



CONVEGNO

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni NTC 2018 : cosa è cambiato

22 maggio 2018

Foresteria del Borgo di Fossanova - Priverno (LT)

Analisi di edifici esistenti: principi e metodi con riferimento alle NTC 2018

Prof. Maura Imbimbo



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE
Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica



COSTRUZIONI ESISTENTI

GRAFICO 4.2. - L'EPOCA DI COSTRUZIONE DEGLI EDIFICI AD USO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE IN ITALIA



TABELLA 4.1.- L'ELEVATO RISCHIO SISMICO NELLE REGIONI ITALIANE - 2012

	Superficie territoriale (kmq)		Numero di comuni		Popolazione residente 2010*		Famiglie residenti 2010*	
	Numero	% su totale	Numero	% su totale	Numero	% su totale	Numero	% su totale
Piemonte	-	-	-	-	-	-	-	-
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-	-	-	-
Lombardia	829	3,5	41	2,7	172.618	1,7	70.473	1,6
Trentino-Alto Adige	-	-	-	-	-	-	-	-
Veneto	2.938	16,0	89	15,3	552.757	11,2	225.336	11,1
Friuli-Venezia Giulia	5.409	68,8	140	64,2	653.263	52,9	289.465	51,8
Liguria	-	-	-	-	-	-	-	-
Emilia-Romagna	7.531	33,6	112	32,2	1.337.508	30,2	570.483	28,9
Toscana	6.935	30,2	90	31,4	598.947	16,0	256.984	15,9
Umbria	6.814	80,6	69	75,0	791.154	87,3	330.199	87,2
Marche	9.116	97,3	227	95,0	1.474.169	94,2	600.257	94,2
Lazio	11.239	65,2	301	79,6	1.914.989	33,4	786.646	33,4
Abruzzo	9.032	83,9	249	81,6	703.602	52,4	287.163	52,8
Molise	4.048	91,2	127	93,4	266.328	83,3	107.921	83,4
Campania	12.319	90,6	489	88,7	5.326.593	91,3	1.917.801	91,0
Puglia	7.926	40,9	68	26,4	824.826	20,2	300.689	19,6
Basilicata	9.100	91,0	126	96,2	507.331	86,4	203.210	88,1
Calabria	15.081	100,0	409	100,0	2.011.395	100,0	782.183	100,0
Sicilia	22.874	89,0	356	91,3	4.672.253	92,5	1.863.083	92,5
Sardegna	-	-	-	-	-	-	-	-
ITALIA	131.191	43,5	2.893	35,8	21.807.733	36,0	8.591.893	34,1

Fonte: elaborazione CRESME su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012

*I dati ISTAT relativi al 31 dicembre 2010 sono gli ultimi disponibili

CARTOGRAMMA 4.4. - LA MAPPA DELLE PROVINCE AD ELEVATO RISCHIO SISMICO - EDILIZIA RESIDENZIALE

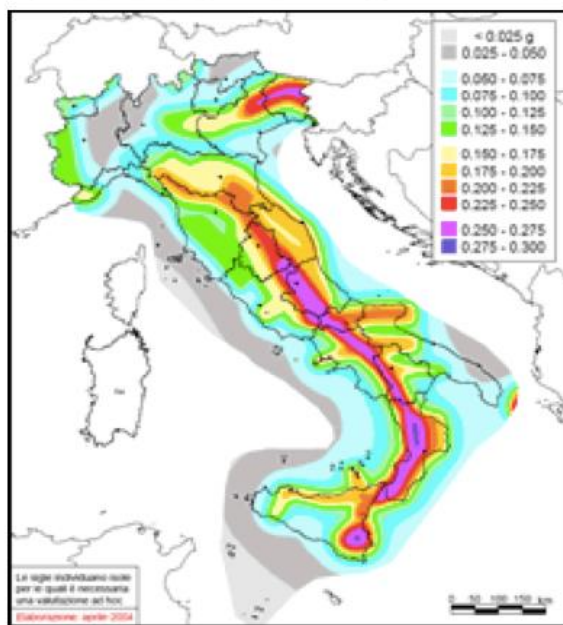


TABELLA 4.2. - IL PATRIMONIO EDILIZIO AD ELEVATO RISCHIO SISMICO NELLE REGIONI ITALIANE - 2011

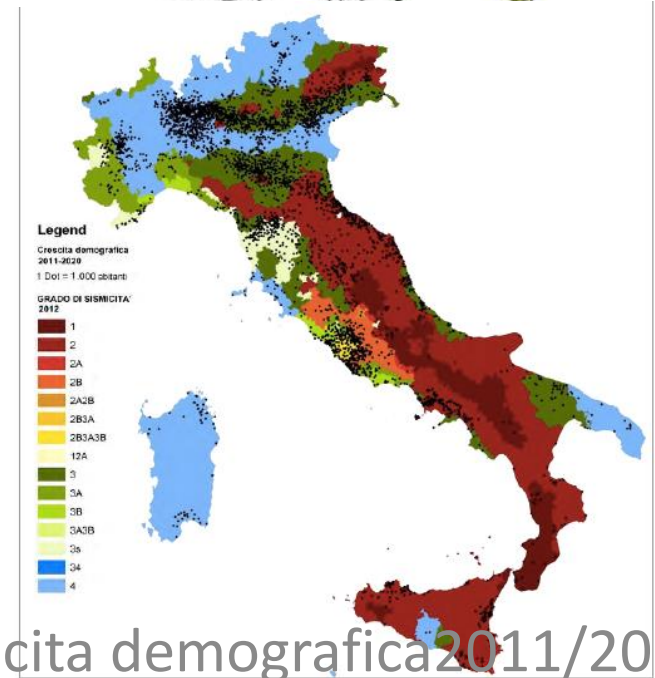
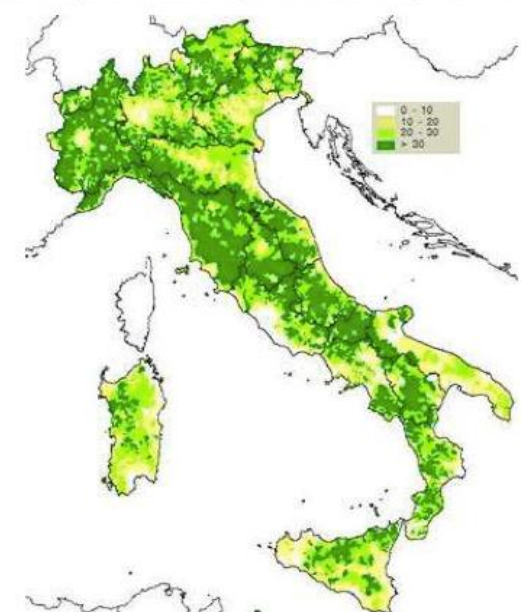
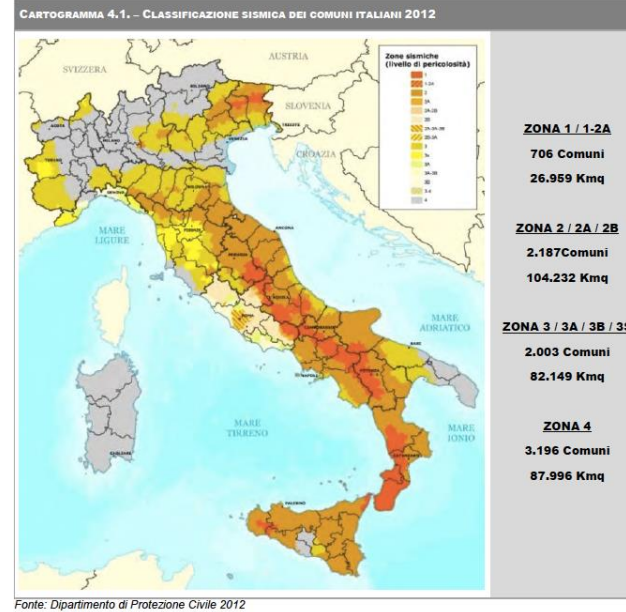
	Abitazioni	Edifici residenziali	Edifici non residenziali e inutilizzati	di cui	
				capannoni ad uso produttivo	commerciale ad uso esclusivo
Piemonte	-	-	-	-	-
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-
Lombardia	82.276	31.271	4.525	1.527	562
Trentino-Alto Adige	-	-	-	-	-
Veneto	280.295	134.435	18.925	3.477	2.227
Friuli-Venezia Giulia	370.384	174.861	25.029	6.175	2.851
Liguria	-	-	-	-	-
Emilia-Romagna	659.043	236.732	32.762	12.302	6.716
Toscana	279.371	124.884	16.843	4.693	2.394
Umbria	352.930	157.111	23.881	4.244	2.945
Marche	707.957	286.236	40.471	10.519	6.545
Lazio	923.272	351.964	51.050	4.894	6.127
Abruzzo	421.953	202.598	43.793	4.633	3.806
Molise	158.812	88.928	17.056	1.270	1.334
Campania	2.148.364	784.478	118.286	15.913	18.083
Puglia	405.022	150.794	20.467	2.152	2.570
Basilicata	264.108	136.109	22.925	1.570	1.443
Calabria	1.206.600	610.087	116.465	9.059	6.591
Sicilia	2.479.957	1.262.139	205.673	12.616	14.987
Sardegna	-	-	-	-	-
ITALIA	10.740.344	4.732.629	758.150	95.044	79.182

