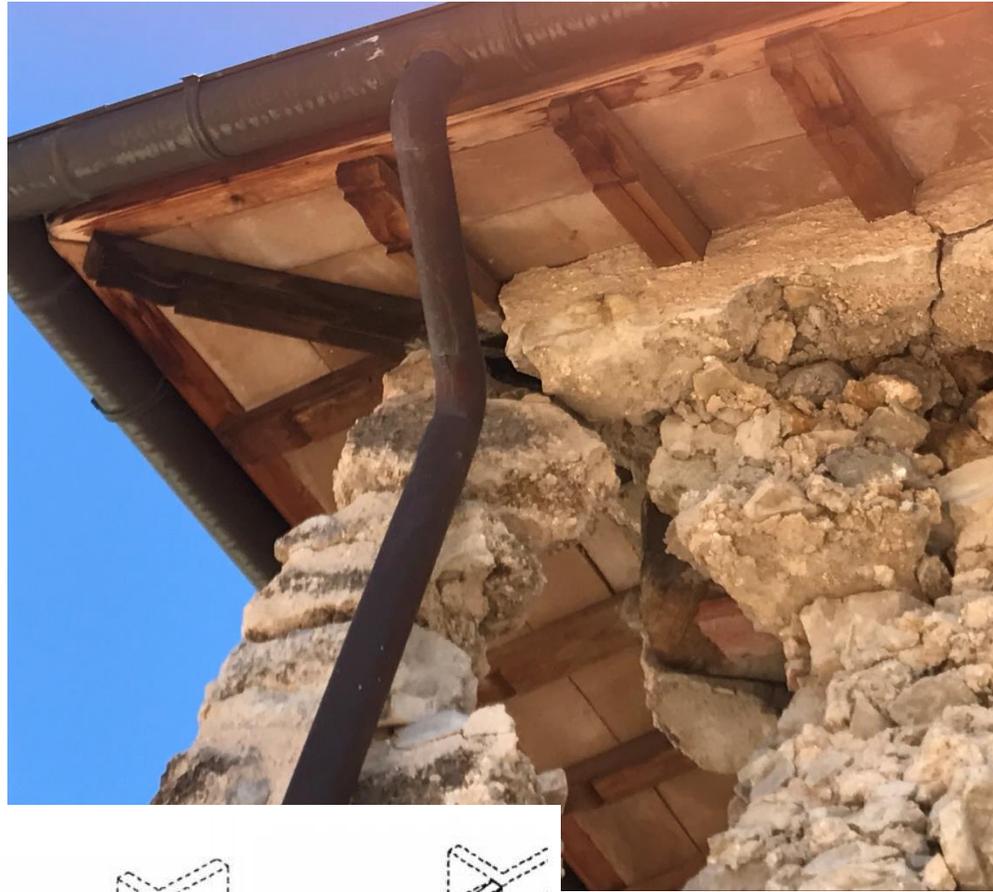
COMPORTAMENTO LOCALE



Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



COMPORTAMENTO LOCALE



COMPORTAMENTO LOCALE

LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

LA CIRCOLARE C.S.LL.PP. N°7 DEL 21/01/2019

CAPITOLO **CS.**

COSTRUZIONI ESISTENTI

Le costruzioni esistenti rappresentano certamente argomento particolarmente significativo nell'ambito dell'applicazione delle NTC. Rispetto al D.M.14 gennaio 2008 la norma riporta alcune modifiche la cui portata concettuale assume però particolare rilievo.

L'importanza che le criticità locali assumono negli edifici esistenti, in termini di danni a persone e cose, ha portato, fra l'altro, a considerare con maggiore attenzione gli interventi locali di rafforzamento e gli interventi di miglioramento.

Tale maggiore attenzione si è anche tradotta in un diverso ordine di presentazione (le varie forme d'intervento sono ora elencate dalla meno alla più impattante, dalla riparazione e rafforzamento locale all'adeguamento), nella diversa definizione dell'intervento di adeguamento e nell'ampia considerazione dedicata alla valutazione e riduzione del rischio sismico e, in special modo, nella maggiore attenzione prestata agli interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità delle costruzioni esistenti.

La presente Circolare, quindi, fornisce istruzioni operative per la corretta ed uniforme applicazione dei principi riportati nel Capitolo 8 delle NTC. Si osserva, in particolare, come molti dei contenuti delle Appendici della Circolare 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009, sono ora ricondotti a questo testo.

LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

LA CIRCOLARE C.S.LL.PP. N°7 DEL 21/01/2019

CS.2 CRITERI GENERALI

La conoscenza della costruzione, se da un lato contribuisce ad aumentare l'accuratezza delle verifiche di sicurezza e l'efficacia del progetto degli interventi, dall'altro dipende, di fatto, dalla possibilità di effettuare indagini approfondite in relazione all'uso ed alla natura/tipologia della costruzione stessa.

Le NTC, al fine di tener conto dei diversi possibili gradi di approfondimento, utilizzano i concetti di livello di conoscenza

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di muratura, la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei meccanismi di collasso, sia locali, sia globali, ove questi ultimi siano significativi; la verifica dei meccanismi globali diviene, in genere, significativa solo dopo che gli eventuali interventi abbiano eliminato i meccanismi di collasso locale. E' inoltre opportuno considerare la distinzione tipologica tra edifici singoli e edifici in aggregato (es. edilizia dei centri storici, complessi formati da più corpi). In particolare, per le tipologie in aggregato, particolarmente frequenti nei centri storici, il comportamento globale è spesso non definibile o non identificabile, al contrario del comportamento delle singole parti o unità strutturali.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di c.a. e di acciaio, le NTC evidenziano come in esse possa essere attivata la capacità di elementi con meccanismi resistenti sia "duttili" sia "fragili"; a tale riguardo, è opportuno che l'analisi sismica globale utilizzi, per quanto possibile, metodi di modellazione e analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

delle singole parti o unità strutturali.

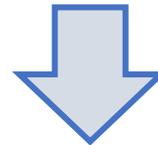
Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di c.a. e di acciaio, le NTC evidenziano come in esse possa essere attivata la capacità di elementi con meccanismi resistenti sia "duttili" sia "fragili"; a tale riguardo, è opportuno che l'analisi sismica globale utilizzi, per quanto possibile, metodi di modellazione e analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

LA CIRCOLARE C.S.LL.PP. N°7 DEL 21/01/2019

C8.4 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 operativa².



NOVITÀ RILEVANTE

²È opportuno che gli interventi in progetto siano primariamente finalizzati all'individuazione e all'eliminazione o riduzione di carenze e criticità locali che possano incidere sulla capacità strutturale, per poi prevedere l'eventuale rafforzamento della costruzione nel suo complesso. Interventi mirati all'eliminazione di specifiche criticità locali, pur con opere di modesto impatto economico e senza alterare sistemi d'equilibrio venutisi a creare nel tempo, possono infatti produrre aumenti sensibili della sicurezza

LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE NELLE 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 RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE NELLE NTC 2018

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.



LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ nelle NTC 2018

LA CIRCOLARE C.S.LL.PP. N°7 DEL 21/01/2019

CS.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Ricadono in questa categoria gli interventi che non alterano significativamente l'obiettivo sulla base del quale è valutata l'ammissibilità dell'intervento della costruzione, ovvero, nel caso di danni subiti, quello del mantenimento della porzione danneggiata.

In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, coperture, impalcate e portali 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.

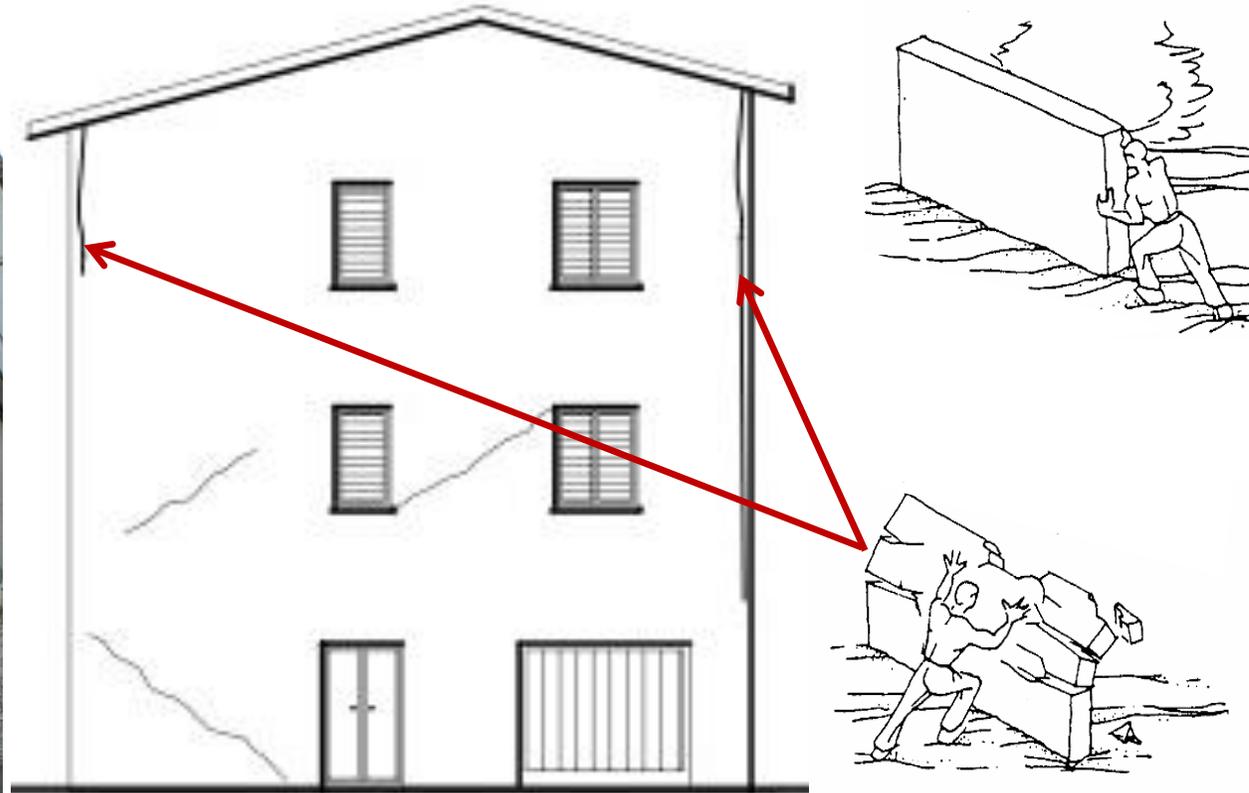
La relazione illustrativa dei lavori deve riportare i risultati delle indagini conoscitive svolte, le carenze strutturali riscontrate, la descrizione dei lavori e i risultati attesi, affermando e, se necessario, dimostrando che l'intervento non ha modificato in senso negativo il comportamento degli altri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



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

ASSENZA DI COLLEGAMENTI TRA PARETI CONFLUENTI



PROSPETTO LATERALE SINISTRO

Meccanismo di II Modo
nel piano dei pannelli
(azioni complanari)
COMPORAMENTO DUTTILE



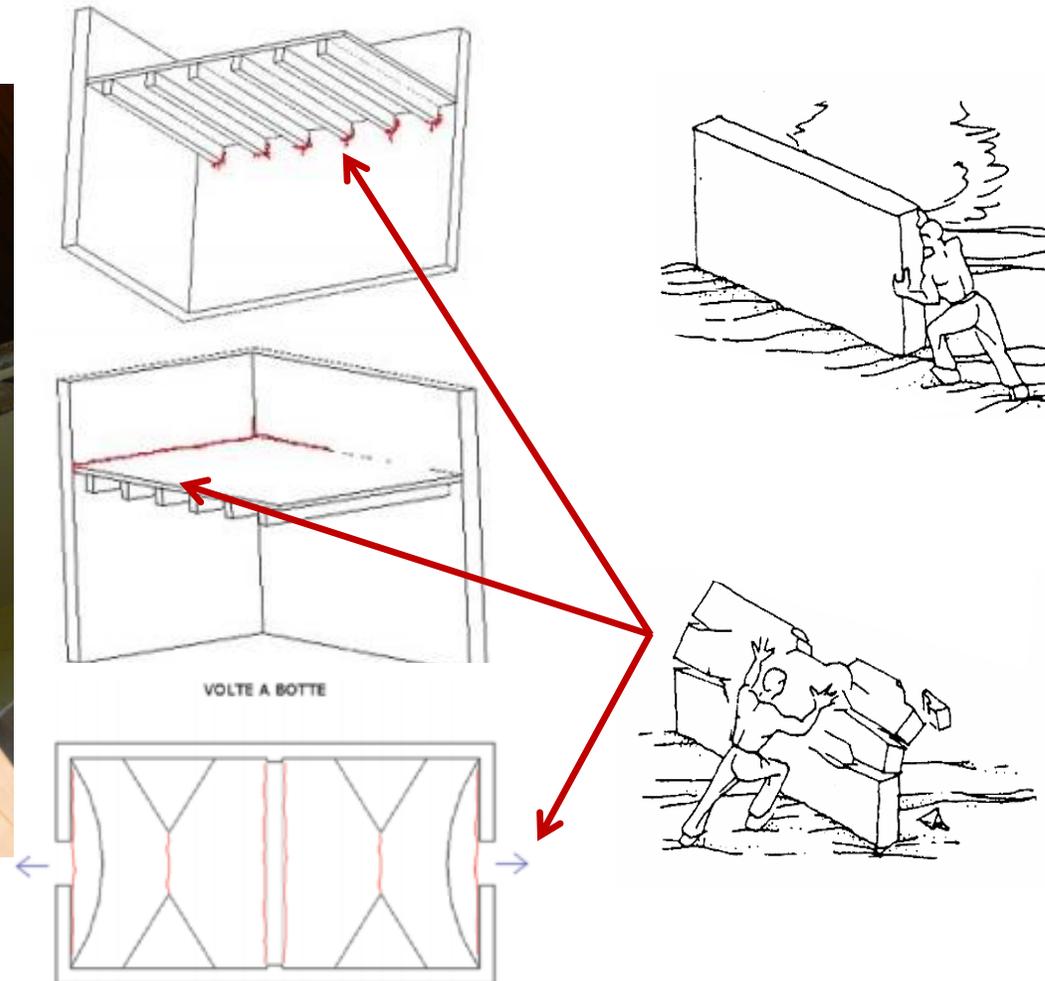
Meccanismo di I Modo
fuori dal piano dei pannelli
(azioni ortogonali)
COMPORAMENTO FRAGILE



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

ASSENZA DI COLLEGAMENTI TRA PARETI E ORIZZONTAMENTI

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Meccanismo di II Modo
nel piano dei pannelli
(azioni complanari)
COMPORTAMENTO DUTTILE



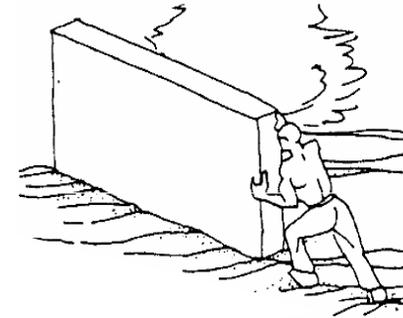
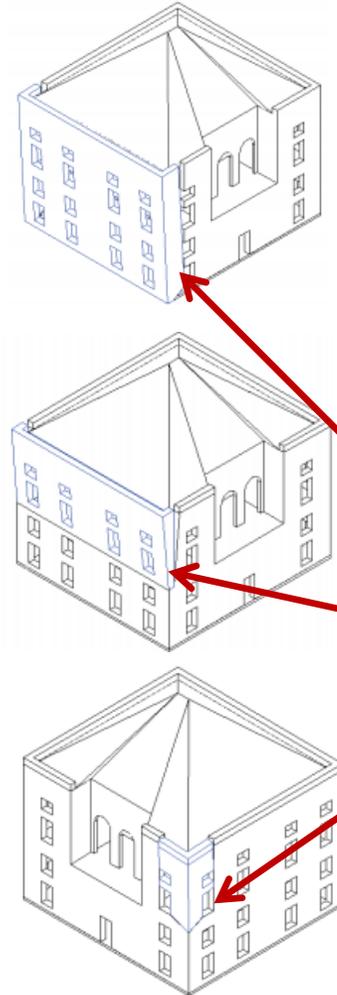
Meccanismo di I Modo
fuori dal piano dei pannelli
(azioni ortogonali)
COMPORTAMENTO FRAGILE



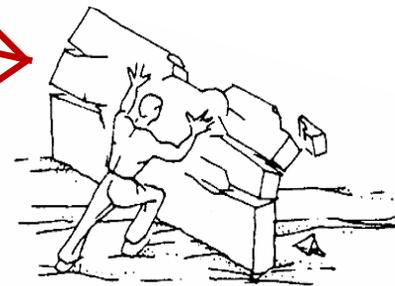
RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

ASSENZA DI INCATENAMENTI O DI PRESÌDI DI PARI EFFICACIA

Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Meccanismo di II Modo
nel piano dei pannelli
(azioni complanari)
COMPORTAMENTO DUTTILE



Meccanismo di I Modo
fuori dal piano dei pannelli
(azioni ortogonali)
COMPORTAMENTO FRAGILE

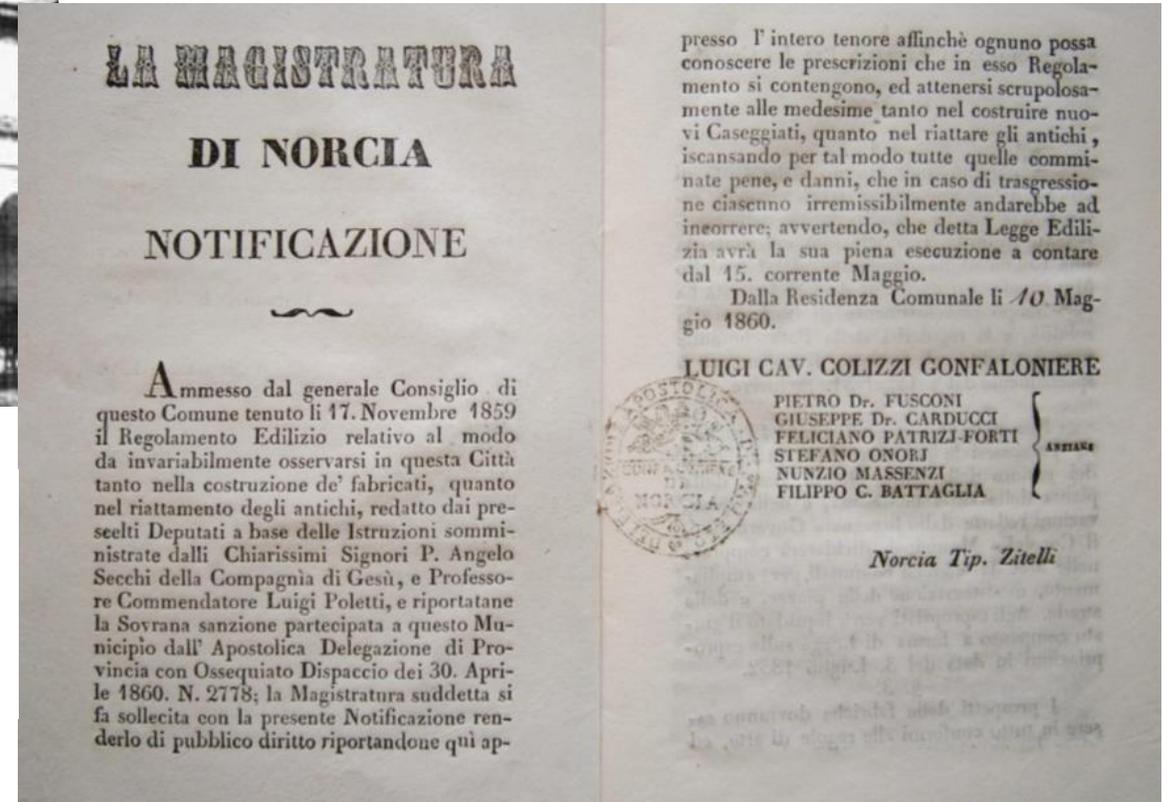


RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

IL REGOLAMENTO DI NORCIA DEL 1860



...di queste cose già se ne parlava più di un secolo fa!



Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

IL REGOLAMENTO DI NORCIA DEL 1860... e le NTC 2018

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici: dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

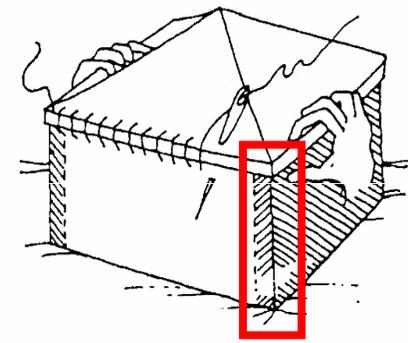
2. Connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano

Art. 7.4 - OPERE E TIPI DI INTERVENTO

Le connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano hanno il compito di ridurre la snellezza delle pareti, rispettivamente nei riguardi della flessione orizzontale e verticale. Ciò ha il duplice effetto di: 1) limitare gli spostamenti fuori dal piano a livello degli orizzontamenti, prevenendo lo sfilamento delle travi dei solai e della copertura; 2) limitare l'ampiezza della porzione di parete muraria potenzialmente interessata da meccanismi fuori dal piano, riducendo la vulnerabilità nei riguardi di cinematismi locali.

Qualora i collegamenti tra le pareti siano scarsi o deteriorati, può essere realizzata un'adeguata ammorsatura tra parti adiacenti o intersecantisi. Questa può essere realizzata o migliorata con interventi locali. Tra questi, ad esempio, sono annoverabili diverse tipologie di interventi, tra cui quelli tipo *scuci-cuci*. *Cuciture armate* realizzate con barre di lunghezza limitata, iniettate con malta o resina, non sempre risultano efficaci, per la difficoltà di garantire un adeguato ancoraggio in presenza di un nucleo interno di scadenti proprietà, e possono essere invasive (in ogni caso è opportuno utilizzare elementi metallici inossidabili o altri materiali idonei).

una scarpata di un ventesimo almeno della altezza. I muri estranei, o di telaro si colleghino bene con i muri divisorj, onde facciano una massa tutta unita.



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

IL REGOLAMENTO DI NORCIA DEL 1860... e le NTC 2018

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici: dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

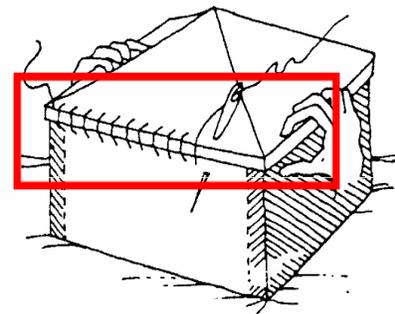
§. 24.
 Nei solaj, o soffitti le travi posino pure su tutta la grossezza dei muri, ed abbiano le legature a chiavi di ferro.

§. 23.
 I tetti sieno sostenuti con travi poggiati orizzontalmente su tutta la grossezza dei muri, o dei cosciali di regolari incavallature. Alle travi che poggiano sui muri si facciano le legature, o chiavi di ferro, o alle incavallature si sottopongano possibilmente delle travi sussidiarie, nel senso dei muri, sopra i quali riposano. In ogni modo il sistema delle travature dovrà sempre collegarsi nel miglior modo che la diversa disposizione permette.

CS.7.4 CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

Il § 8.7.4 delle NTC descrive gli aspetti principali degli interventi sugli edifici esistenti, qui sono riportate alcune raccomandazioni che possono costituire un utile riferimento ai fini della scelta degli interventi. Si sottolinea l'importanza che gli interventi siano definiti in funzione di specifiche vulnerabilità dell'edificio, analizzando prioritariamente quelle locali. Sono invece da evitarsi interventi generalizzati e diffusi, se non adeguatamente motivati da una specifica valutazione.

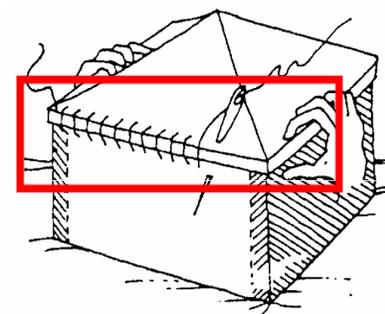
Nel caso in cui nell'intervento si faccia uso di materiali compositi, ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati, si possono utilizzare documenti di comprovata validità.



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

IL REGOLAMENTO DI NORCIA DEL 1860... e le NTC 2018

Il *collegamento dei diaframmi di piano* alle pareti è in primo luogo assicurato dagli elementi principali degli stessi, ovvero travi principali e secondarie in legno o putrelle metalliche. Questi elementi devono essere appoggiati nella parete muraria per una sufficiente lunghezza ed il carico verticale deve essere adeguatamente diffuso alla muratura (eventualmente grazie ad elementi locali di ripartizione). Anche se in modo non sistematico, l'aggiunta di elementi di connessione ancorati alla parete muraria può essere utile a migliorare la risposta sismica, in quanto fa funzionare l'elemento inflesso anche come tirante di collegamento confidando in un ancoraggio meccanico e non solo sull'attrito. Quando si valuta come necessario garantire un collegamento continuo tra diaframma di piano e pareti murarie, possono essere adottati ancoraggi puntuali realizzati sul perimetro degli orizzontamenti attraverso barre iniettate con malte o resine.



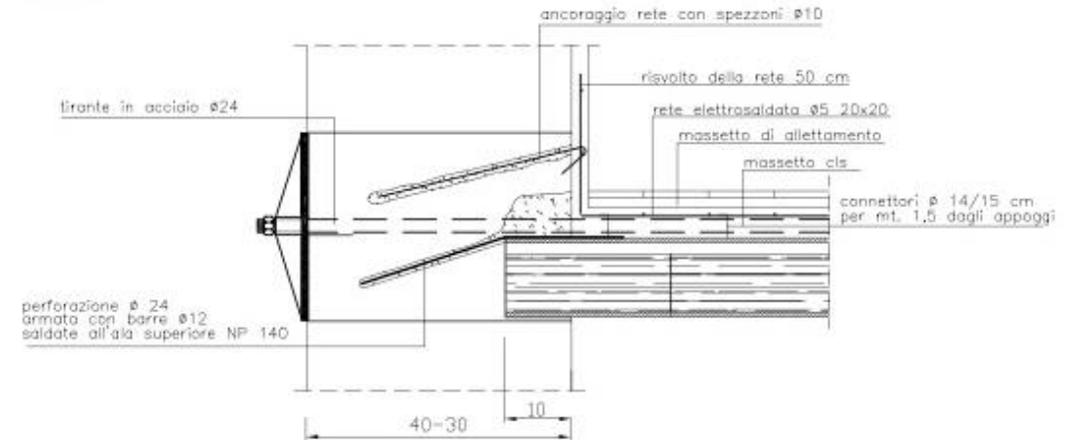
RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

CARENZA DI COLLEGAMENTI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

- REALIZZAZIONE DI CERCHIATURE ESTERNE
- CATENE E TIRANTI IN ACCIAIO O IN MATERIALE COMPOSITO DIFFUSI SULL'INTERA STRUTTURA
- COLLEGAMENTI TRA SOLAI E PARETI D'AMBITO REALIZZATI MEDIANTE PERFORAZIONI ARMATE
- COLLEGAMENTI FRA CORDOLI DI COPERTURA E PARETI SOTTOSTANTI MEDIANTE PERFORI ARMATI
- AMMORSAMENTI TRA MURATURE
- LOCALI RINFORZI DI ANGOLATE E MARTELLI MURARI MEDIANTE INTONACI BILATERALI RINFORZATI
- PERFORAZIONI ARMATE DI CONNESSIONE FRA PARETI



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

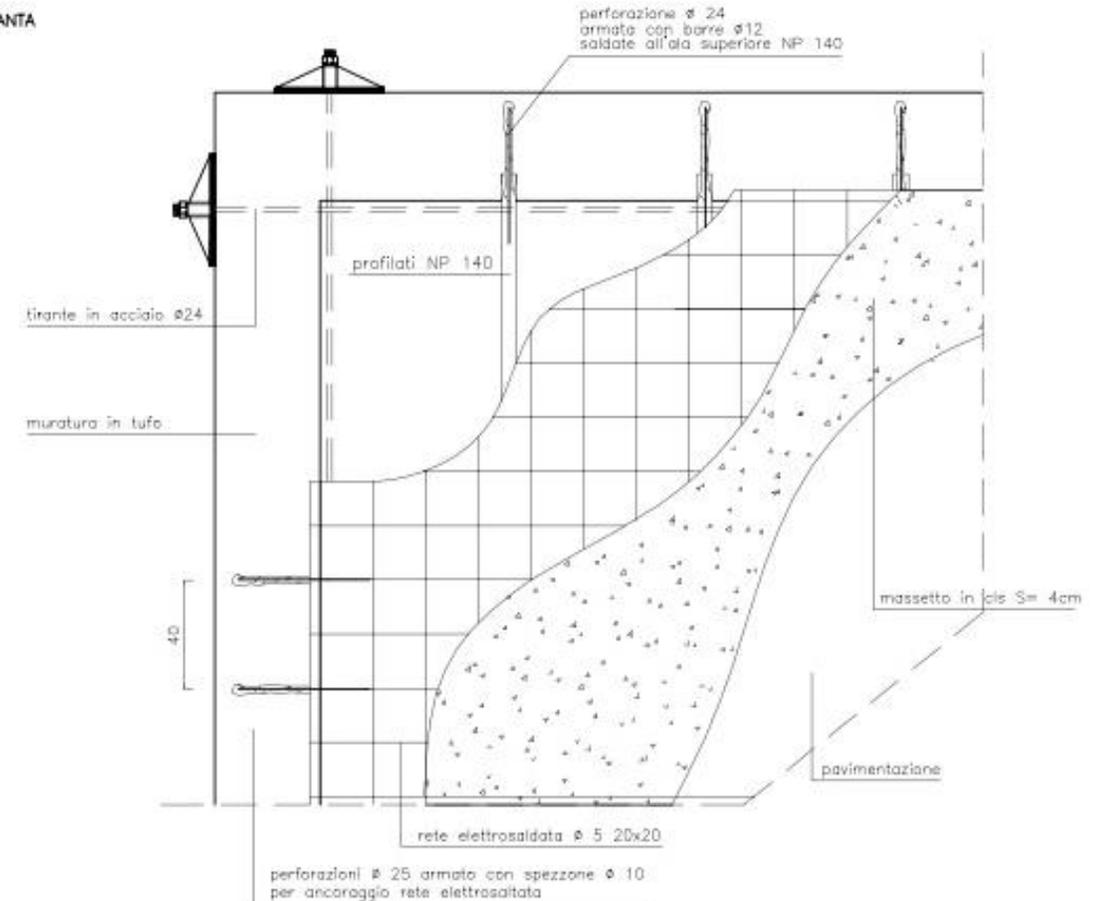
CARENZA DI COLLEGAMENTI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

- REALIZZAZIONE DI CERCHIATURE ESTERNE
- CATENE E TIRANTI IN ACCIAIO O IN MATERIALE COMPOSITO DIFFUSI SULL'INTERA STRUTTURA
- COLLEGAMENTI TRA SOLAI E PARETI D'AMBITO REALIZZATI MEDIANTE PERFORAZIONI ARMATE
- COLLEGAMENTI FRA CORDOLI DI COPERTURA E PARETI SOTTOSTANTI MEDIANTE PERFORI ARMATI
- AMMORSAMENTI TRA MURATURE
- LOCALI RINFORZI DI ANGOLATE E MARTELLI MURARI MEDIANTE INTONACI BILATERALI RINFORZATI
- PERFORAZIONI ARMATE DI CONNESSIONE FRA PARETI

CONSOLIDAMENTO SOLAI ACCIAIO-VOLTINE

PIANTA



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

CARENZA DI COLLEGAMENTI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

- REALIZZAZIONE DI CERCHIATURE ESTERNE
- CATENE E TIRANTI IN ACCIAIO O IN MATERIALE COMPOSITO DIFFUSI SULL'INTERA STRUTTURA
- COLLEGAMENTI TRA SOLAI E PARETI D'AMBITO REALIZZATI MEDIANTE PERFORAZIONI ARMATE
- COLLEGAMENTI FRA CORDOLI DI COPERTURA E PARETI SOTTOSTANTI MEDIANTE PERFORI ARMATI
- AMMORSAMENTI TRA MURATURE
- LOCALI RINFORZI DI ANGOLATE E MARTELLI MURARI MEDIANTE INTONACI BILATERALI RINFORZATI
- PERFORAZIONI ARMATE DI CONNESSIONE FRA PARETI



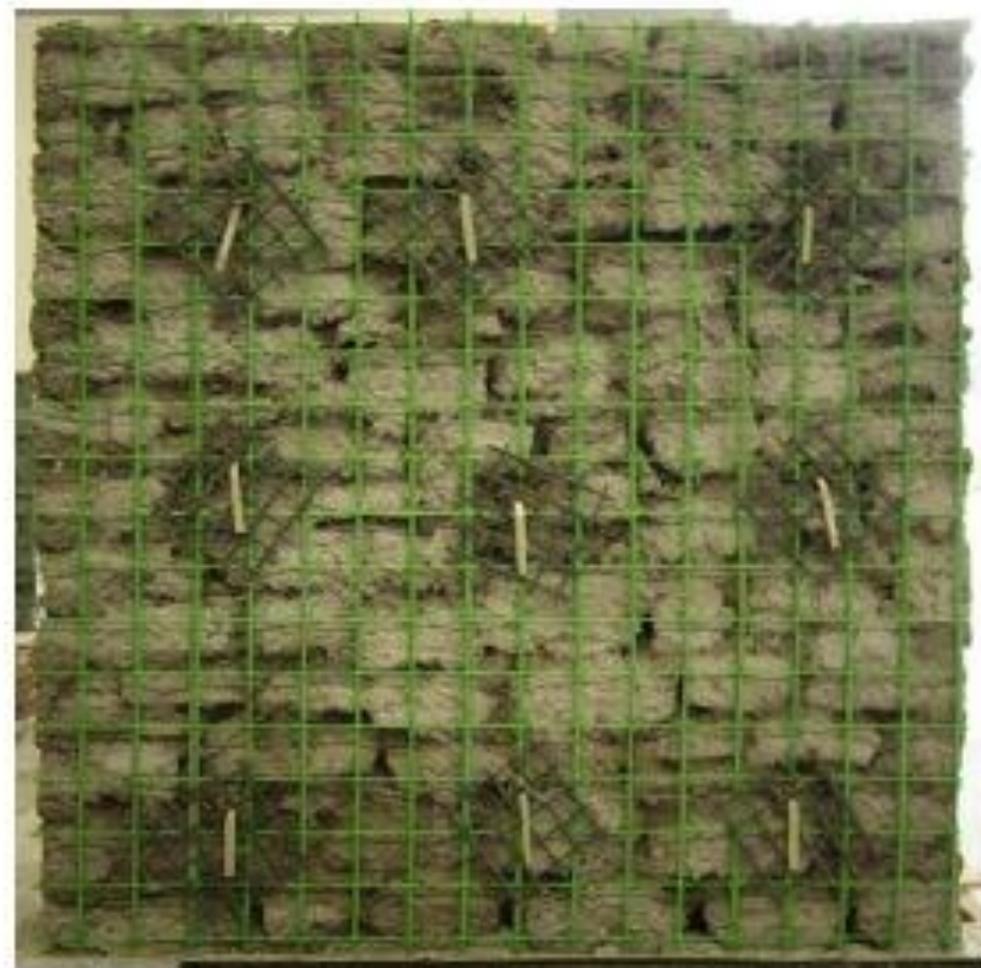
RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

CARENZA DI COLLEGAMENTI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

- REALIZZAZIONE DI CERCHIATURE ESTERNE
- CATENE E TIRANTI IN ACCIAIO O IN MATERIALE COMPOSITO DIFFUSI SULL'INTERA STRUTTURA
- COLLEGAMENTI TRA SOLAI E PARETI D'AMBITO REALIZZATI MEDIANTE PERFORAZIONI ARMATE
- COLLEGAMENTI FRA CORDOLI DI COPERTURA E PARETI SOTTOSTANTI MEDIANTE PERFORI ARMATI
- AMMORSAMENTI TRA MURATURE
- LOCALI RINFORZI DI ANGOLATE E MARTELLI MURARI MEDIANTE INTONACI BILATERALI RINFORZATI
- PERFORAZIONI ARMATE DI CONNESSIONE FRA PARETI



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

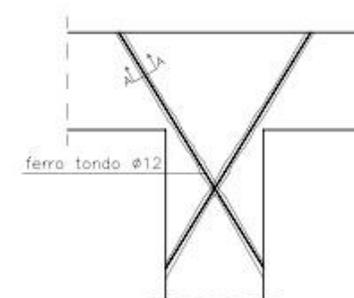
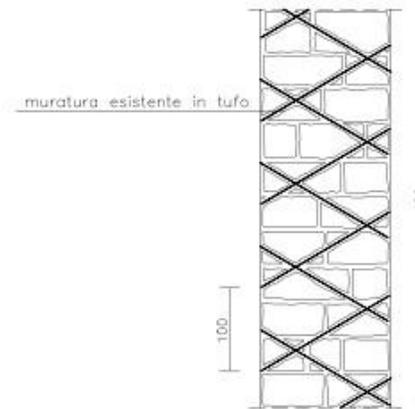
CARENZA DI COLLEGAMENTI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

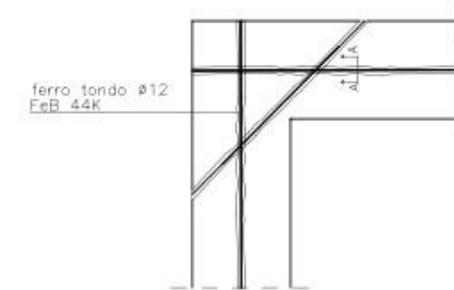
- REALIZZAZIONE DI CERCHIATURE ESTERNE
- CATENE E TIRANTI IN ACCIAIO O IN MATERIALE COMPOSITO DIFFUSI SULL'INTERA STRUTTURA
- COLLEGAMENTI TRA SOLAI E PARETI D'AMBITO REALIZZATI MEDIANTE PERFORAZIONI ARMATE
- COLLEGAMENTI FRA CORDOLI DI COPERTURA E PARETI SOTTOSTANTI MEDIANTE PERFORI ARMATI
- AMMORSAMENTI TRA MURATURE
- LOCALI RINFORZI DI ANGOLATE E MARTELLI MURARI MEDIANTE INTONACI BILATERALI RINFORZATI
- PERFORAZIONI ARMATE DI CONNESSIONE FRA PARETI

PARTICOLARI PERFORAZIONE ARMATA

SEZIONE VERTICALE

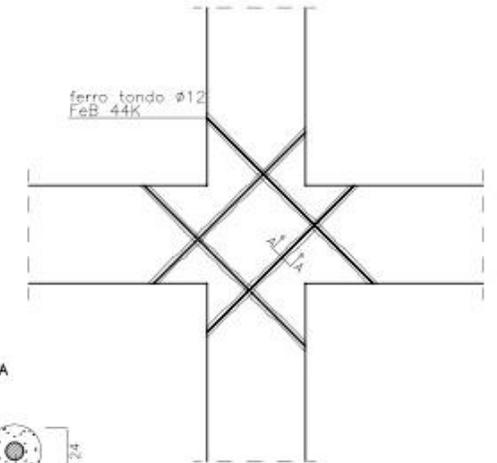


PIANTA

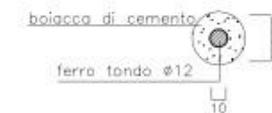


ferro tondo $\phi 12$
FeB 44K

PIANTE



SEZIONE A-A



boiacca di cemento

ferro tondo $\phi 12$

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE



Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE

- COLLEGAMENTO TAMPONATURA A STRUTTURA IN C.A.