Fonte: elaborazione e stima Cresme su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012

- ✓ Circa il 30% degli edifici (circa 7 milioni) è stato costruito prima del 1971;
- ✓ '74 prima norma sismica - > DM '96 - > NTC 2008 (dal '94 Eurocodici) -> **NTC 2018;**
- ✓ Circa 2 milioni è in condizioni mediocri o pessime.



Pericolosità sismica



Patrimoni Umanità

Siti Unesco

Crescita demografica 2011/2020

ITALIA – Terremoti avvenuti



Necessità di conoscere la vulnerabilità delle costruzioni esistenti e di scegliere un grado di sicurezza idoneo

Strumenti post terremoto ->
OPCM 3779, OPCM 3790



STRUMENTI
OPERATIVI (prevenzione)

CASA ITALIA
+
SISMA BONUS
+
LEGGI REGIONALI RIGENERAZIONE URBANA, etc.

VULNERABILITA'

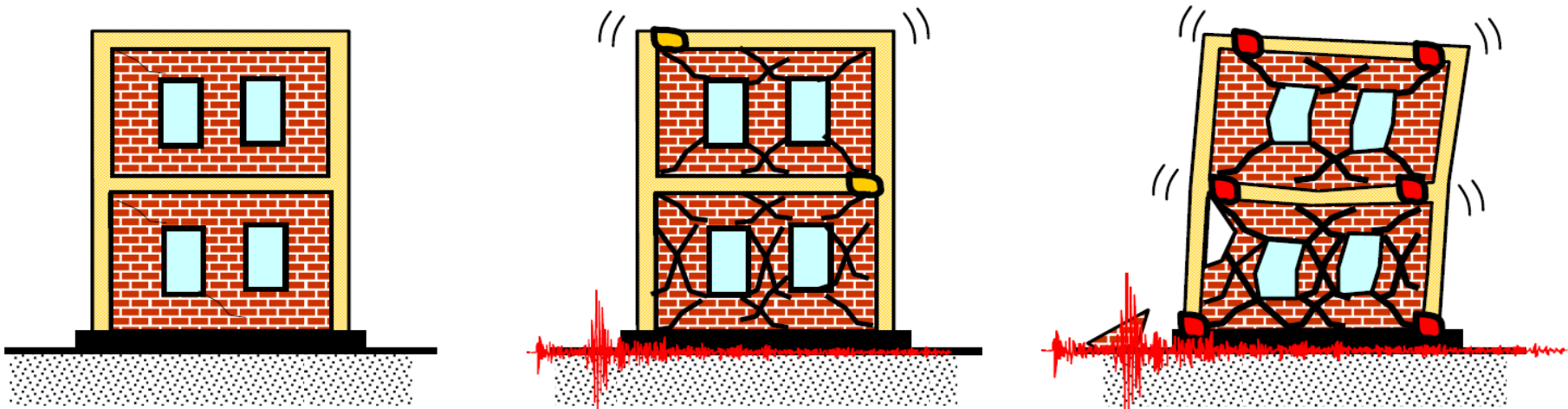
VS

INTERVENTO

Vulnerabilità -> CONOSCENZA E ANALISI

domanda $\leq$ capacità

?



 **domanda** $\nless$ **capacità** 

INTERVENTI

poco, molto, affatto, demolizione, etc. ?
quale è il livello di sicurezza accettabile?
è possibile adeguare tutto l'esistente?