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

4.1.1. Interventi di collegamento perimetrale a pilastri e travi emergenti

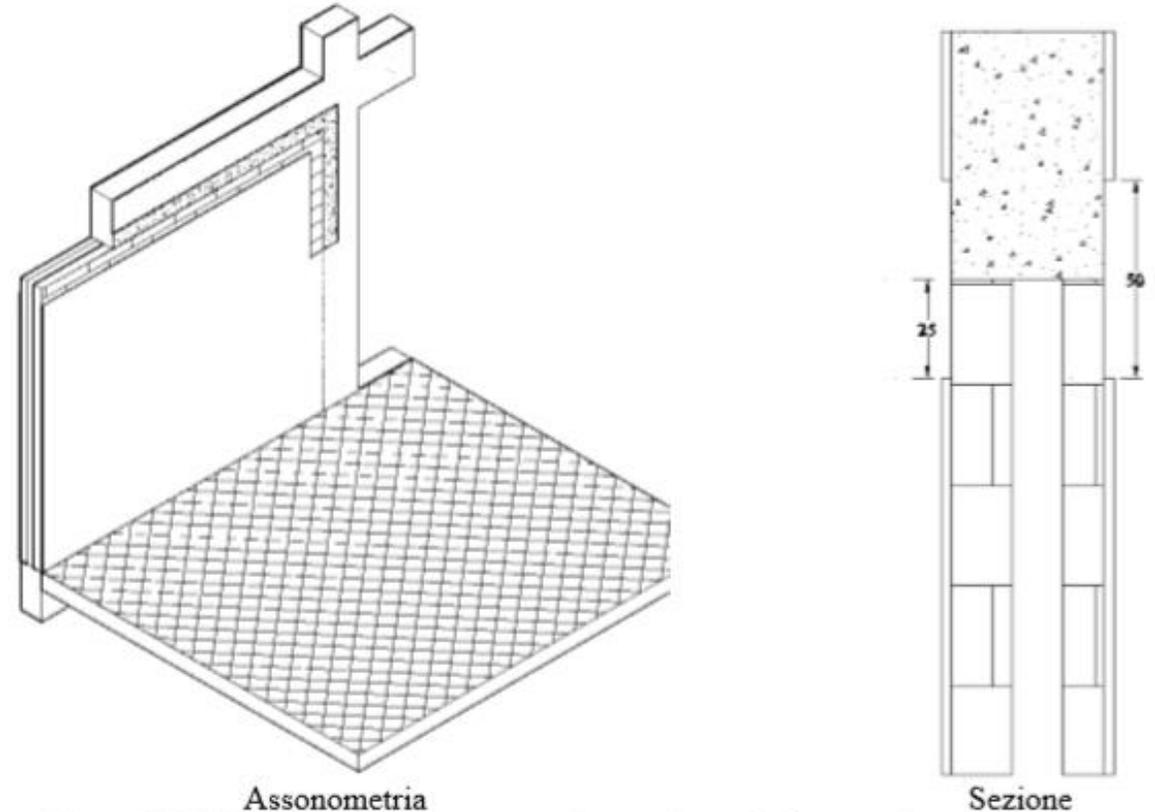


Figura 106. Rimozione dell'intonaco esistente lungo le fasce perimetrali di ancoraggio.

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE

- COLLEGAMENTO TAMPONATURA A STRUTTURA IN C.A.

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

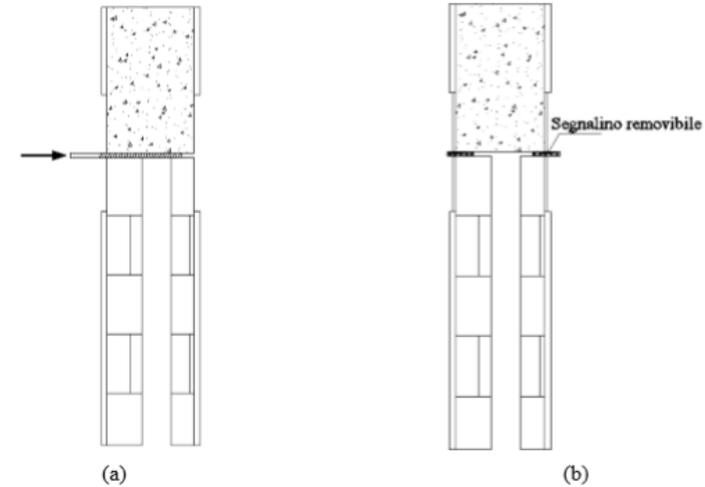


Figura 107. Foratura della tamponatura ed occlusione temporanea del foro

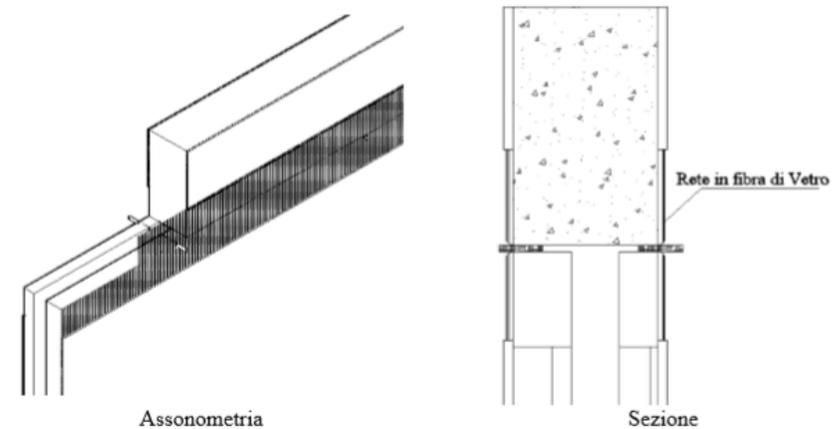


Figura 108. Applicazione di primo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità e di rete a maglie quadrate bilanciate (0°, 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettata

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE

- COLLEGAMENTO TAMPONATURA A STRUTTURA IN C.A.

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

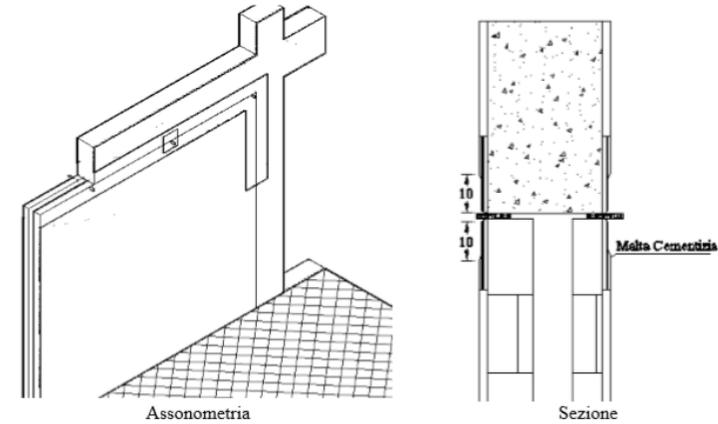


Figura 109. Applicazione di un secondo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità

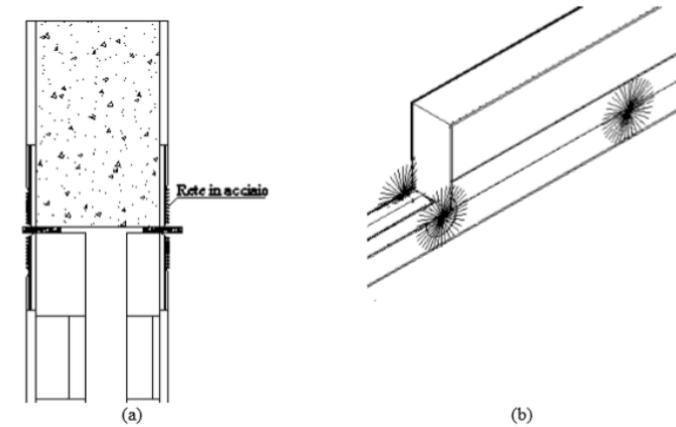


Figura 110. Applicazione di fazzoletto in tessuto unidirezionale in fibre di acciaio e primerizzazione del foro

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE

- COLLEGAMENTO TAMPONATURA A STRUTTURA IN C.A.

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

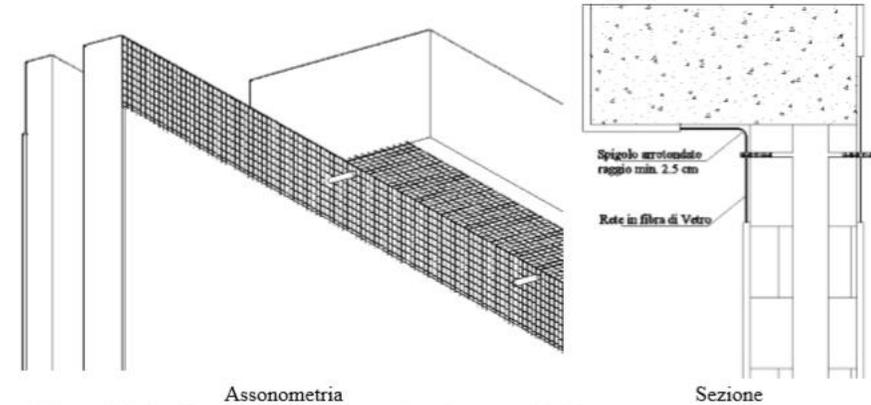


Figura 113. Applicazione di primo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità e di rete a maglie quadrate bilanciata (0°, 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettata.

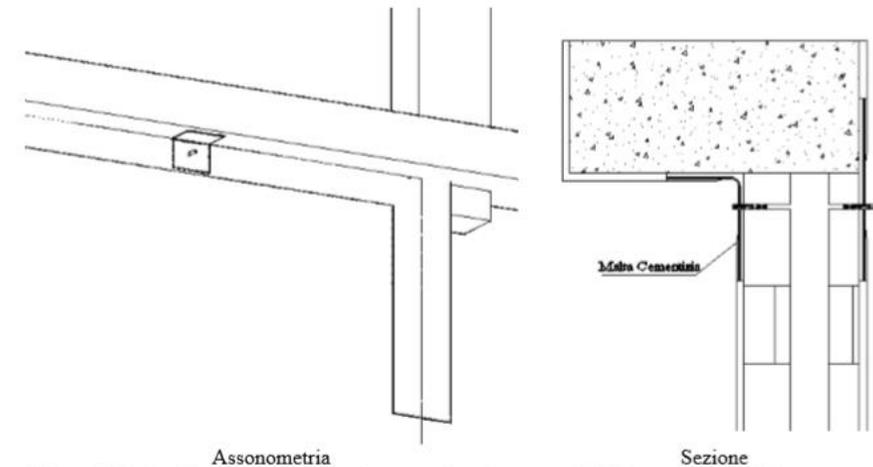


Figura 114. Applicazione di un secondo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

DANNEGGIAMENTI ALLE TAMPONATURE

- COLLEGAMENTO TAMPONATURA A STRUTTURA IN C.A.

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

MECCANISMI FRAGILI NEI PANNELLI DI NODO TRAVE PILASTRO & ROTTURA PER FLESSIONE E TAGLIO ALLE ESTREMITÀ DELLE TRAVI

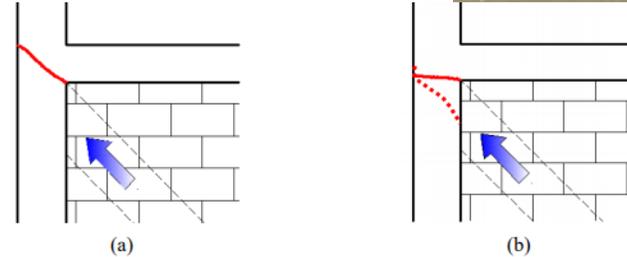
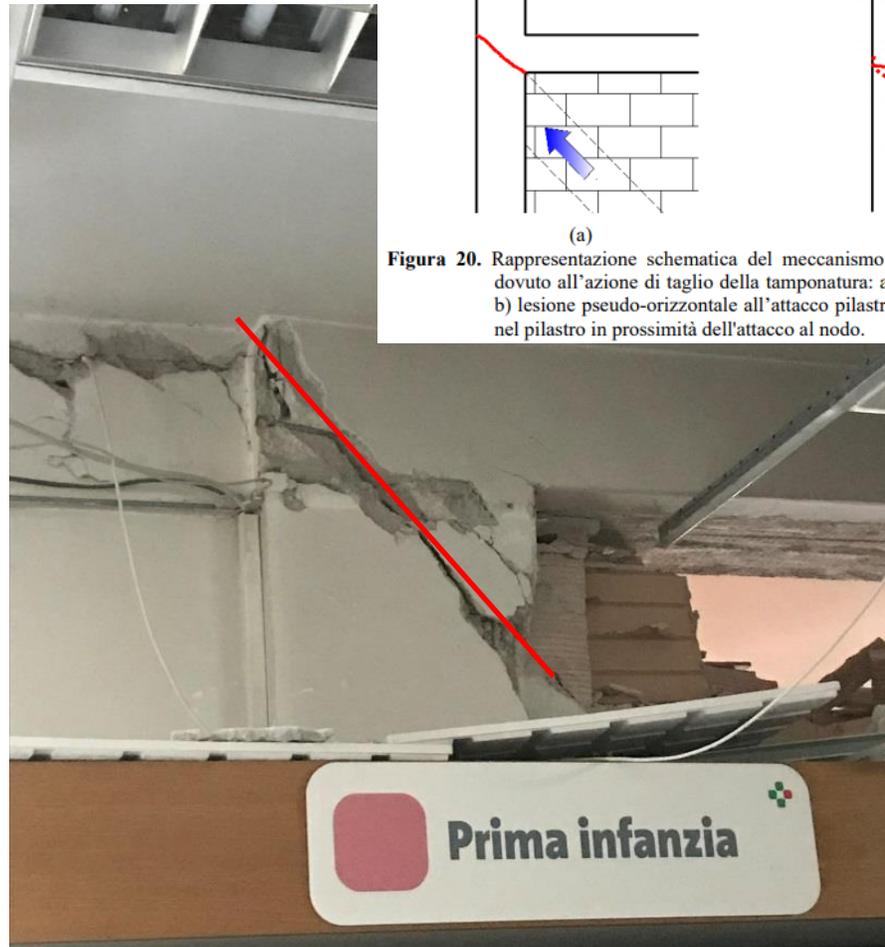
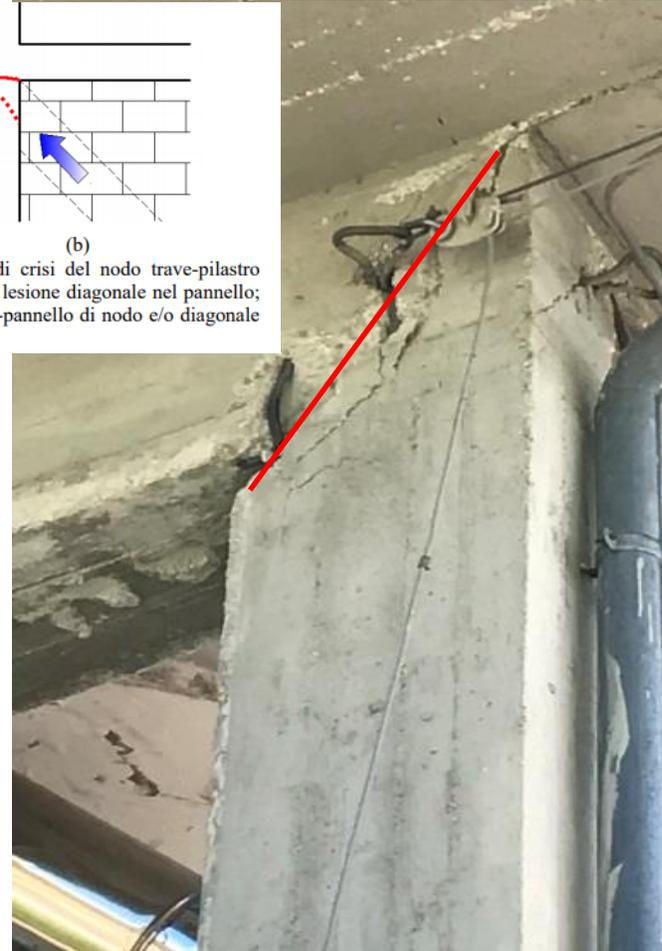


Figura 20. Rappresentazione schematica del meccanismo di crisi del nodo trave-pilastro dovuto all'azione di taglio della tamponatura: a) lesione diagonale nel pannello; b) lesione pseudo-orizzontale all'attacco pilastro-pannello di nodo e/o diagonale nel pilastro in prossimità dell'attacco al nodo.