Risorse economiche
limitate

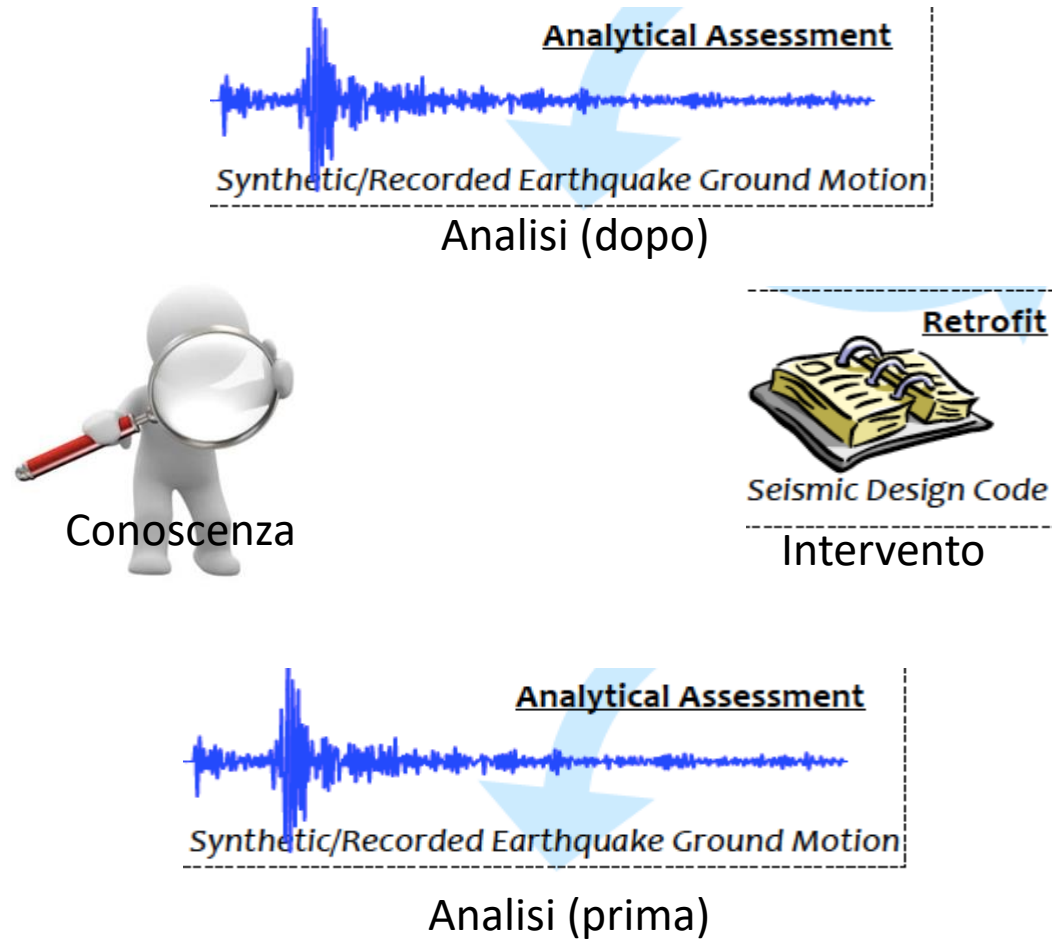


Esperienza ricostruzione
post terremoti più
recenti

GARANTIRE UNA RIDUZIONE DIFFUSA DEL RISCHIO
("MENO RISCHI PER TUTTI ANZICHE' PIU' SICUREZZA PER POCHI", F. BRAGA)

NTC 2018

Impianto delle nuove NTC 2018 è uguale a quello delle NTC 2008 e della Circolare 2009 -> approccio prestazionale



CRITERI GENERALI

8.2. CRITERI GENERALI

Le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli della presente norma costituiscono, ove applicabili, riferimento anche per le costruzioni esistenti, ad esclusione di quanto indicato nella presente norma in merito a limitazioni di altezza, regole generali, prescrizioni sulla geometria e sui particolari costruttivi e fatto salvo quanto specificato nel seguito.

Nel caso di interventi che non prevedano modifiche strutturali (impiantistici, di distribuzione degli spazi, etc.) il progettista deve valutare la loro possibile interazione con gli SLU ed SLE della struttura o di parte di essa.

NTC 2008

Nel caso di interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di ridistribuzione degli spazi, ecc.) dovrà essere valutata la loro possibile interazione con gli SLU e gli SLE della struttura o parti di essa.

Circolare 2009, a tale riguardo, recita:

“..... Laddove si possano prevedere situazioni di potenziale pericolosità per il comportamento strutturale per carichi verticali e sismici, si renderà necessaria l’effettuazione delle relative verifiche”.

In modo esplicito si richiede di analizzare l’eventuale influenza di modifiche non strutturali sugli SL della struttura.

VALUTAZIONE SICUREZZA

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA 1/6

Sicurezza: definizione 1

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

CIRCOLARE 2009

La scelta di interventi locali può e deve comunque essere inserita in uno scenario più ampio della risposta globale della struttura

ni di

progetto contenute nelle NTC, oppure

- a ~~determinare l'entità massima delle~~ azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

NTC 2008

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA 2/6

.....

La valutazione della sicurezza deve essere effettuata nelle seguenti situazioni:

Cause non dovute all'uomo

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento;

Cause dovute all'uomo

- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;

NTC 2008

....

- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

NTC 2008

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi

s. Assenza di questo punto nelle NTC 2008 e Circolare 2009 **sicurezza prima e dopo l'intervento.**

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA 3/6

.....

.....

Sicurezza: definizione 2

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e su quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.

Nella valutazione della sicurezza, da effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali di miglioramento o adeguamento di cui al § 8.4, il progettista dovrà esplicitare in un'apposita relazione, esprimendoli in termini di rapporto fra capacità e domanda, i livelli di sicurezza precedenti all'intervento e quelli raggiunti con esso.

NTC 2008

NTC 2008

....

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA 4/6

.....

.....

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.

..... dalla Circolare 2009

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA 5/6

.....

.....

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6

NTC 2008

....

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

.....

.....

Sicurezza: definizione 3

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione dell'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{v,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

È necessario adottare provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.

NTC 2008

....

Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

INTERVENTI

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- 
- interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
 - interventi di miglioramento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;
 - interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel §8.3.

Qualora l'intervento preveda l'inserimento di nuovi elementi che richiedano apposite fondazioni, queste ultime dovranno essere verificate con i criteri generali di cui ai precedenti Capitoli 6 e 7, così come richiesto per le nuove costruzioni.

Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.

NTC 2008

....

- riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

INTERVENTI LOCALI

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.

NTC 2008

....

In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione.

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 scelta di interventi locali può e deve comunque essere inserita in uno scenario più ampio della risposta globale della struttura

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La scelta di interventi locali può e deve comunque essere inserita in uno scenario più ampio della risposta globale della struttura

ANALISI (QUALITATIVA) GLOBALE

- INDIVIDUAZIONE DELLE PARTI (STRUTTURALI E NON) PERICOLOSE E/O DANNEGGIATE CHE POSSONO COMPROMETTERE IL COMPORTAMENTO GLOBALE DELLA STRUTTURA.
- DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI LOCALI FINALIZZATI A:
 - Ridurre rischio meccanismi fragili
 - Incrementare duttilità

COMPORTAMENTO
GLOBALE

ANALISI (QUANTITATIVA) LOCALE

VALUTAZIONE INCREMENTI RESISTENZA E DUTTILITA' LOCALE
A VALLE DELL'INTERVENTO

INTERVENTI LOCALI - (interventi)

ANALISI (QUALITATIVA)



CRITICITA' STRUTTURE IN C.A.

Rottura nodi trave-pilastro (esterni) -> rottura a taglio pannello nodo

Rottura nodo-pilastro (inferiore)

Rottura a taglio delle estremità travi

Scarsa duttilità delle estremità pilastri

Rottura a taglio di pilastri corti

Scarso collegamento/fragilità tamponature e partizioni con la struttura in c.a.



INTERVENTI LOCALI - (interventi leggeri)

ANALISI (QUANTITATIVA) LOCALE

VALUTAZIONE INCREMENTI RESISTENZA E DUTTILITA' LOCALE
A VALLE DELL'INTERVENTO

- RINFORZI NODI (non confinati)
- RIPARAZIONE ELEMENTI DANNEGGIATI
- SOSTITUZIONE SINGOLI ELEMENTI STRUTTURALI E NON
- RAFFORZAMENTO LOCALE
- COLLEGAMENTO TAMPONATURE/STRUTTURA

Sebbene locali, tali interventi andranno a migliorare il comportamento globale della struttura in termini di riduzione di meccanismi fragili e aumento duttilità.

INTERVENTI LOCALI – RINFORZO NODI

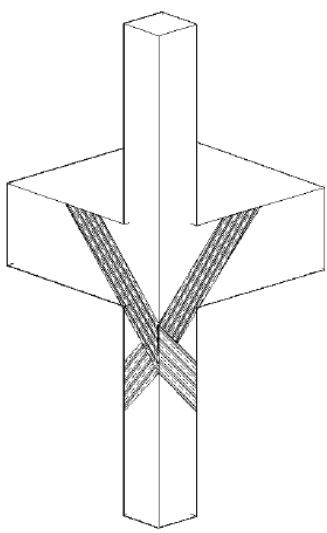
Rinforzo nodi soprattutto di quelli perimetrali (nodi d'angolo o nodo intermedio di facciata)

Incremento: duttilità nodo, resistenza a taglio estremità travi e pilastri, confinamento estremità pilastri -> duttilità struttura

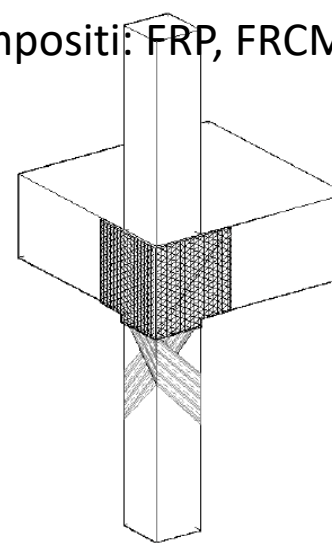
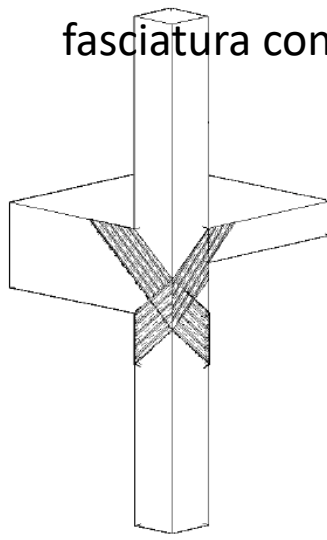
incamiciatura acciaio; fasciatura con materiali compositi: FRP, FRCM, SRC; sistema CAM (cerchiatura attiva manufatti, etc.); etc.

Istruzioni CNR – DT 200 / Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

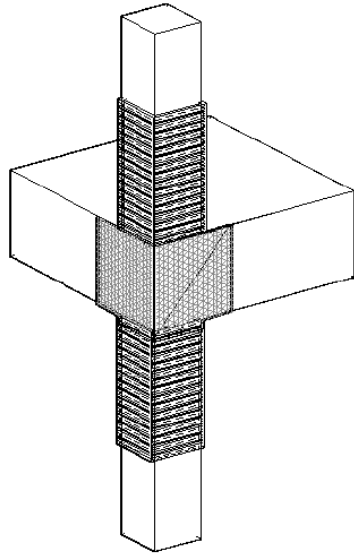
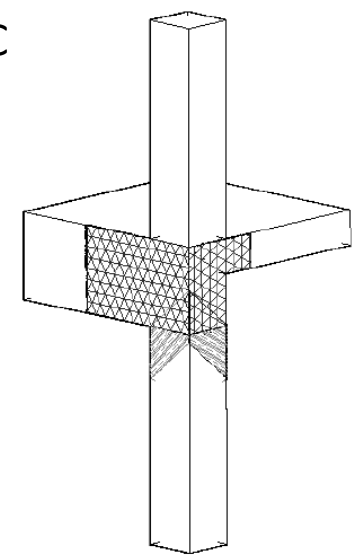
fasciatura con materiali compositi: FRP, FRCM, SRC



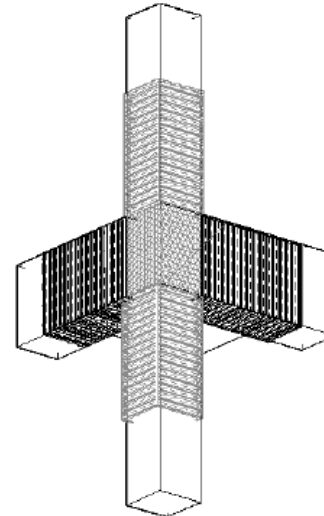
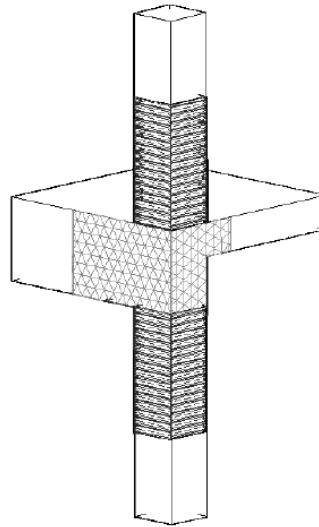
INCREMENTO CAPACITA' PANNELLO DI NODO +
CAPACITA' A TAGLIO NEL PILASTRO



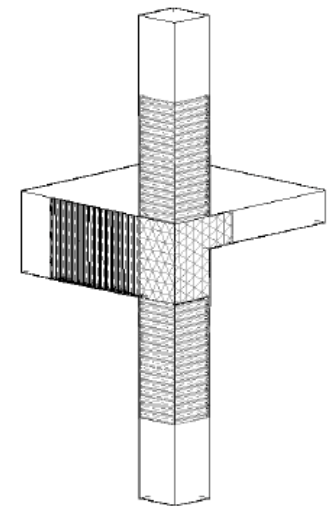
INCREMENTO CAPACITA' TAGLIO PANNELLO
DI NODO

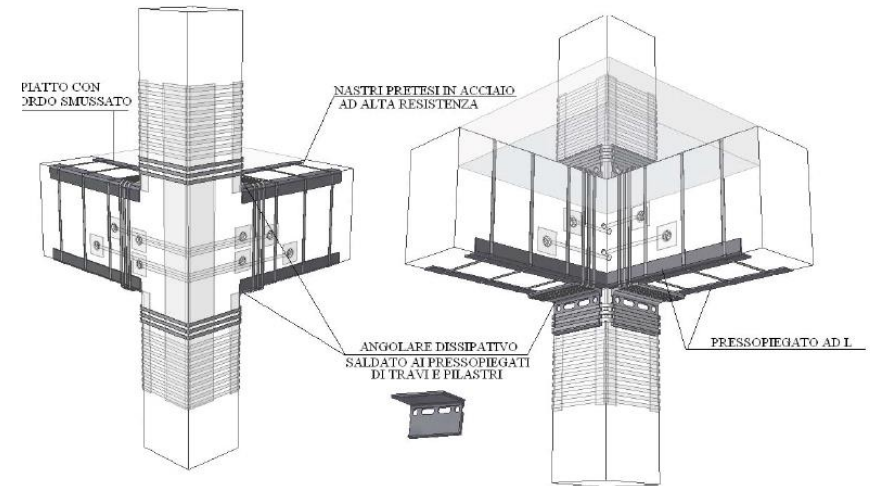
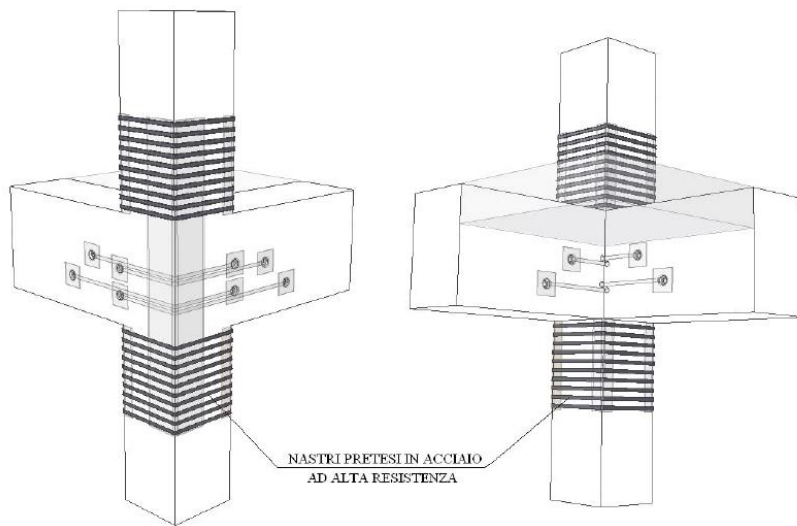


INCREMENTO DUTTILITA' PILASTRO



CAPACITA' TAGLIO TRAVI





da "ReLUI, LINEE GUIDA PER RIPARAZIONE ...E RAFFORZAMENTO DI ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI"

sistema CAM (cerchiatura attiva manufatti, etc.)