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

MECCANISMI FRAGILI NEI PANNELLI DI NODO TRAVE PILASTRO &
ROTTURA PER FLESSIONE E TAGLIO ALLE ESTREMITÀ DELLE TRAVI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

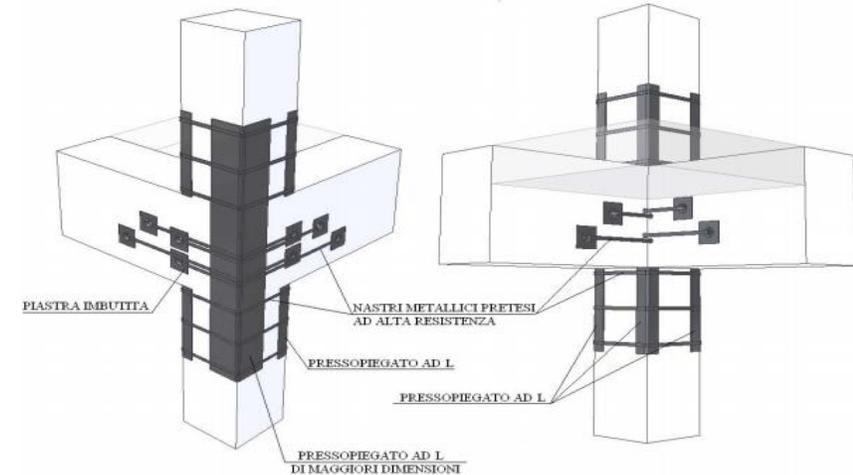
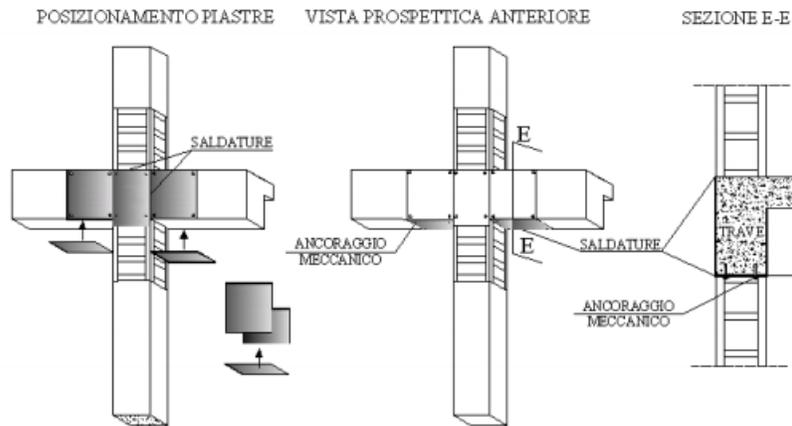
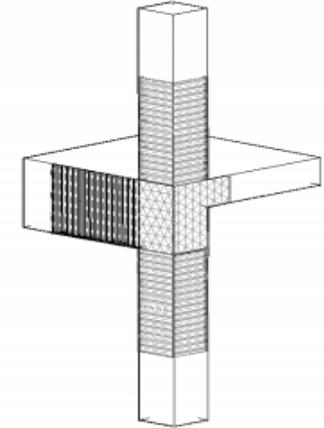
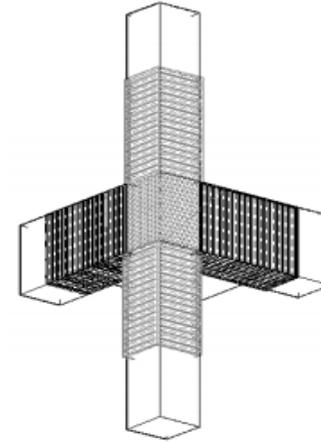
RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

MECCANISMI FRAGILI NEI PANNELLI DI NODO TRAVE PILASTRO & ROTTURA PER FLESSIONE E TAGLIO ALLE ESTREMITÀ DELLE TRAVI

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

- L'INTERVENTO DI RAFFORZAMENTO NON DEVE RIGUARDARE UNICAMENTE IL PANNELLO NODALE MA ANCHE LE PARTI TERMINALI DI TRAVI E PILASTRI E DEVE ESSERE FINALIZZATO A AUMENTARE LA LORO RESISTENZA A TAGLIO E A REALIZZARE UN CONFINAMENTO DELLE PARTI DOVE SI CONCENTRANO LE MASSIME RICHIESTE DI DUTTILITÀ IN FLESSIONE E IN PRESSOFLESSIONE



RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

COLLEGAMENTI NEGLI EDIFICI IN STRUTTURA PREFABBRICATA



**CROLLO PARZIALE
TAMPONATURA**

**SCONNESSIONI
TRAVE-PILASTRO**

**FUORI PIOMBO
PILASTRO**



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

COLLEGAMENTI NEGLI EDIFICI IN STRUTTURA PREFABBRICATA



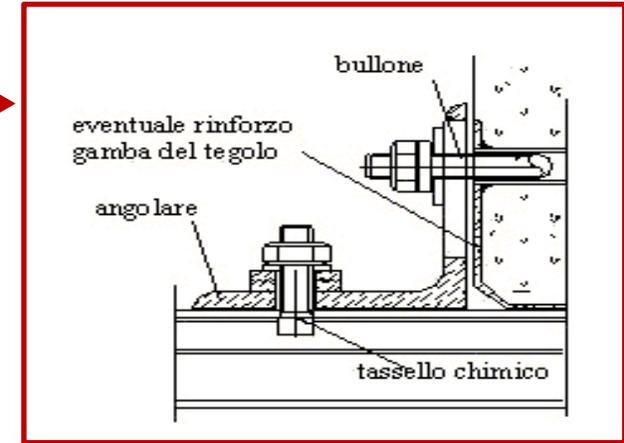
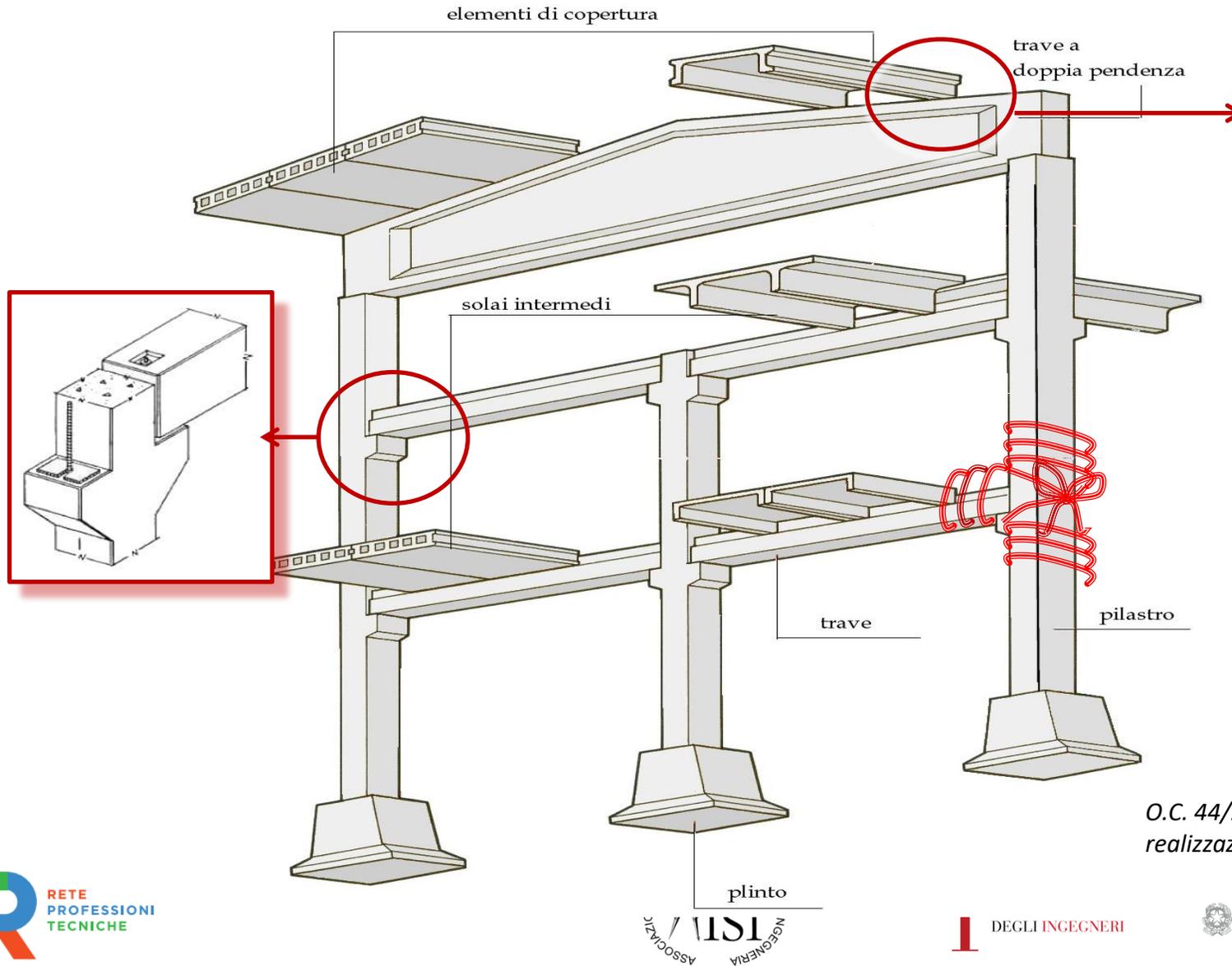
Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

RICOSTRUZIONE & RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

COLLEGAMENTI NEGLI EDIFICI IN STRUTTURA PREFABBRICATA



**MIGLIORARE
I COLLEGAMENTI
PER RIDURRE
LA VULNERABILITÀ**

O.C. 44/2018 (oggi Allegato 6: "Criteri di indirizzo per la progettazione e realizzazione degli interventi di rafforzamento locale" TURP)

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

RECUPERO EDIFICI DANNEGGIATI DAL SISMA



Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

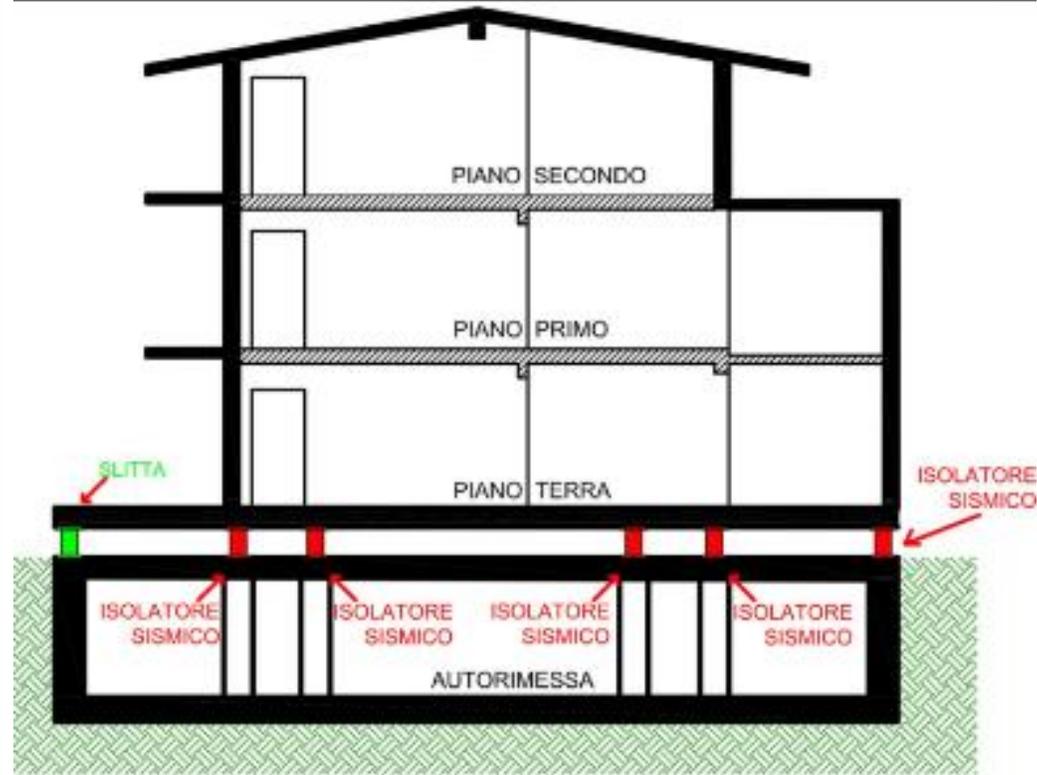
SOLUZIONI AL PROBLEMA

RECUPERO EDIFICI DANNEGGIATI DAL SISMA

- DANNI LIEVI AGLI ELEMENTI PRINCIPALI SISMORESISTENTI;
- ALCUNI CROLLI ALLE TAMPONATURE E AI TRAMEZZI IN PORZIONI LIMITATE DELL'EDIFICIO.

PERCHÈ DEMOLIRE E RICOSTRUIRE?

QUANDO, "PROGETTANDO", SI POSSONO TRASFORMARE EDIFICI VULNERABILI E/O POCO DANNEGGIATI IN EDIFICI A "DANNEGGIAMENTO ZERO"



L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

RECUPERO EDIFICI DANNEGGIATI DAL SISMA

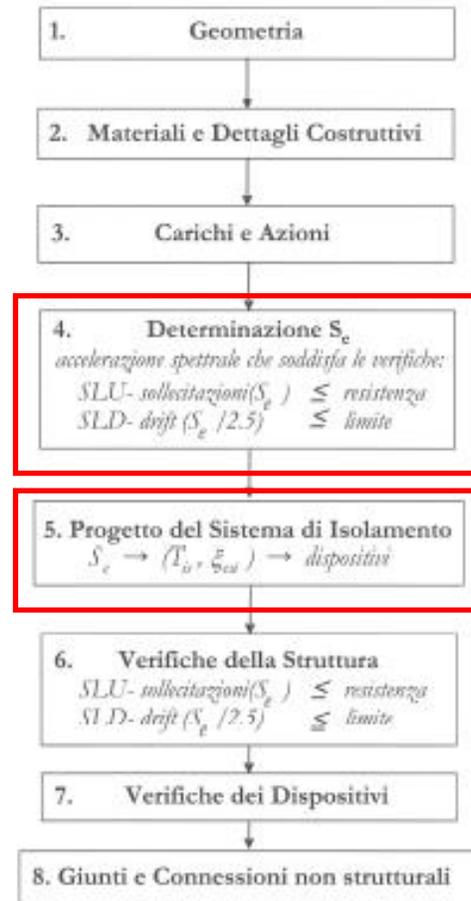
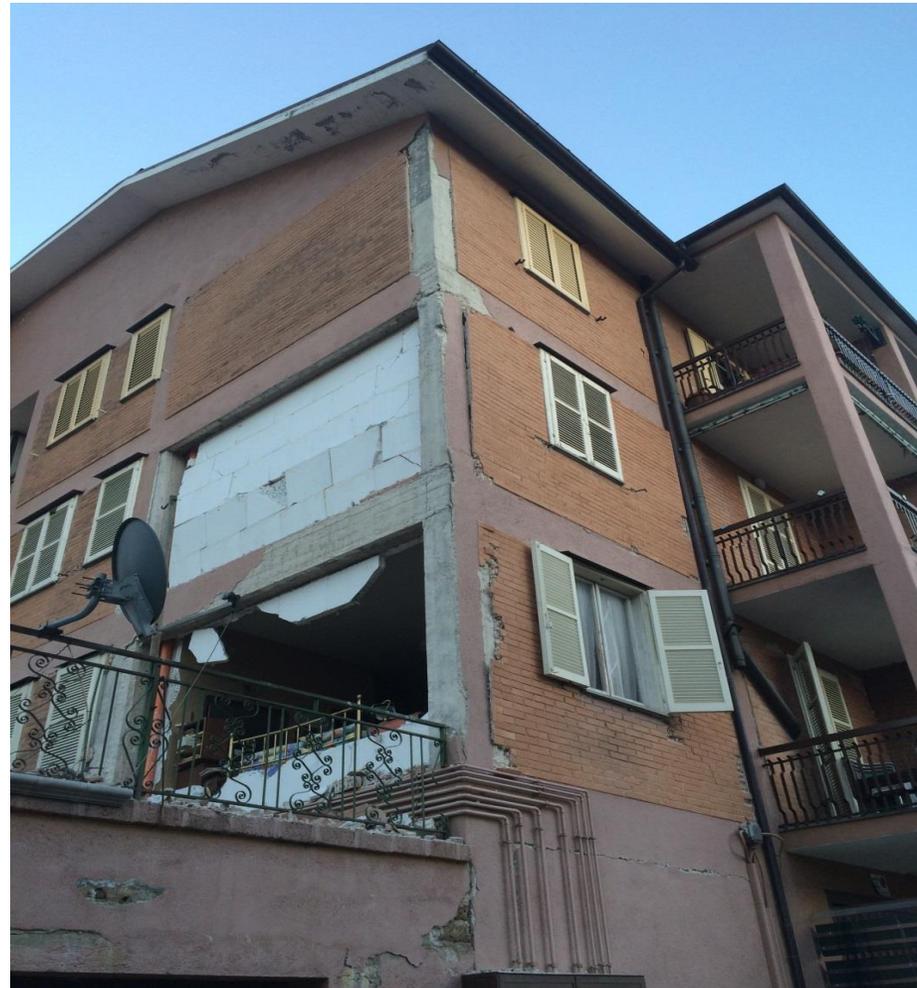


Fig. 2.39 Diagramma a blocchi della procedura di progettazione dell'intervento di adeguamento con isolamento sismico