INTERVENTI LOCALI – RIPRISTINO/RINFORZO ELEMENTI

Rinforzo a taglio di elementi travi soprattutto nelle zone di estremità

Rinforzo a flessione di elementi travi soprattutto nelle zone centrali

-> senza variare il comportamento dell'intera struttura (per esempio EVITARE aumento capacità a flessione nei nodi!)

incamiciatura acciaio; fasciatura con materiali compositi: FRP, FRCM, SRC; sistema CAM; etc.

Istruzioni CNR – DT 200 / Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



da "ReLUIS, LINEE GUIDA PER RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO DI ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI"

INTERVENTI LOCALI – CONNESSIONI TAMPONATURE/STRUTTURA

Realizzazione di efficaci collegamenti della tamponatura alla struttura per :
migliorare il contributo resistente consentendo il trasferimento del suo contributo lungo la trave superiore; evitare il ribaltamento pannelli; ridurre gli effetti locali di concentrazione di sforzi (effetto puntone) sui nodi/pilastri



da "REPAIR LINEE GUIDA PER LA RIPARAZIONE E IL RINFORZAMENTO DI
ELEMENTI STRUTTURALI TAMPONATURE E PARTIZIONI"
da "REPAIR LINEE GUIDA PER LA RIPARAZIONE E IL RINFORZAMENTO DI
ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI"

Risultati più recenti – Esempi applicativi

Collaborazione UNICAS – COMUNE

Presidenza del Consiglio dei Ministri
8 per mille – interventi per edilizia scolastica

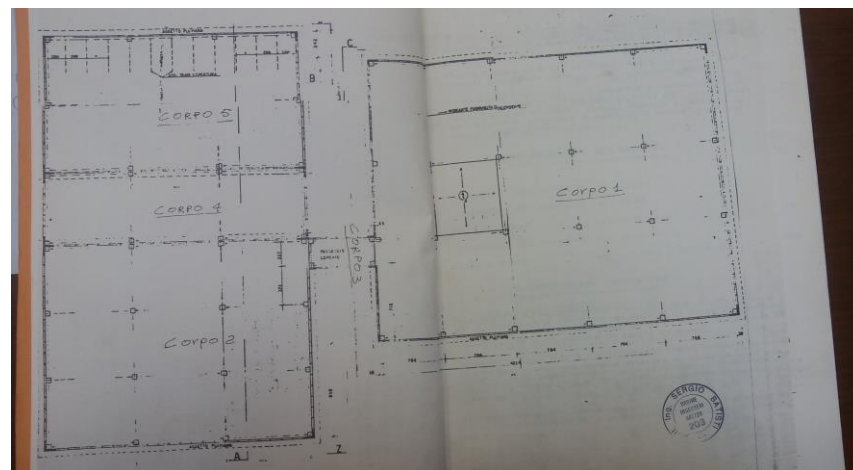
Difficoltà

- **Documentazione nulla** da parte dell'Ente Gestore!
- Recupero documentazione
- Nessuna risorsa economica iniziale

Struttura in prefabbricato

- Comportamento globale ok
- **Interventi solo LOCALI**

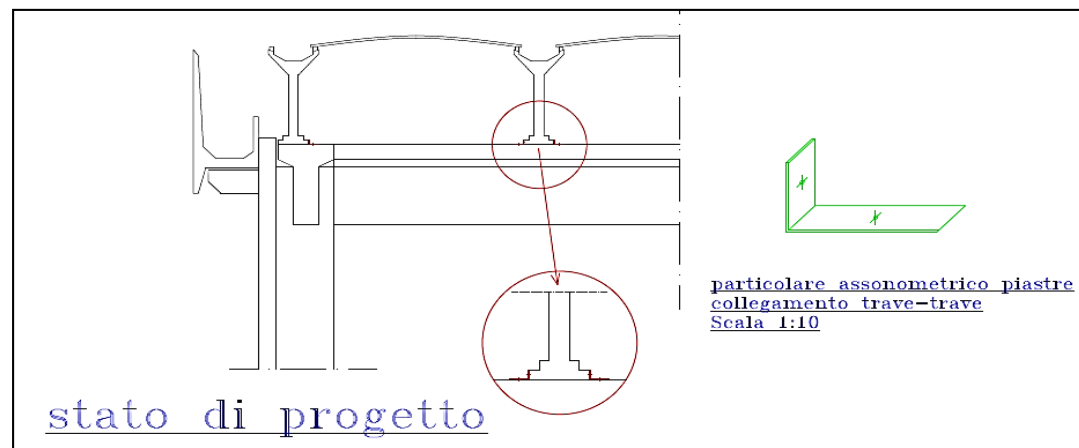
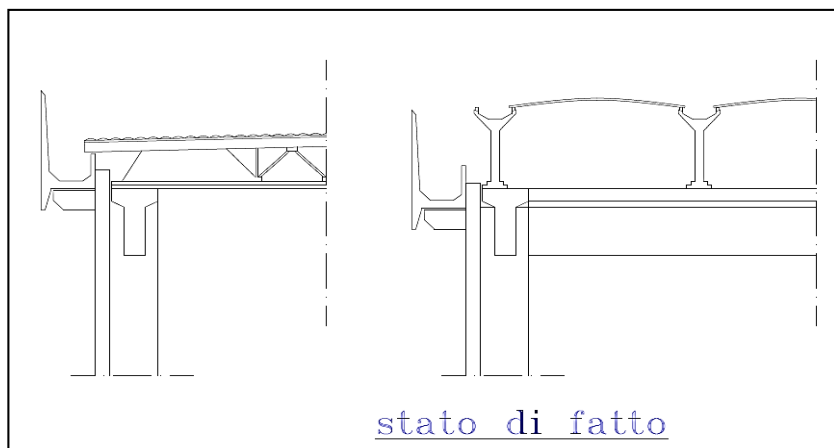
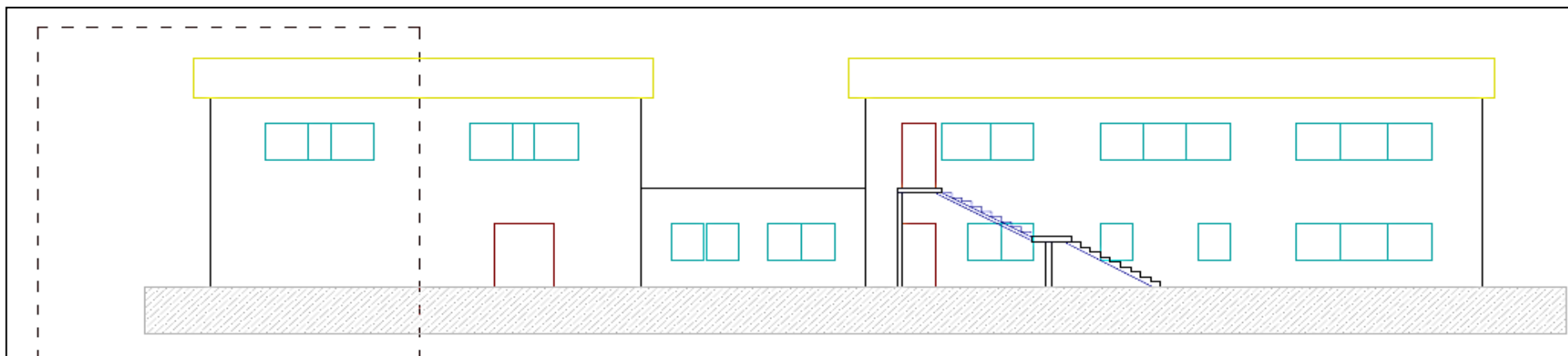
Edificio scolastico (Cassino)