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

RECUPERO EDIFICI DANNEGGIATI DAL SISMA

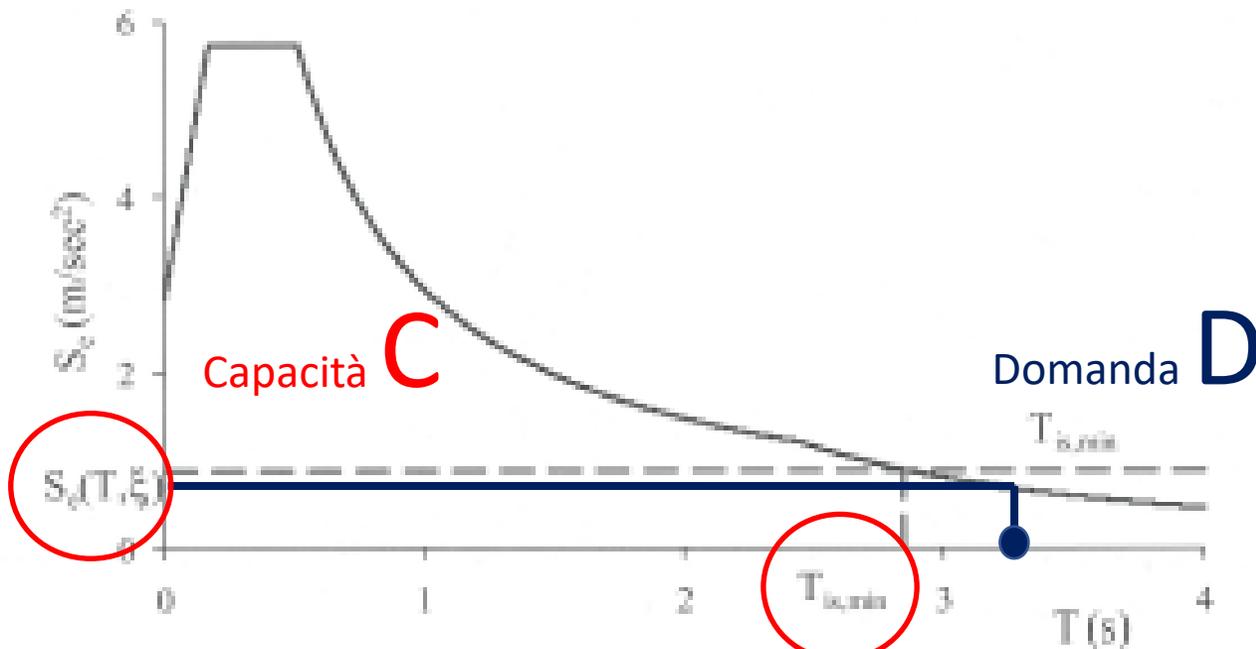
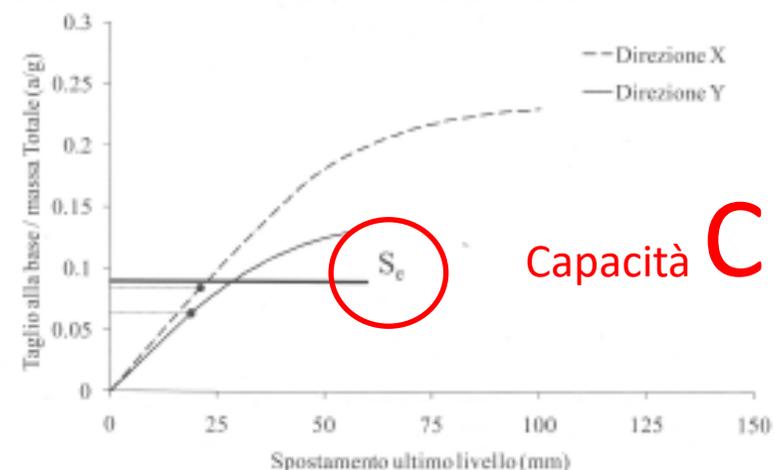


Fig. 2.51 Individuazione del $T_{b,ris}$ sullo spettro di risposta allo SLV_1 per suolo C e $\xi=10\%$



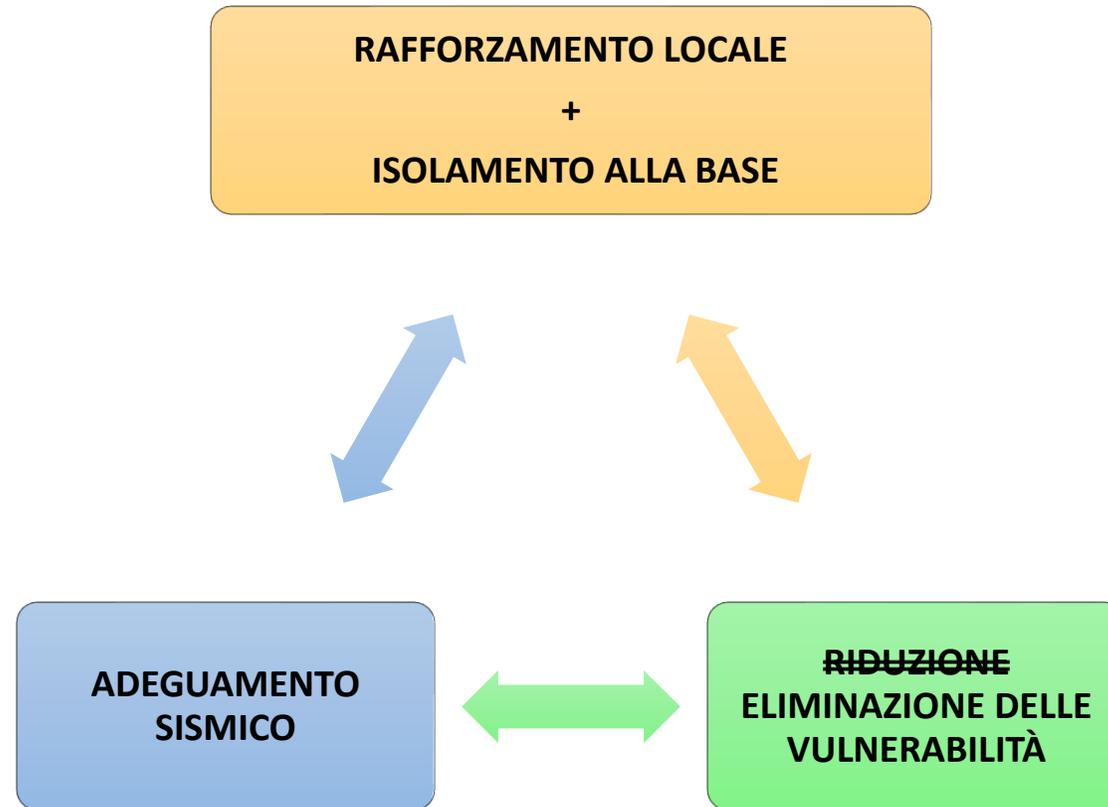
g. 2.50 - Curva di capacità della struttura esistente a base fissa in direzione X e Y

Capacità **C** > Domanda **D**

L'ISOLAMENTO SISMICO per la RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

SOLUZIONI AL PROBLEMA

RECUPERO EDIFICI DANNEGGIATI DAL SISMA



Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI” NELL’AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE... E NON SOLO

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall’analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

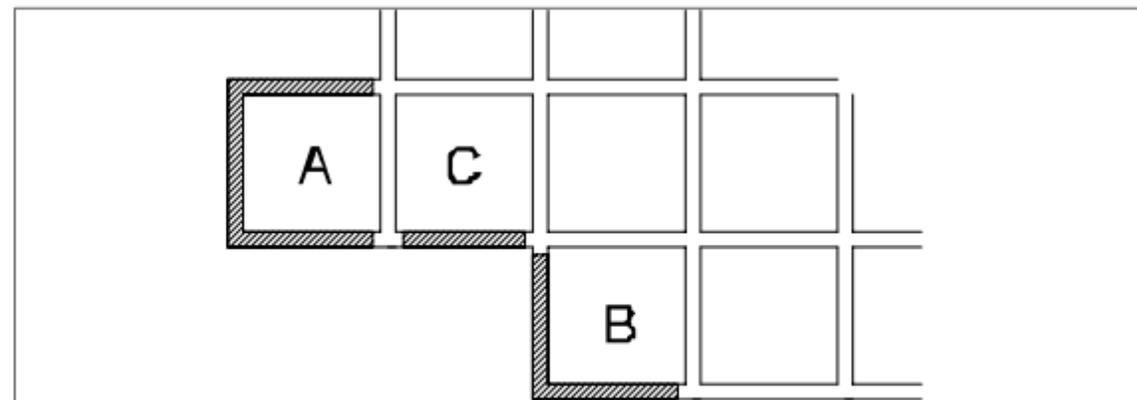
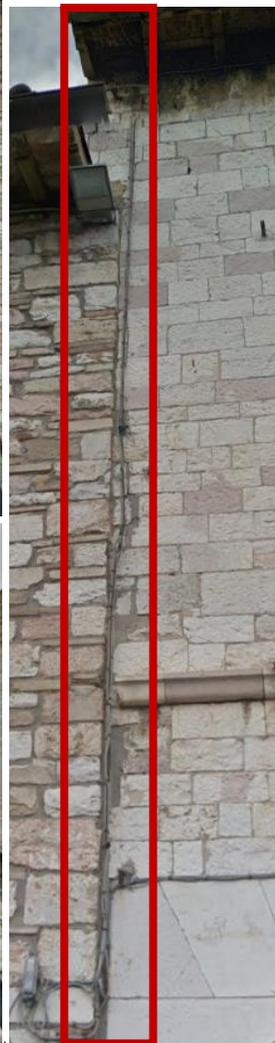


Figura 1. Posizione della scatola muraria nel tessuto urbano in relazione alle situazioni di accrescimento.

8.7.1 COSTRUZIONI IN MURATURA

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.

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI” NELL’AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE... E NON SOLO

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall’analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

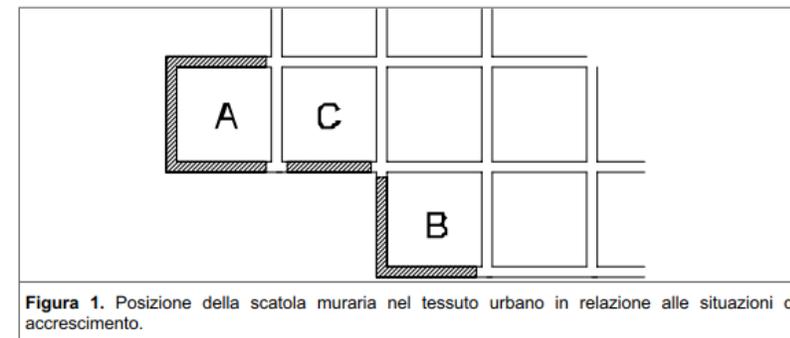


Figura 1. Posizione della scatola muraria nel tessuto urbano in relazione alle situazioni di accrescimento.

VULNERABILITÀ INTRINSECA Propria della U.S.

“Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, per gli edifici in aggregato dovranno essere valutati gli effetti di...”

VULNERABILITÀ INDOTTA Interferenze con le U.S. adiacenti

“...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.”

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI” NELL’AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE... E NON SOLO

CS.2 CRITERI GENERALI

La conoscenza della costruzione, se da un lato contribuisce ad aumentare l’accuratezza delle verifiche di sicurezza e l’efficacia del progetto degli interventi, dall’altro dipende, di fatto, dalla possibilità di effettuare indagini approfondite in relazione all’uso ed alla natura/tipologia della costruzione stessa.

Le NTC, al fine di tener conto dei diversi possibili gradi di approfondimento, utilizzano i concetti di livello di conoscenza (relativo a geometria, organizzazione strutturale, dettagli costruttivi e materiali) e di fattore di confidenza (che modifica i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza).

È necessario che il progettista espliciti, nei documenti progettuali, le caratteristiche geometriche e strutturali della costruzione e il grado di approfondimento raggiunto dalle indagini.

In generale, la valutazione della sicurezza consiste nell’identificazione delle criticità nei confronti delle azioni considerate, sia non sismiche, come pesi propri, sovraccarichi e azioni climatiche, sia sismiche¹.

¹Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di muratura, la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei meccanismi di collasso, sia locali, sia globali, ove questi ultimi siano significativi; la verifica dei meccanismi globali diviene, in genere, significativa solo dopo che gli eventuali interventi abbiano eliminato i meccanismi di collasso locale. E’ inoltre opportuno considerare la distinzione tipologica tra edifici singoli e edifici in aggregato (es. edilizia dei centri storici, complessi formati da più corpi). In particolare, per le tipologie in aggregato, particolarmente frequenti nei centri storici, il comportamento globale è spesso non definibile o non identificabile, al contrario del comportamento delle singole parti o unità strutturali.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di c.a. e di acciaio, le NTC evidenziano come in esse possa essere attivata la capacità di elementi con meccanismi resistenti sia “duttili” sia “fragili”; a tale riguardo, è opportuno che l’analisi sismica globale utilizzi, per quanto possibile, metodi di modellazione e analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI” NELL’AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE... E NON SOLO

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di muratura, la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei meccanismi di collasso, sia locali, sia globali, ove questi ultimi siano significativi; la verifica dei meccanismi globali diviene, in genere, significativa solo dopo che gli eventuali interventi abbiano eliminato i meccanismi di collasso locale. E' inoltre opportuno considerare la distinzione tipologica tra edifici singoli e edifici in aggregato (es. edilizia dei centri storici, complessi formati da più corpi). In particolare, per le tipologie in aggregato, particolarmente frequenti nei centri storici, il comportamento globale è spesso non definibile o non identificabile, al contrario del comportamento delle singole parti o unità strutturali.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti di c.a. e di acciaio, le NTC evidenziano come in esse possa essere attivata la capacità di elementi con meccanismi resistenti sia “duttili” sia “fragili”; a tale riguardo, è opportuno che l’analisi sismica globale utilizzi, per quanto possibile, metodi di modellazione e analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI” NELL’AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE... E NON SOLO

Tra le interazioni strutturali con gli edifici adiacenti occorre considerare: le azioni (sia verticali che orizzontali) provenienti da solai o da pareti di US adiacenti; le spinte di archi e volte appartenenti ad US contigue; le spinte provenienti da archi di contrasto o da tiranti ancorati su altri edifici; i martellamenti tra US adiacenti.

Ove necessario, occorre anche considerare gli effetti di: spinte causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti; effetti locali causati da disallineamenti dei prospetti, differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti; azioni di ribaltamento e di traslazione nelle US di testata.

L'analisi di una US secondo i metodi utilizzati per edifici isolati, se effettuata modellando in maniera approssimata (o addirittura trascurando) l'interazione con i corpi di fabbrica adiacenti, assume un significato largamente convenzionale, per cui la determinazione della capacità sismica globale dell'US può essere eseguita attraverso metodologie semplificate.

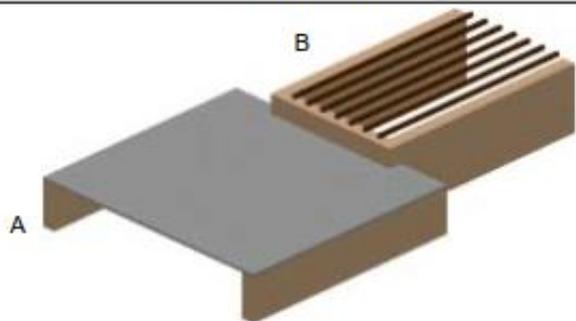
Qualora i solai dell'edificio siano di rigidità trascurabile si può procedere all'analisi delle singole pareti dell'US, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete; nel caso in cui la parete oggetto di verifica abbia continuità con quella di una US adiacente (ad esempio nel caso delle facciate di aggregati in linea) è necessario stimare se l'azione sismica da prendere in considerazione non debba essere incrementata rispetto a quella derivante dalle sole masse dell'US in esame (fatto che, ad esempio, si verifica nelle US di angolo o di testata). L'analisi e le verifiche di ogni singola parete seguono i criteri esposti nei punti precedenti.

Nel caso di solai infinitamente rigidi o di rigidità significativa, la verifica agli stati limite ultimi e/o di esercizio di una US in aggregato può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare 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 unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su più lati alle US contigue (es. piani superiori di un edificio di maggiore altezza rispetto alle US adiacenti), l'analisi può anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, ipotizzando che i solai, infinitamente rigidi, possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica.

Il Tema degli “AGGREGATI EDILIZI” nell’ambito della RICOSTRUZIONE... e non solo

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall’analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

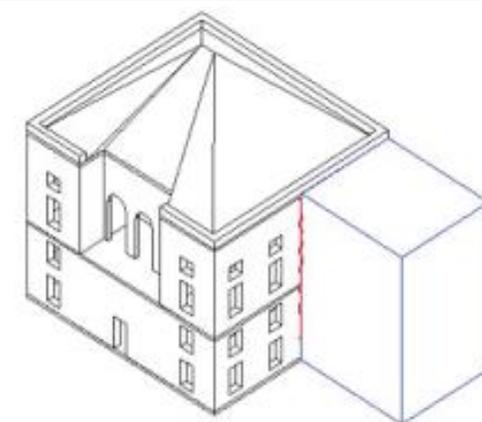
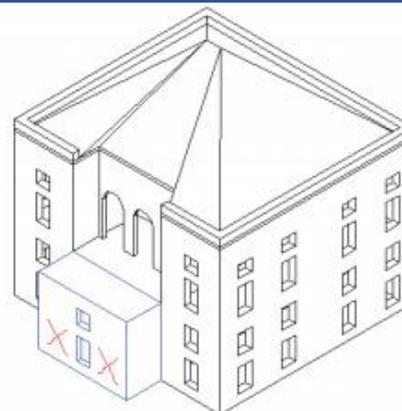
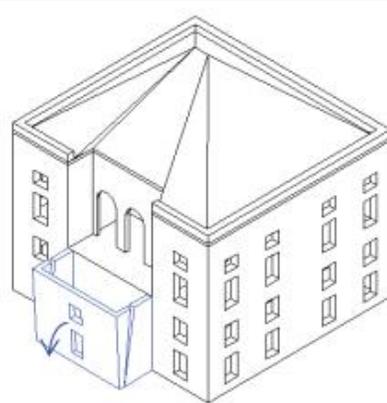
SOLAI SFALSAI NON COLLEGATI ALLE MURATURE



5. US in aderenza con solai sfalsati. Solaio di A rigido o deformabile con orditura parallela o perpendicolare alla parete in comune. Solaio di B con orditura perpendicolare alla parete in comune.

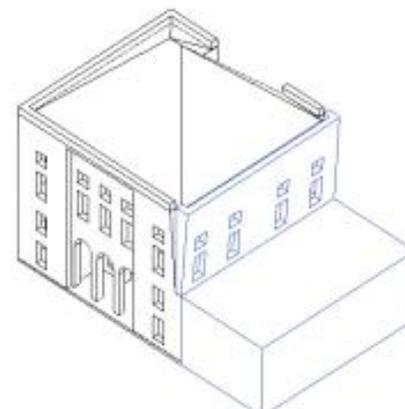
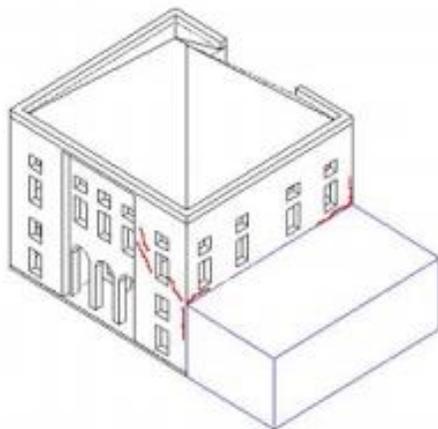
Configurazione vulnerabile per A e per B anche nel caso di murature allineate.

VULNERABILITÀ INDOTTA
Interferenze con le U.S. adiacenti
“... spinte non contrastate sulle pareti in comune con le US adiacenti, causate da orizzontamenti sfalsati di quota...”



VULNERABILITÀ INDOTTA
Interferenze con le U.S. adiacenti

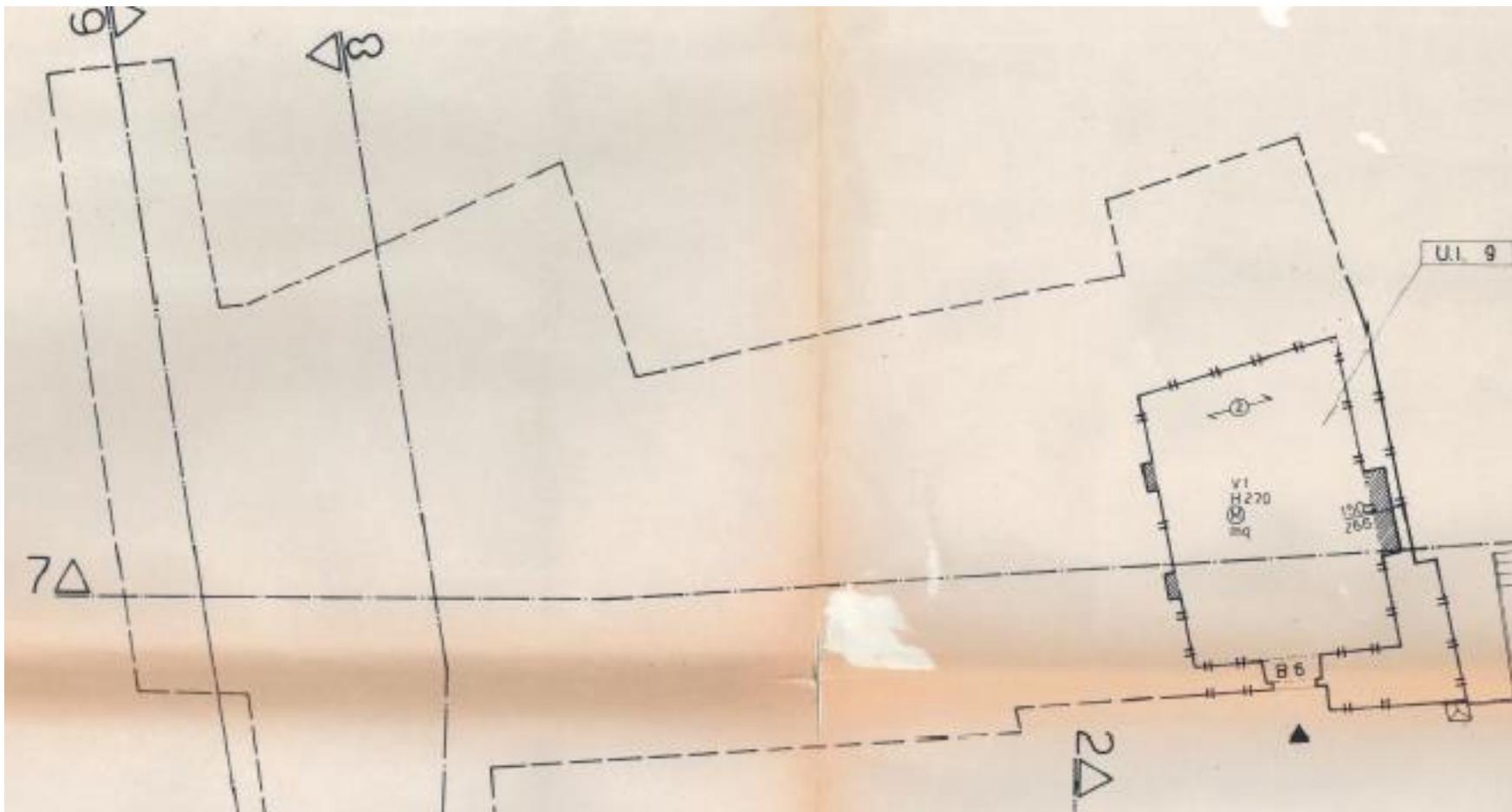
“... meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, sia verticalmente sia orizzontalmente...”



VULNERABILITÀ INDOTTA
Interferenze con le U.S. adiacenti
adiacenti
“...US adiacenti di differente altezza.”

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

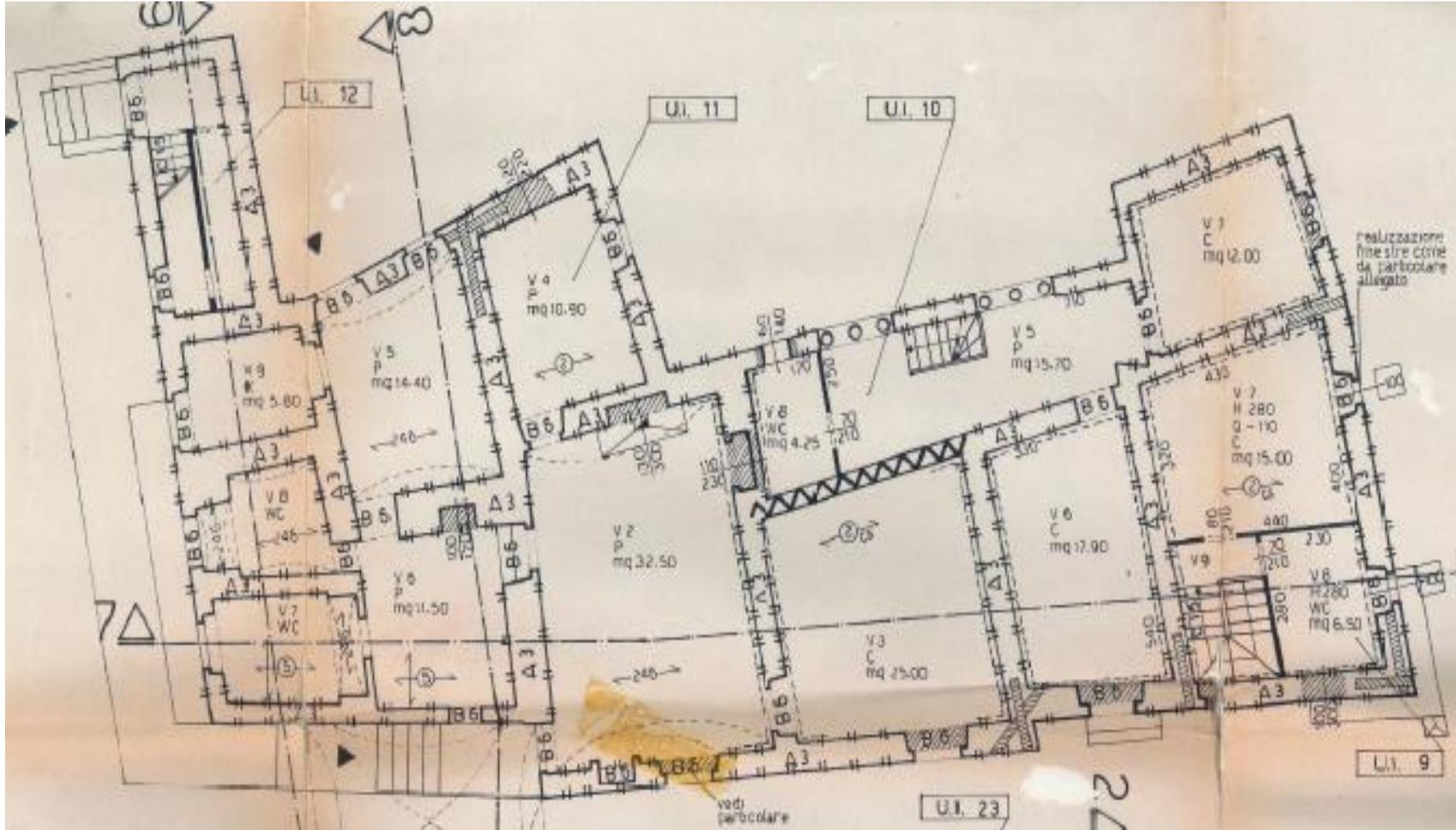
PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

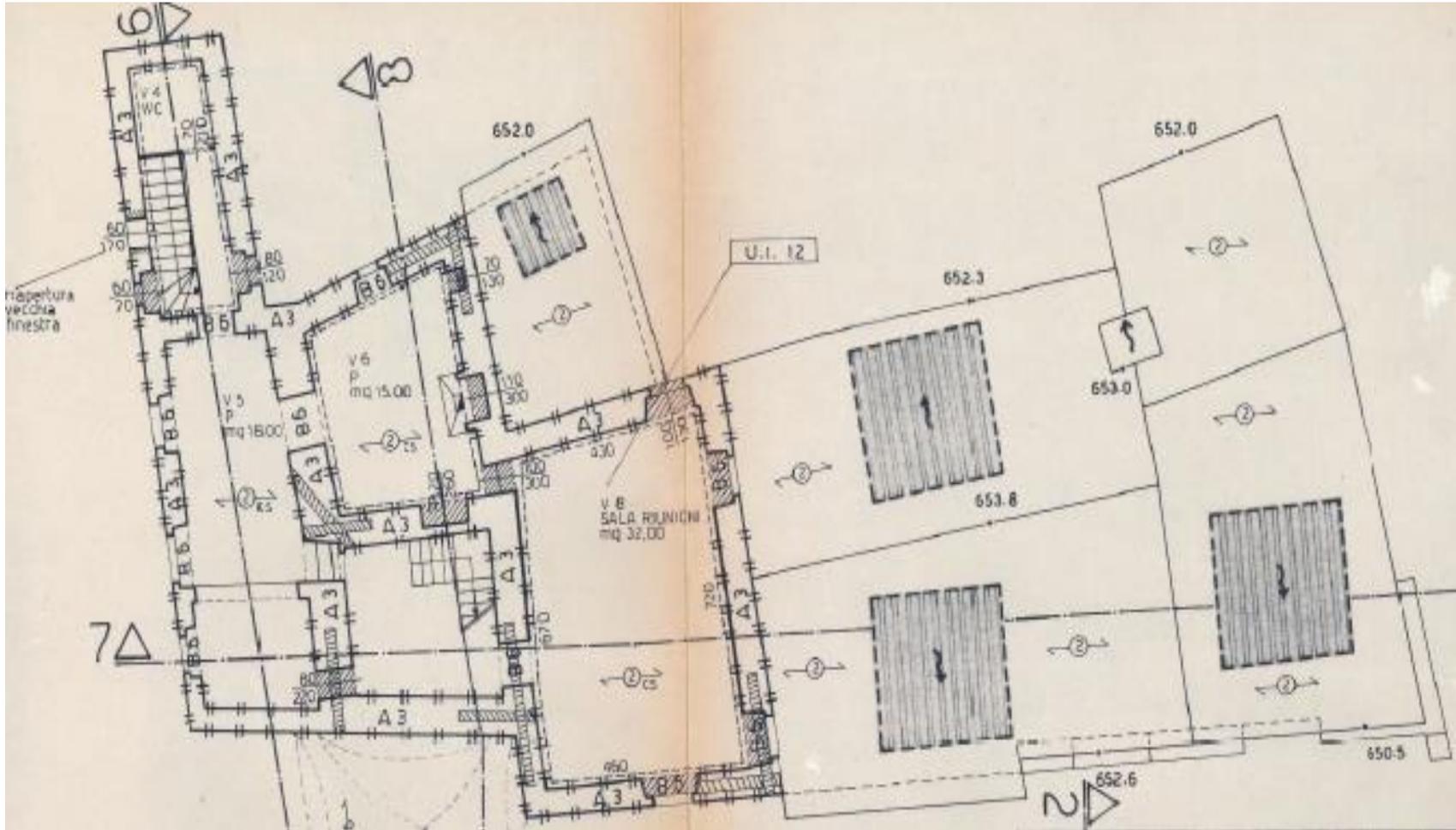


Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

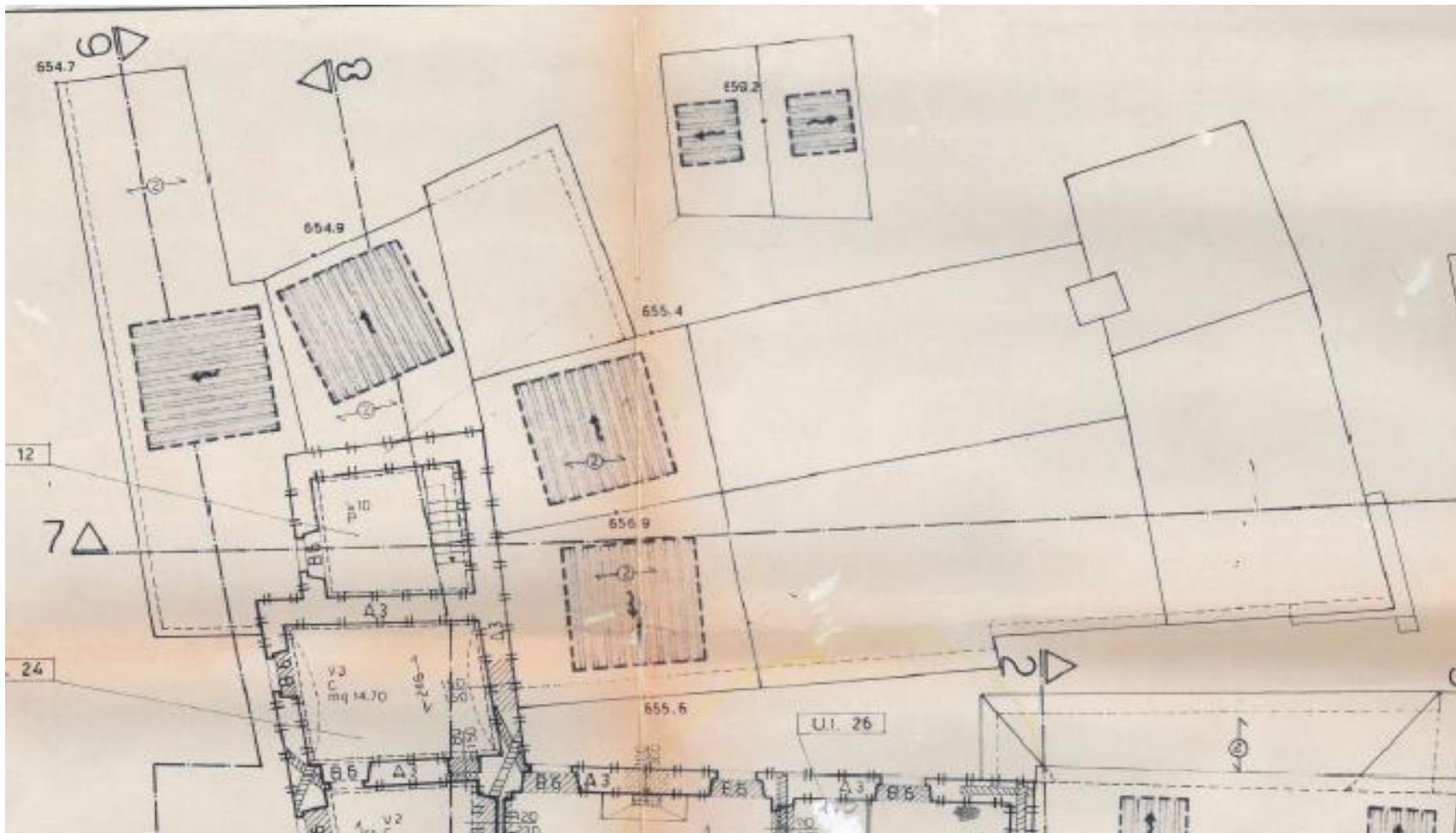


Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

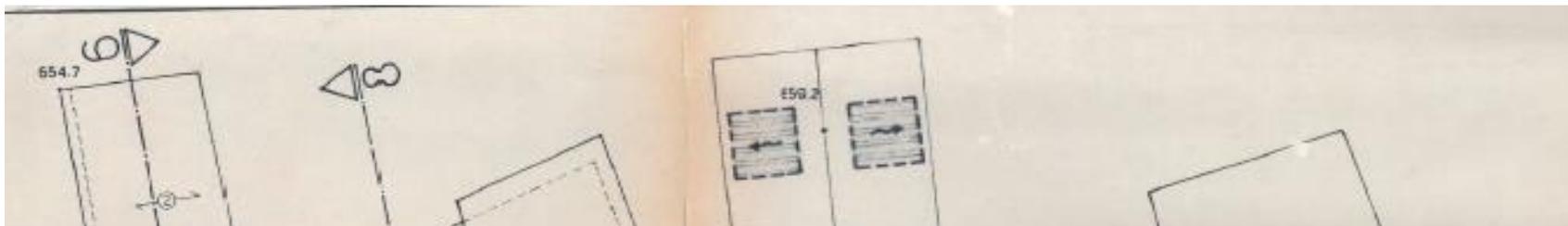


Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

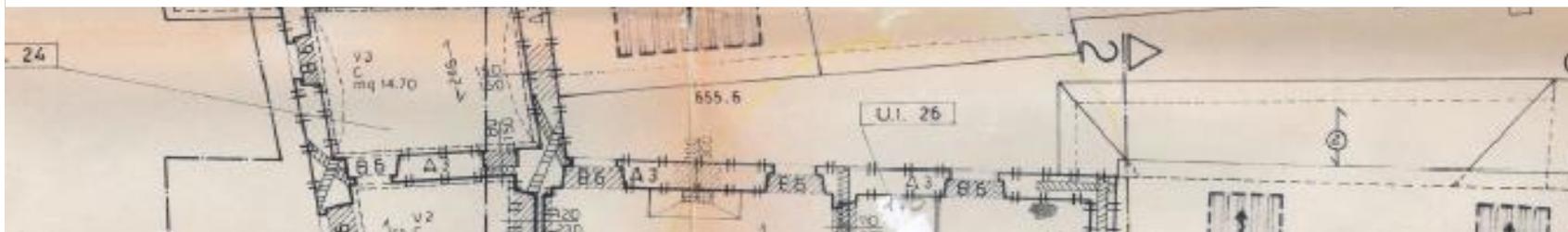
Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