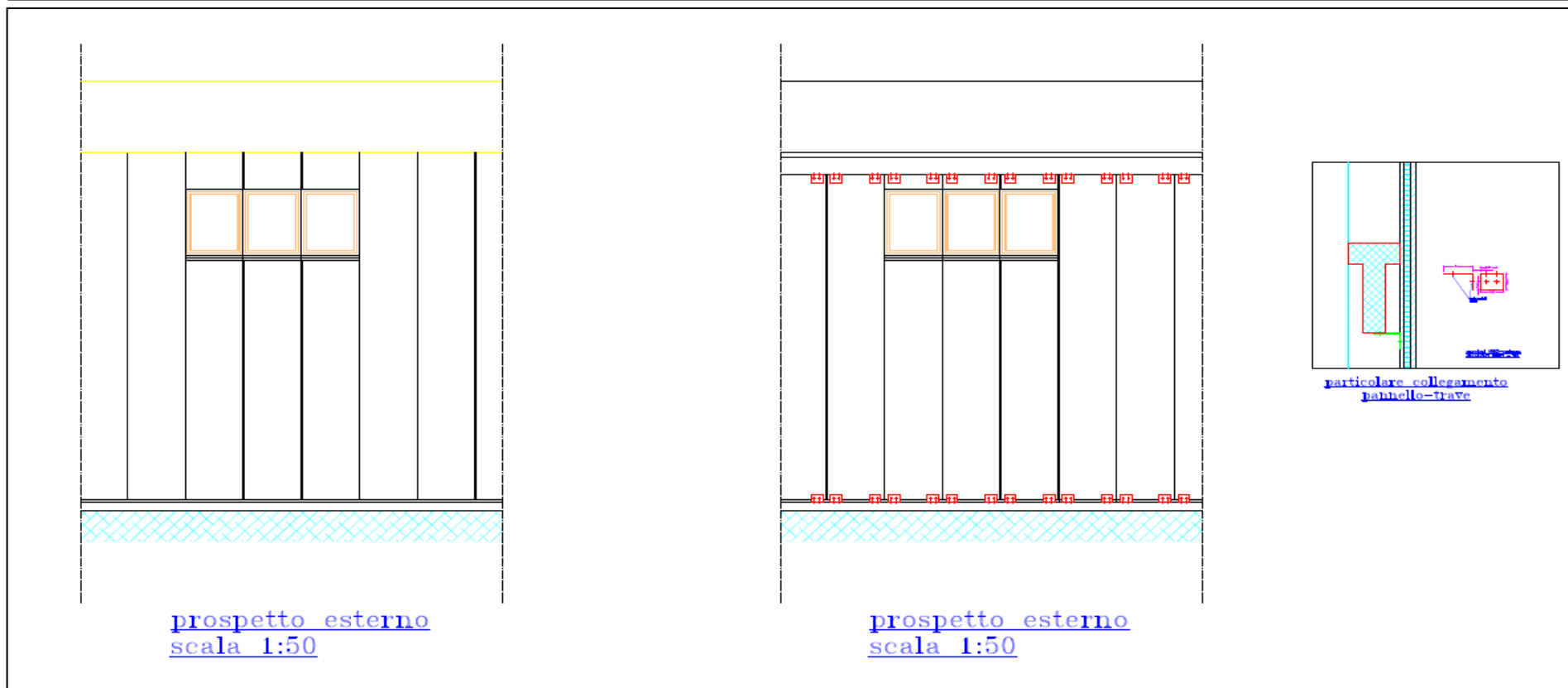
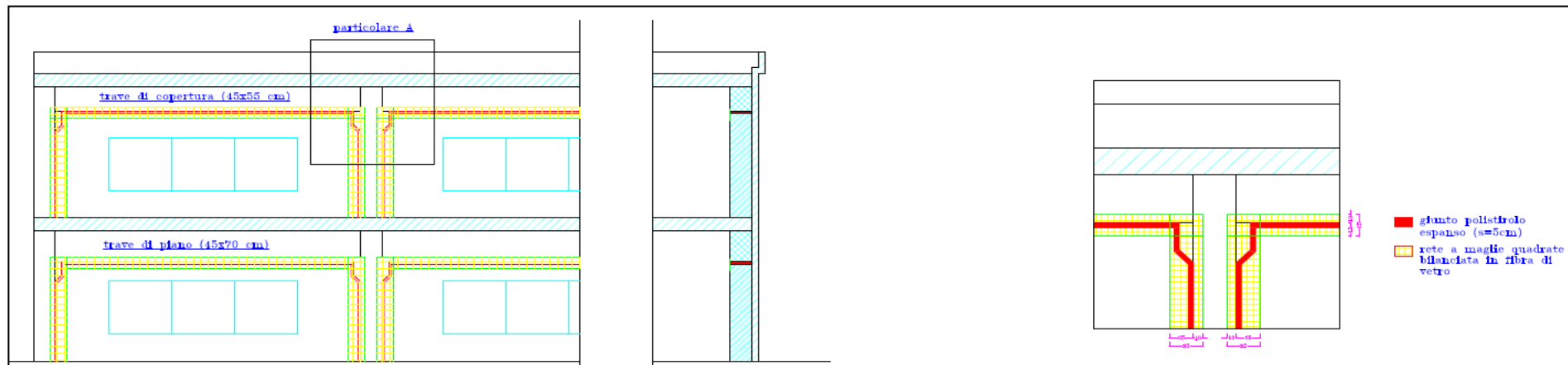
Risultati più recenti – Esempi applicativi: edificio scolastico

criticità ed interventi specifici alla tipologia strutturale: collegamenti trave-trave