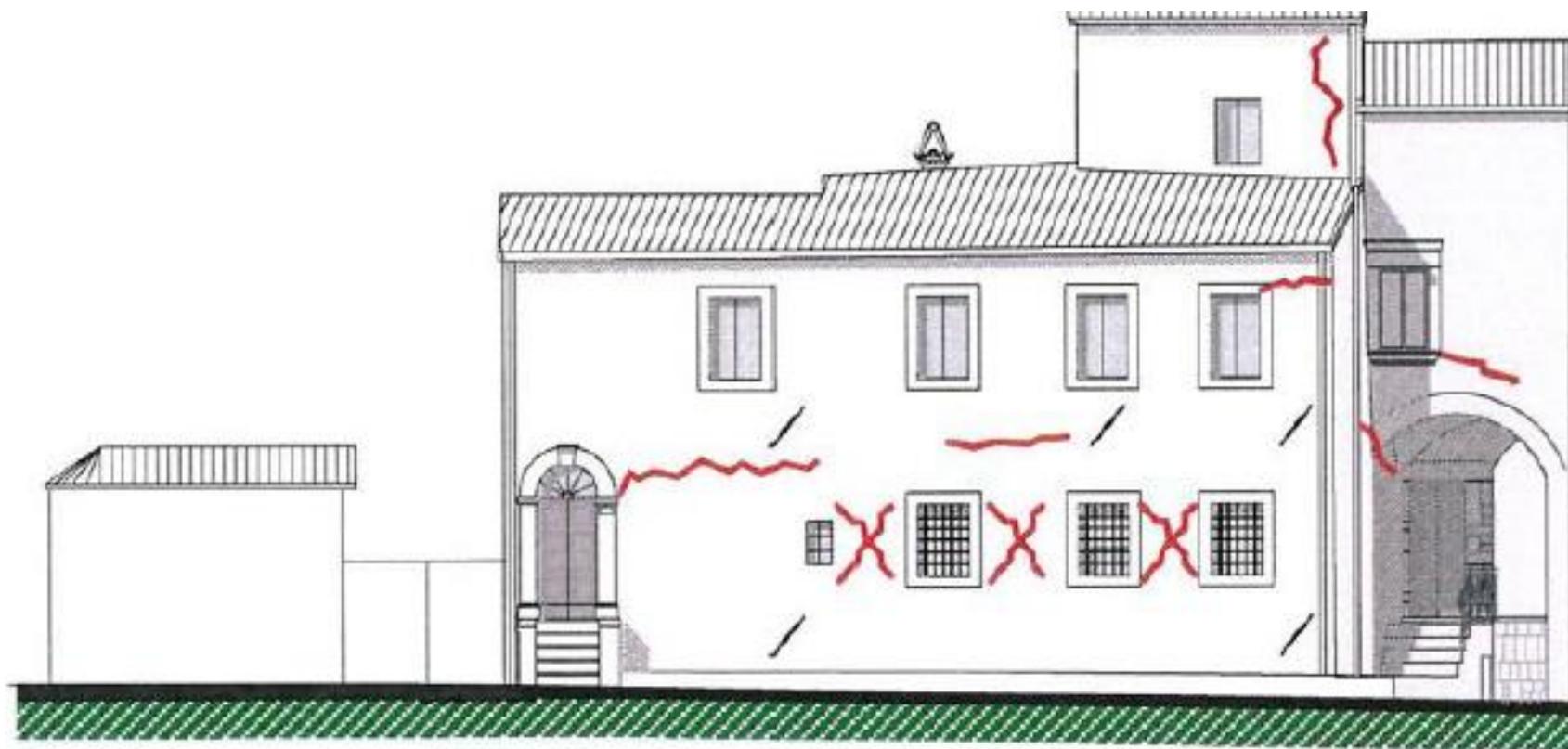


INTERVENTO POST SISMA '79



IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

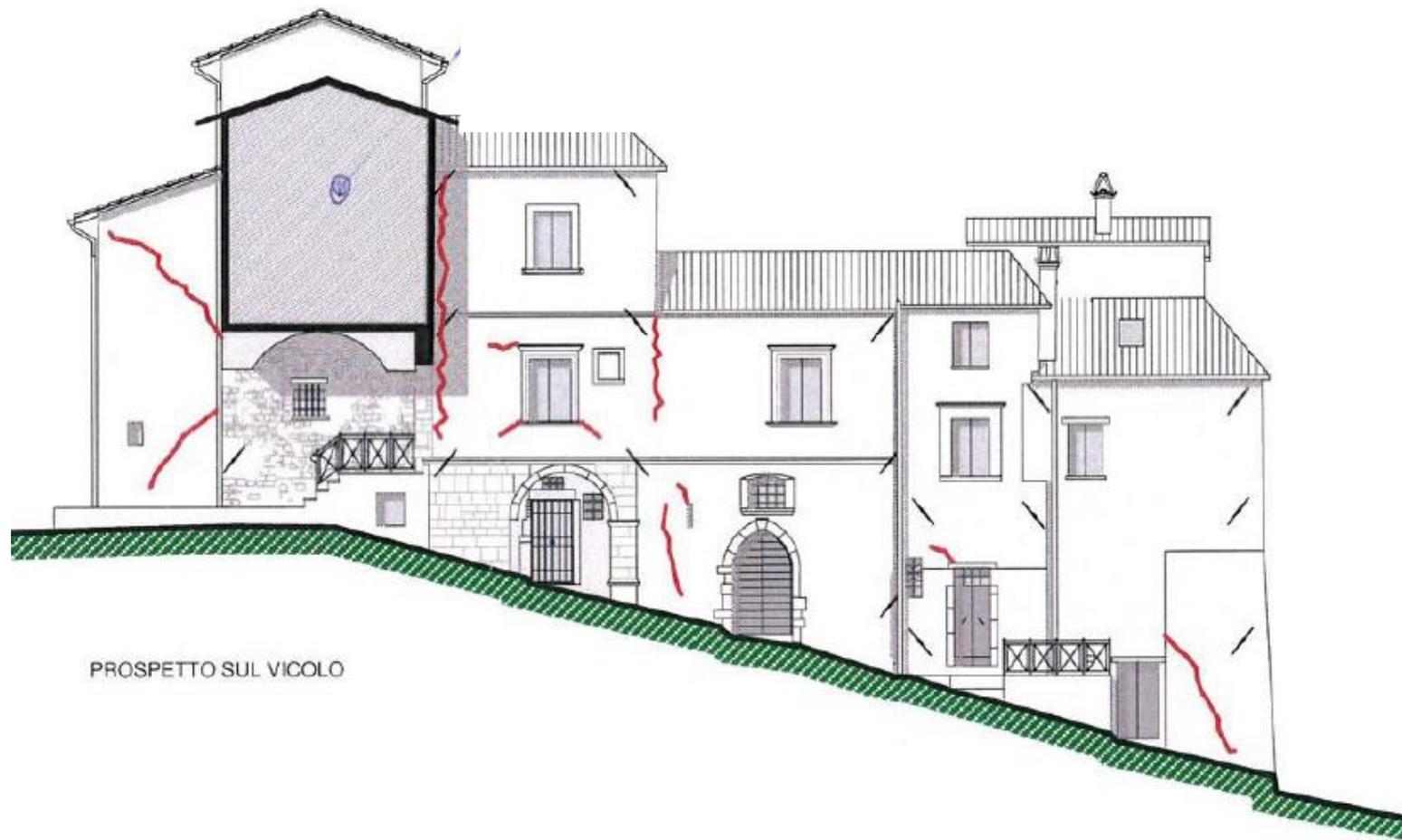


Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

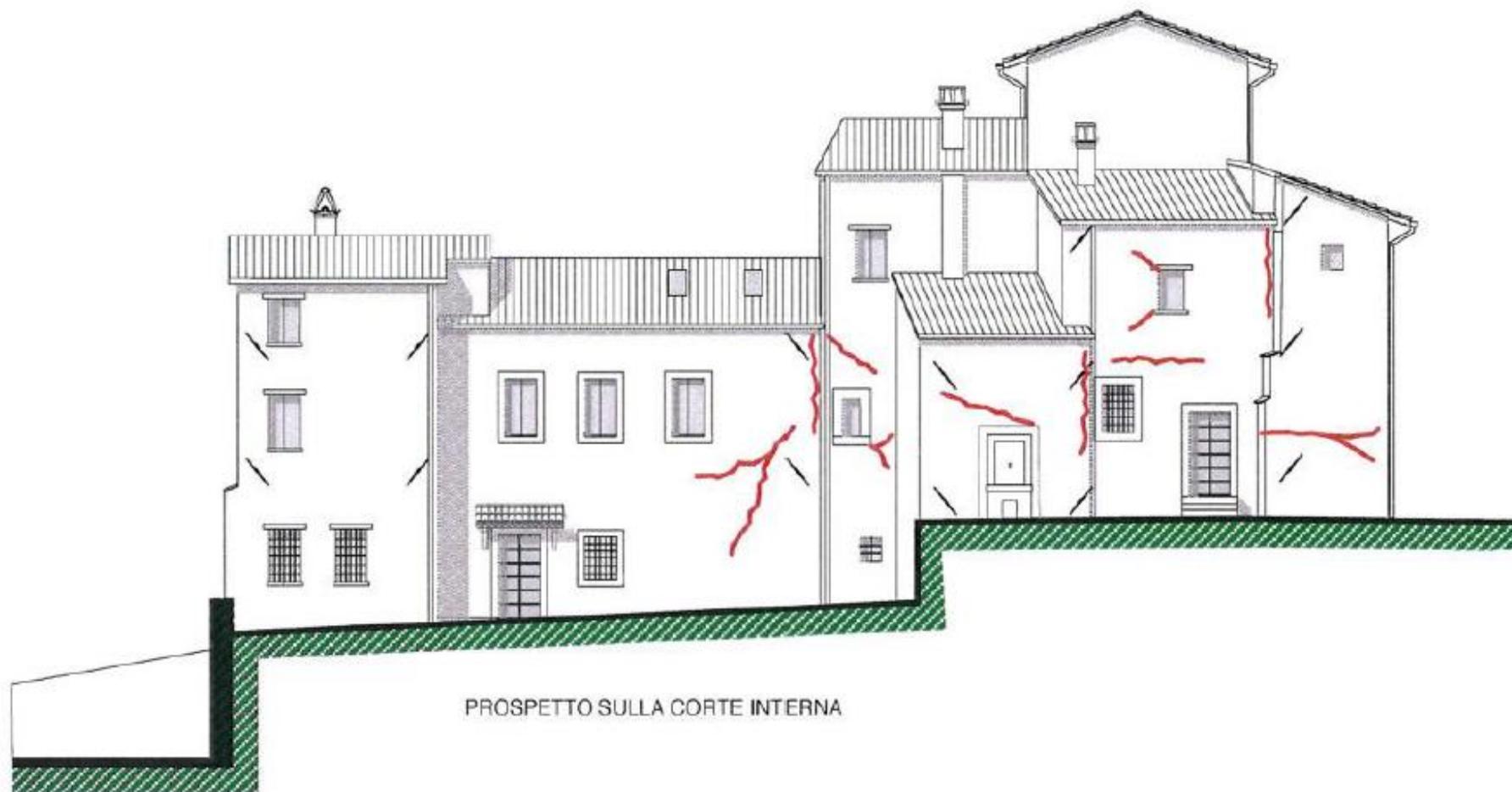
PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

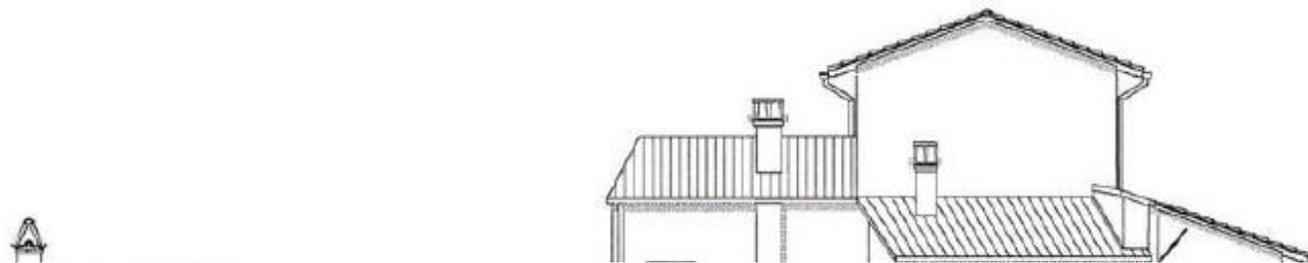
PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



DANNI SISMA 2016



IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO



Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

PER UNA RICOSTRUZIONE DI QUALITÀ...MA SOLO SE A MONTE C'È IL PROGETTO

N.B. Prima di valutare modelli “numerici” complessi, che potrebbero portare a risultati inutili e fuorvianti, si deve analizzare l'intero aggregato, partendo dal quadro fessurativo delle singole U.S. che lo compongono, al fine di risalire a MODELLI “LOCALI” certamente più rispondenti ai **cinematismi evidenziatisi** e, conseguentemente, progettare gli interventi più efficaci per la risoluzione di questi ultimi → il MODELLO “GLOBALE” non può che essere una conferma dei risultati “ATTESI” → **SOLO COSÌ SI PUÒ PENSARE DI APPROCCIARE QUESTO COMPLESSO**

PROBLEMA

IL TEMA DEGLI “AGGREGATI EDILIZI”

per una ricostruzione di qualità...ma solo se a monte c'è IL PROGETTO

Proliferazione delle normative e tecnicismo

**Ultima lezione ufficiale del corso di Tecnica delle costruzioni tenuta dal prof. Piero Pozzati nell'a.a. 1991-'92, presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (3 giugno 1992).*

apprendere se non col pensiero e con la meditazione...". E relativamente alle nostre progettazioni, il senso del bello, la scelta della soluzione strutturale, l'armonia nella distribuzione delle masse, la capacità di intuire il quadro essenziale delle sollecitazioni e dei comportamenti non sono forse cose acquisibili soltanto col pensiero?

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

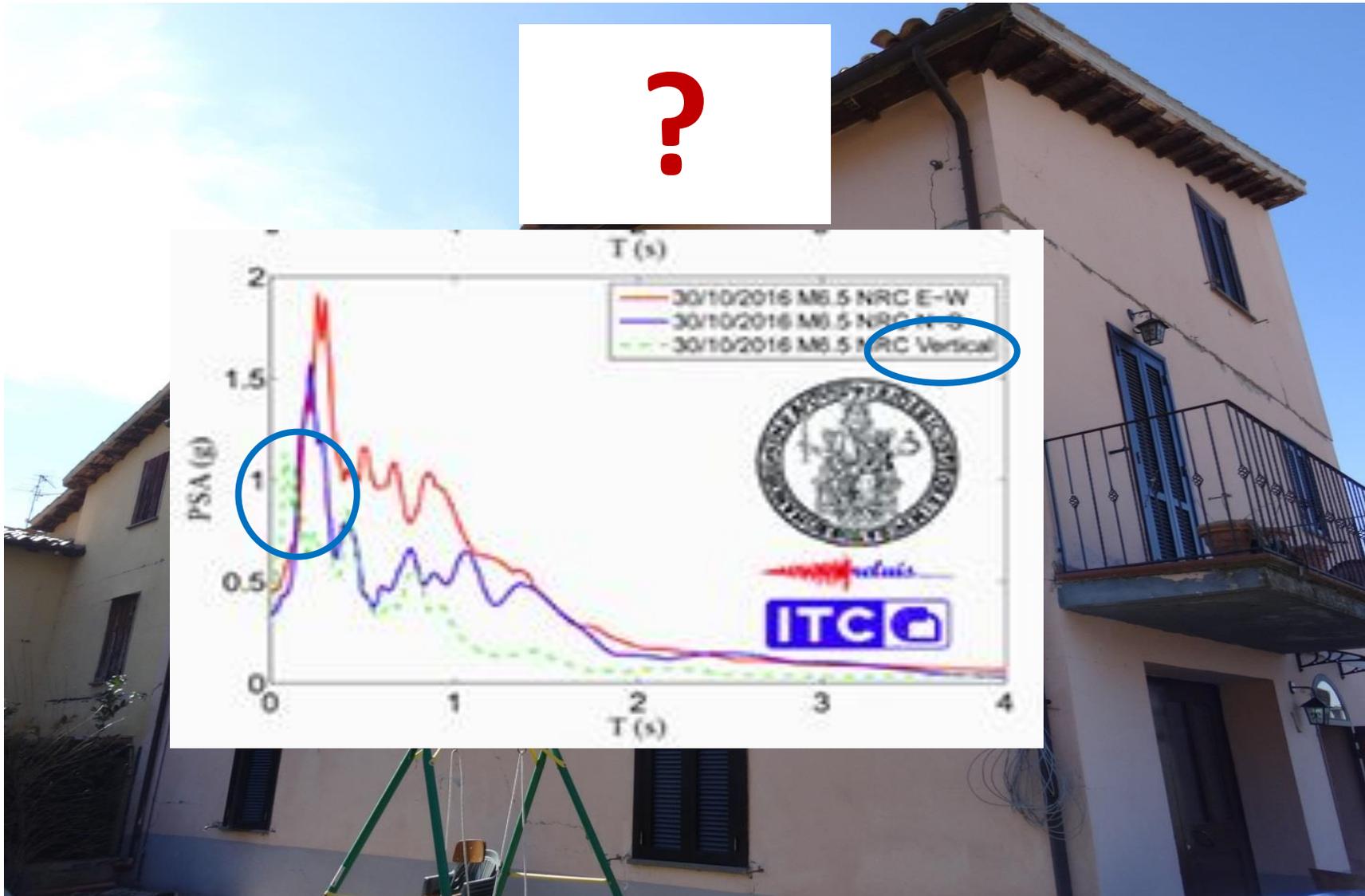
Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



EFFETTI **AZIONI VERTICALI** NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI AZIONI VERTICALI NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



EFFETTI **AZIONI VERTICALI** nel Sisma del Centro Italia del 2016

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** nel Sisma del Centro Italia del 2016

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** nel Sisma del Centro Italia del 2016

3.2.3. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

3.2.3.1 DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (Capitolo 7) e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo, così come definita nel seguente §3.2.3.2, pari ad $a_g \geq 0,15g$.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** nel Sisma del Centro Italia del 2016

7.2.2. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI STRUTTURALI

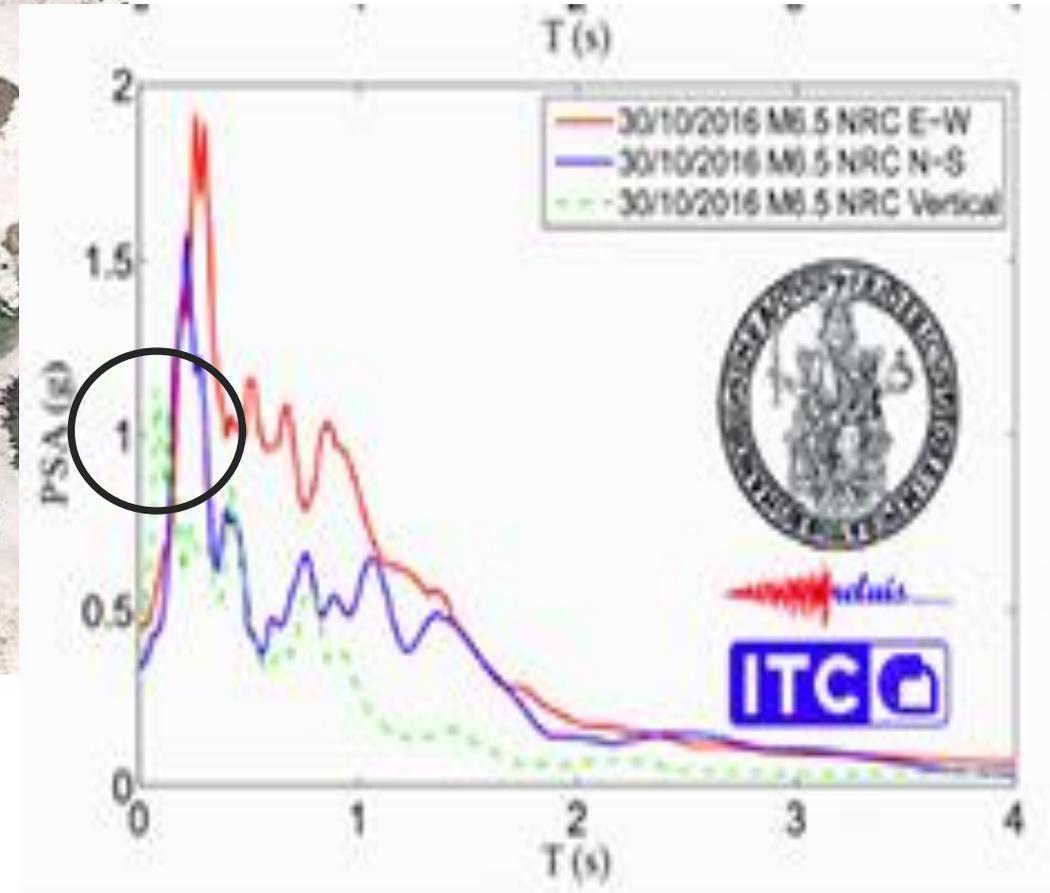
Le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidezza, resistenza e duttilità nei confronti delle due componenti orizzontali delle azioni sismiche, tra loro ortogonali.