Approccio analitico



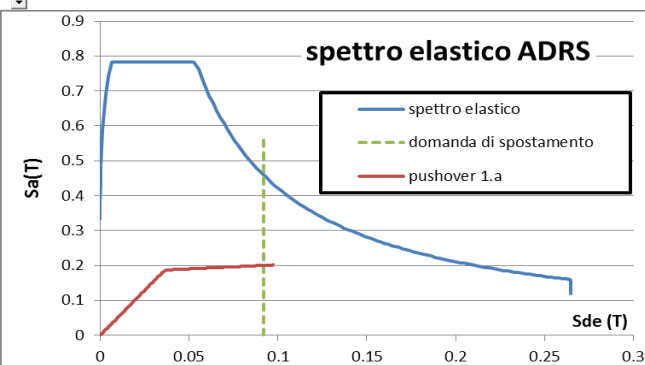
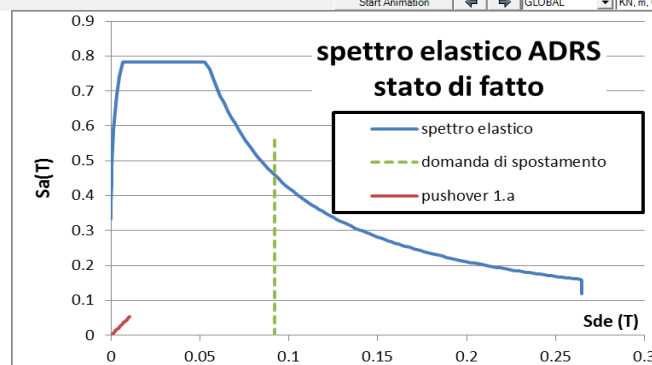
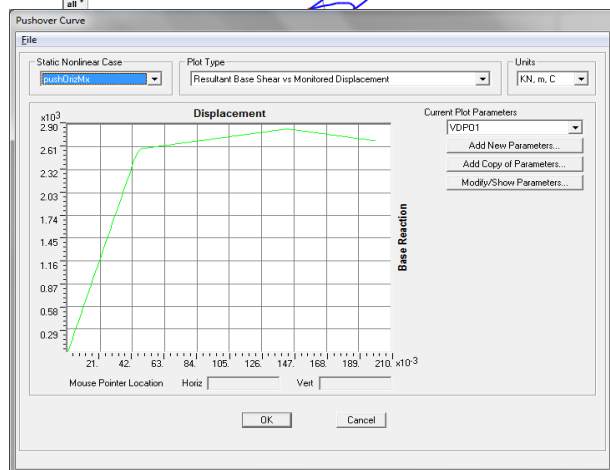
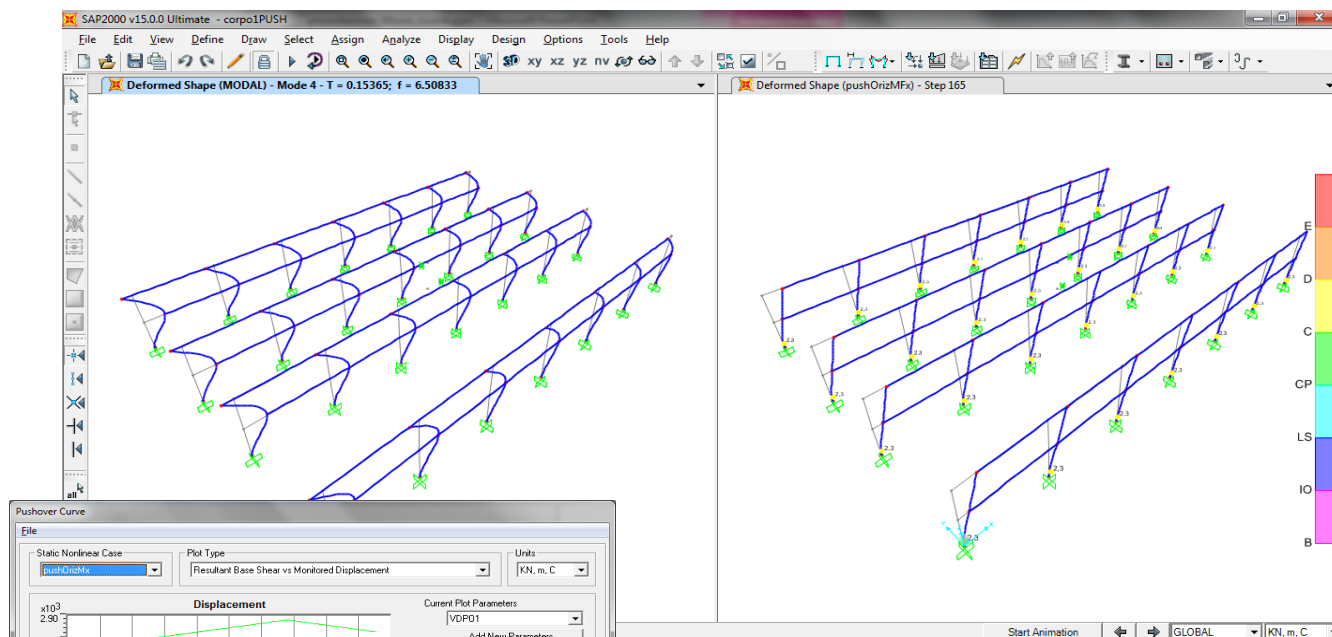
criticità ed interventi specifici alla tipologia strutturale: collegamenti pannelli



Risultati più recenti – Esempi applicativi: edificio scolastico

Approccio analitico

Analisi push-over
Stato di fatto e
Stato di progetto

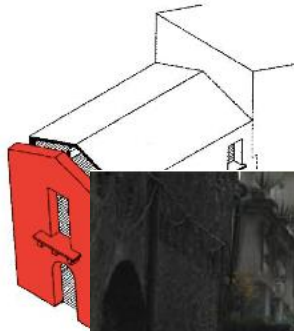


INTER

ANALISI (C

venti legg

INDIVIDUAZION



CRITICITA' STRUTTURE IN MURATURA

Debolezza collegamenti pareti portanti che facilitano meccanismi di ribaltamento

Debolezza maschi murari

INTERVENTI LOCALI - (interventi leggeri)

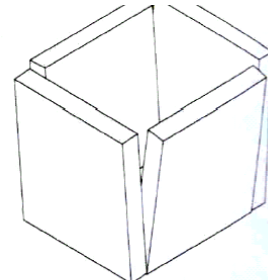
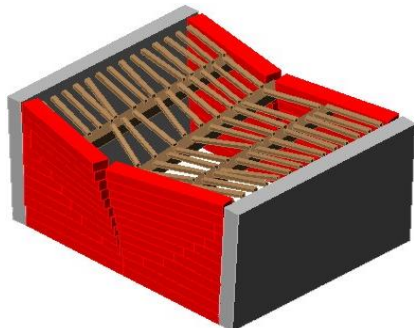
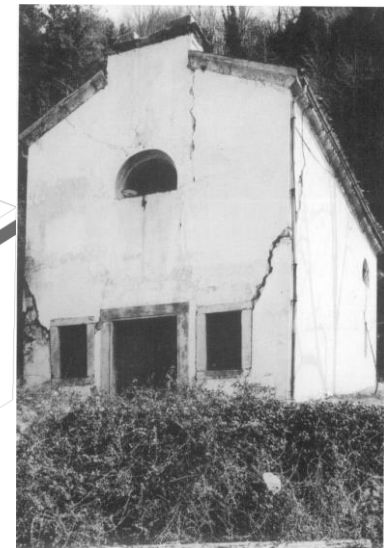
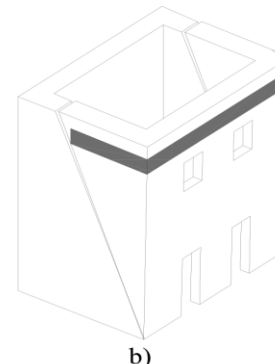
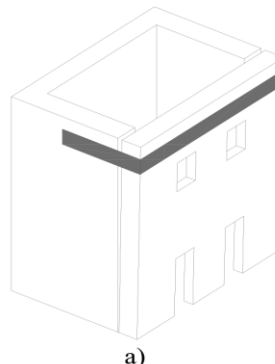
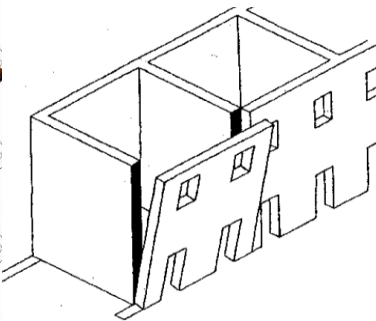
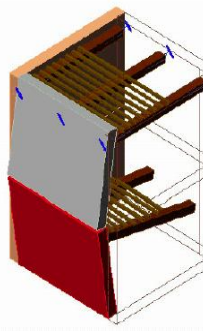
ANALISI (QUANTITATIVA) LOCALE

VALUTAZIONE INCREMENTI RESISTENZA E DUTTILITA' LOCALE A VALLE DELL'INTERVENTO

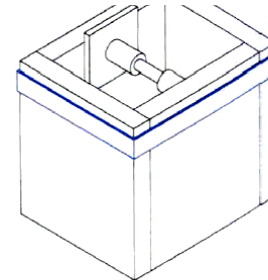
- INSERIMENTO TIRANTI E/O CATENE
- ANCORAGGIO TRAVI DI SOLAIO ALLA MURATURA
- IRROBUSTIMENTO MURATURA ZONA ATTACCO SOLAI
- RAFFORZAMENTO MASCHI MURARI (cuci e scuci, risarcitura lesioni, ristilatura giunti, applicazioni reti di rinforzo, etc.)

Sebbene locali, tali interventi andranno a migliorare il comportamento globale della struttura in termini di riduzione di meccanismi locali e fragili.

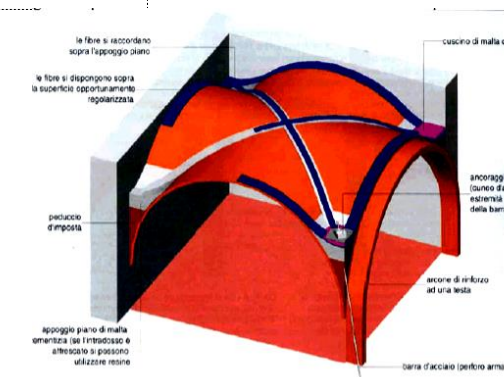
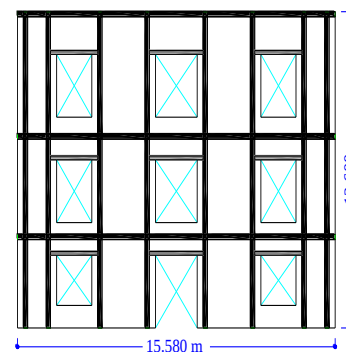
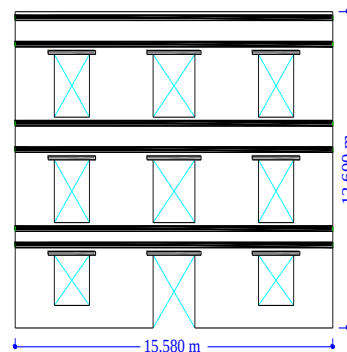
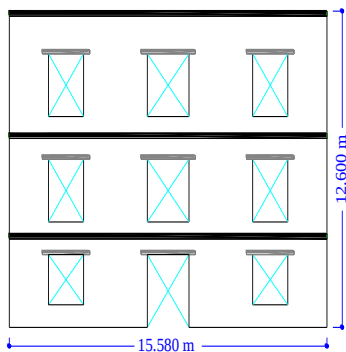
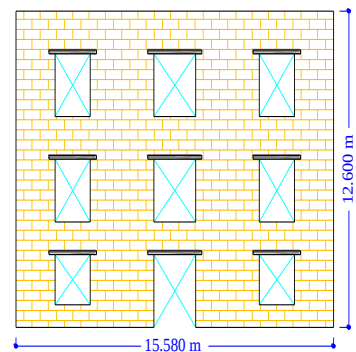
INTERVENTI LOCALI – Incatenamenti



Cella muraria



Cella muraria cerchiata con nastri di fibre in composito

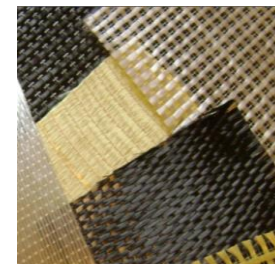


INTERVENTI LOCALI – Rinforzo elementi

Diverse tipologie di materiali per il rinforzo

- compositi: FRP, FRCM, SRC etc.;
- materiali SMA;
- (bio)compositi rinforzati con fibre naturali quali canapa, lino, juta, banana e vari tipi di fibre vegetali e/o matrici polimeriche riciclabili e non-riciclabili o matrici coesive (cementizie, blocchi terrosi).

FRP

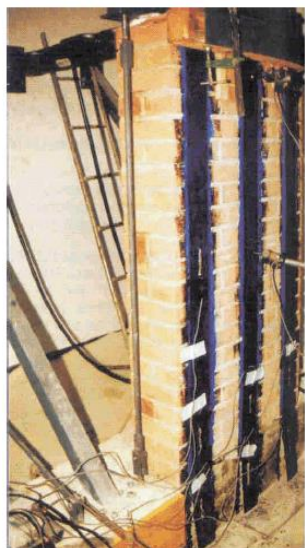


SMA



FRCM

Diverse applicazioni



MIGLIORAMENTO

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

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

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

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

Si accetta un valore minore di uno ->
evidenziare il valore dell'accelerazione massima rispetto alla quale è garantita la verifica allo SLV

Bene culturale -> caso specifico -> può scomparire l'obbligo dello 0.6!

DIPENDE DA DOVE SI PARTE!

Risultati più recenti – Esempi applicativi

Convenzione di Ricerca UNICAS - COMUNE

Ricerca di materiale storico documentale
(partecipazione personale dell'Ente gestore)

Difficoltà

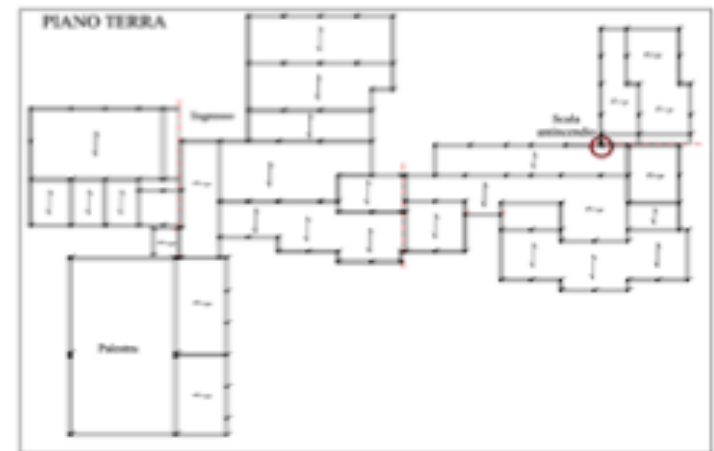
- **Documentazione povera** dall'Ente Gestore!
- Recupero documentazione
- Poche risorse economiche

Struttura in c.a.

Buone condizioni

Mancanza criteri di progettazione sismici

Istituto Comprensivo Statale