I sistemi strutturali sono composti di elementi strutturali primari ed eventuali elementi strutturali secondari. Agli elementi strutturali primari è affidata l'intera capacità antisismica del sistema; gli elementi strutturali secondari sono progettati per resistere ai soli carichi verticali (v. § 7.2.3).

La componente verticale deve essere considerata, in aggiunta a quanto indicato al § 3.2.3.1, anche in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti e costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2.

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** nel Sisma del Centro Italia del 2016

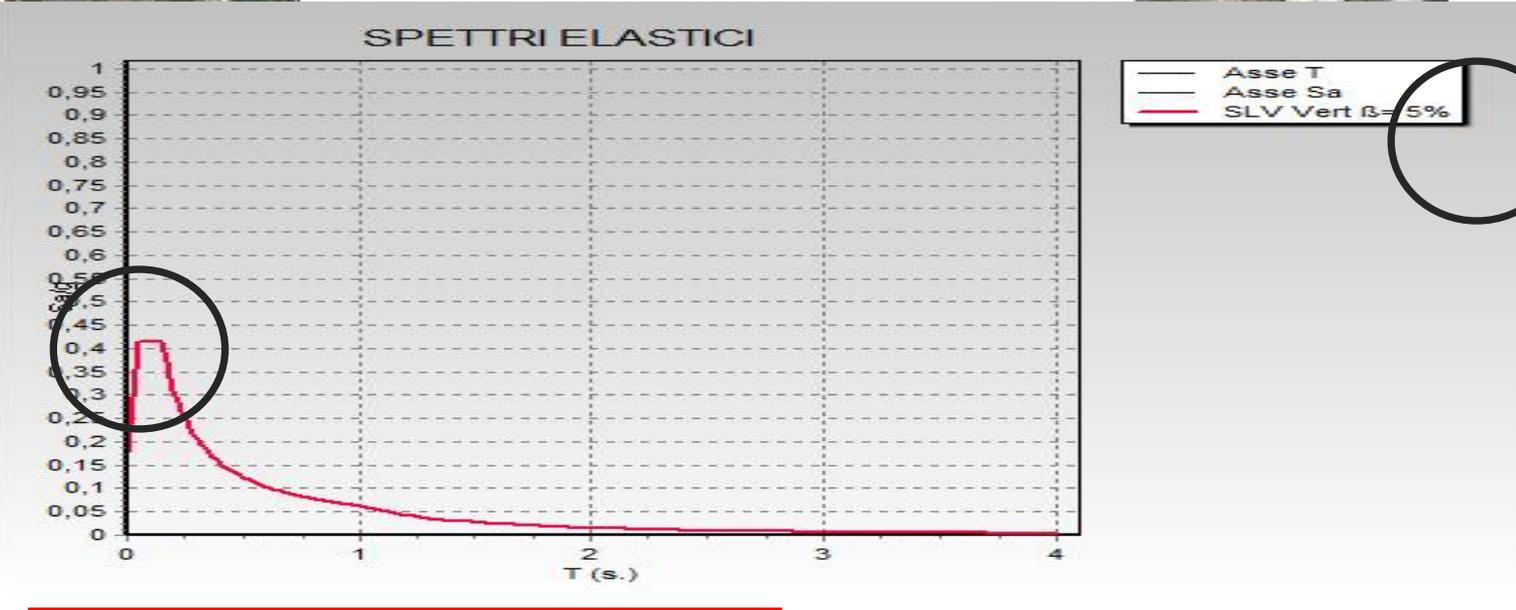
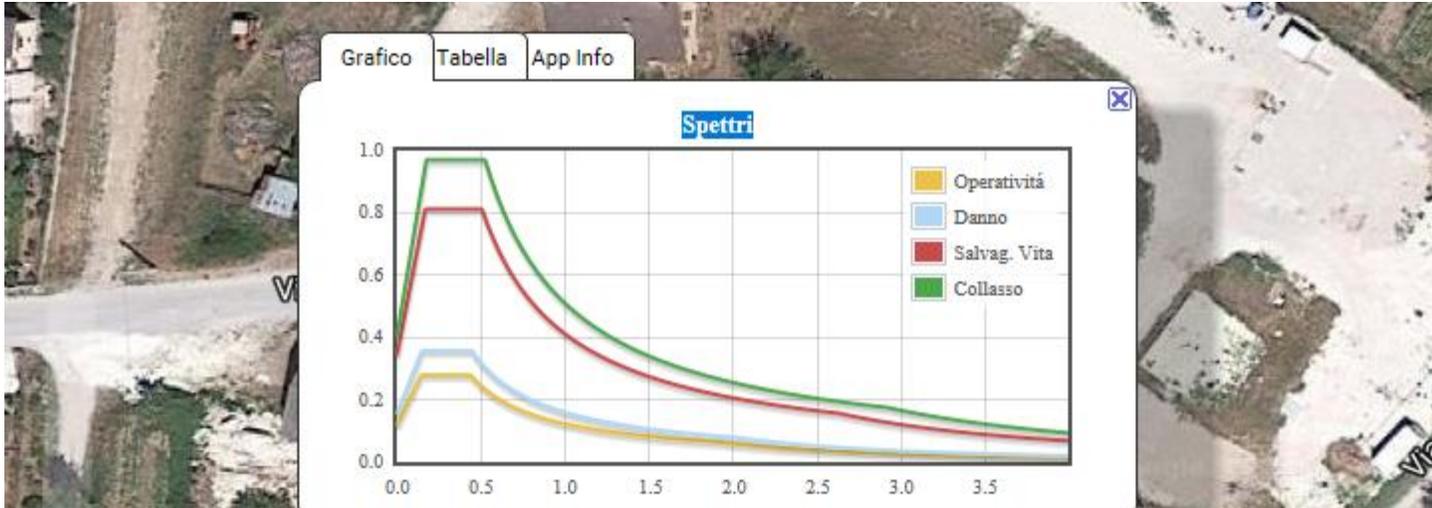
Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI AZIONI VERTICALI nel Sisma del Centro Italia del 2016

Evolution storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

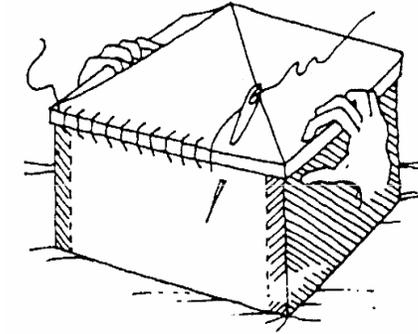
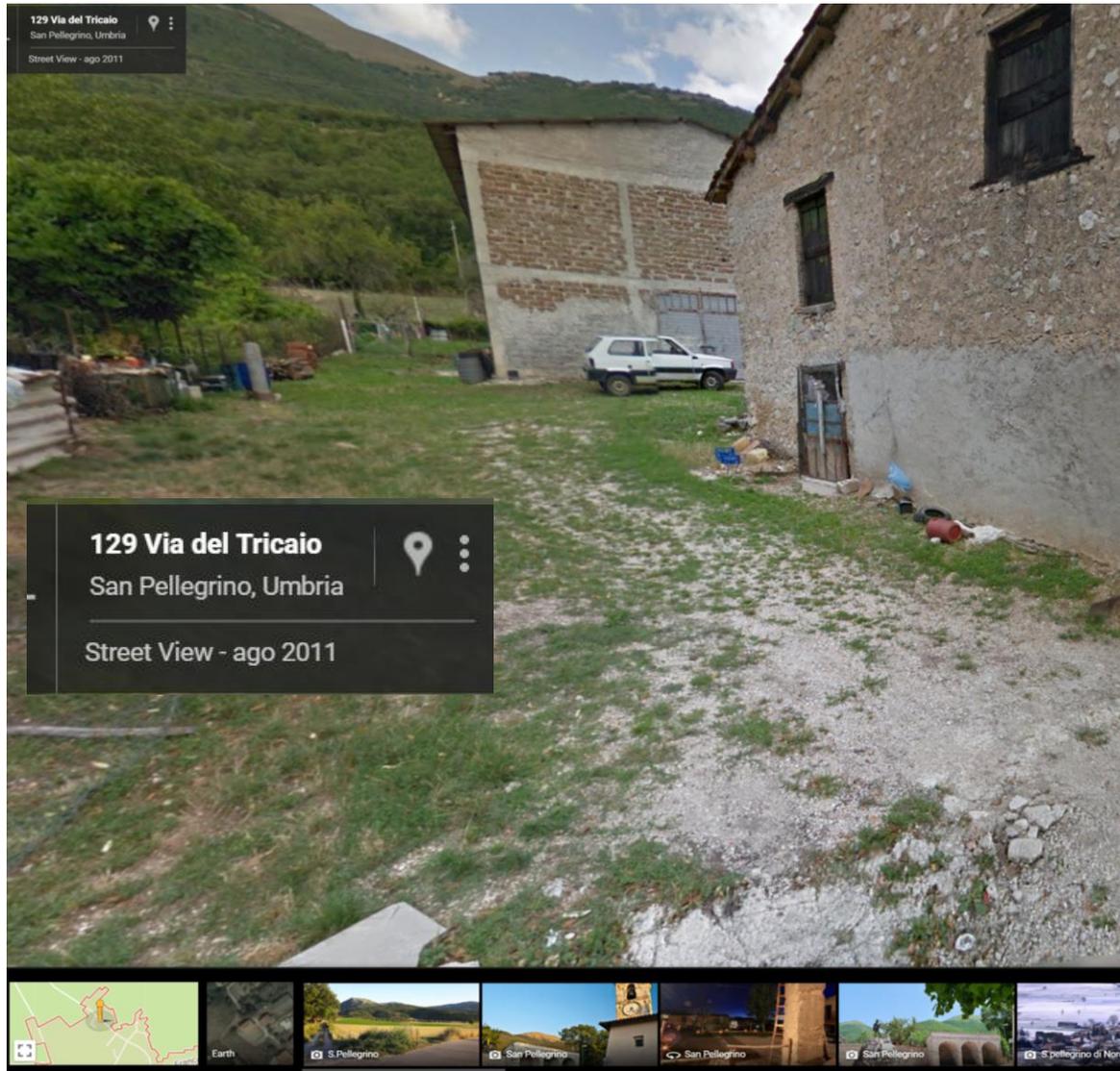


- Asse T
- Asse Sa
- SLD $\beta=5\%$
- SLD $\beta=5\%$
- SLV $\beta=5\%$
- SLC $\beta=5\%$
- SLO Vert $\beta=5\%$
- SLD Vert $\beta=5\%$
- SLV Vert $\beta=5\%$
- SLC Vert $\beta=5\%$

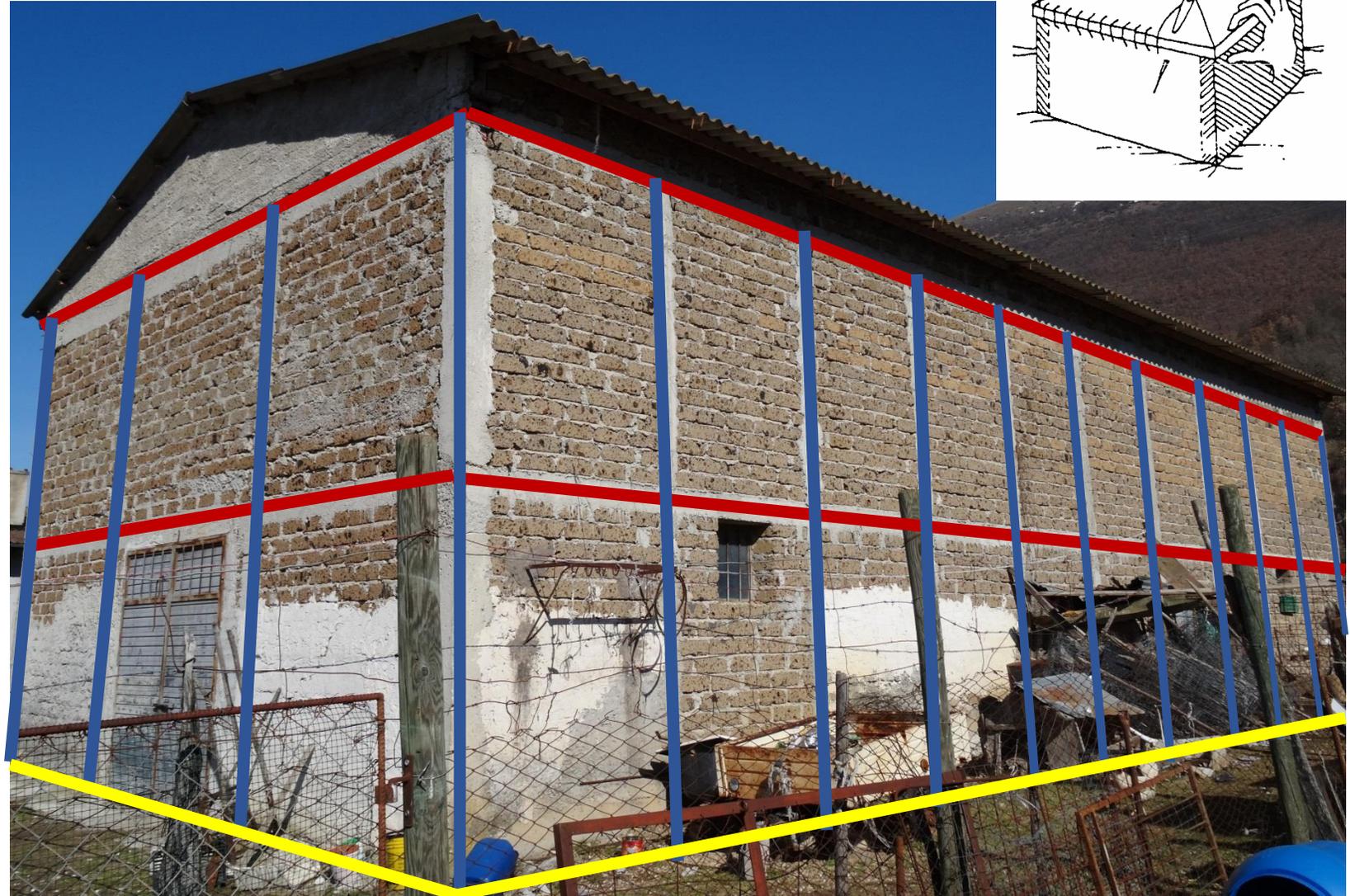
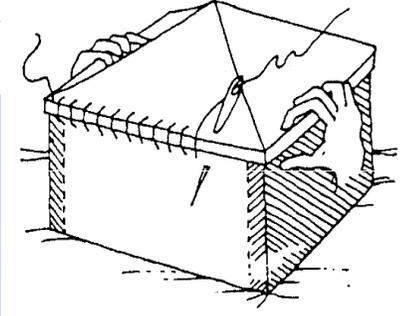
Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI **AZIONI VERTICALI** NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

Evoluzione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità



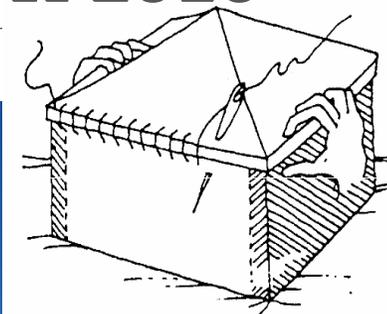
EFFETTI **AZIONI VERTICALI** NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016



Evolutione storica della sicurezza sismica degli edifici:
dall'analisi del danneggiamento alla riduzione della vulnerabilità

Ing. GIANLUCA FAGOTTI – DIRIGENTE RICOSTRUZIONE PRIVATA U.S.R. UMBRIA

EFFETTI AZIONI VERTICALI NEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016



In alternativa, il funzionamento scatolare dell'edificio è favorito dalle *cerchiature esterne*, che in alcuni casi si possono realizzare con elementi metallici o materiali compositi, particolarmente efficaci nel caso di edifici di dimensioni in pianta ridotte, come i campanili, o quando vengono realizzati ancoraggi in corrispondenza dei martelli murari. È in ogni caso necessario evitare l'insorgere di concentrazioni di tensioni in corrispondenza degli spigoli delle murature

L'applicazione di *fasciature resistenti a trazione* può essere realizzata sia con fasce di materiali compositi (sopra citati) sia con tessuti in trefoli di acciaio inossidabile, fissate al supporto murario con prodotti a base cementizia o polimerica.



Terremoti: obblighi e responsabilità

Gli insegnamenti
della Cassazione

Raffaele Guariniello

Cass. 1° Luglio 2010 n°24732 – Il “caso” di SAN GIULIANO DI PUGLIA

SICUREZZA SISMICA

in risalto che “i terremoti di massima intensità sono eventi che, anche ove si propongano con scadenze che eccedono una memoria rapportata alla durata di molte generazioni umane, rientrano nelle normali vicende del suolo, e, certamente, non possono essere qualificati eccezionali o imprevedibili quando si verificano in zone già qualificate ad elevato rischio sismico o in zone formalmente qualificate come sismiche”. Inoltre, chiarisce

Gli insegnamenti

della previsione di una possibilità irrecusabile sul piano logico”. “Quanto al versante soggettivo della prevedibilità che riguarda il processo cognitivo del soggetto chiamato a rispondere della sua omissione”, nota che, nel caso di specie, “doveva essere accertato se gli imputati, secondo una valutazione ex ante, fossero in grado di conoscere le conseguenze delle loro omissioni (o, in caso di condotte commissive, delle loro azioni)”. E pren-

Cass. 1° Luglio 2010 n°24732 – Il “caso” di SAN GIULIANO DI PUGLIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE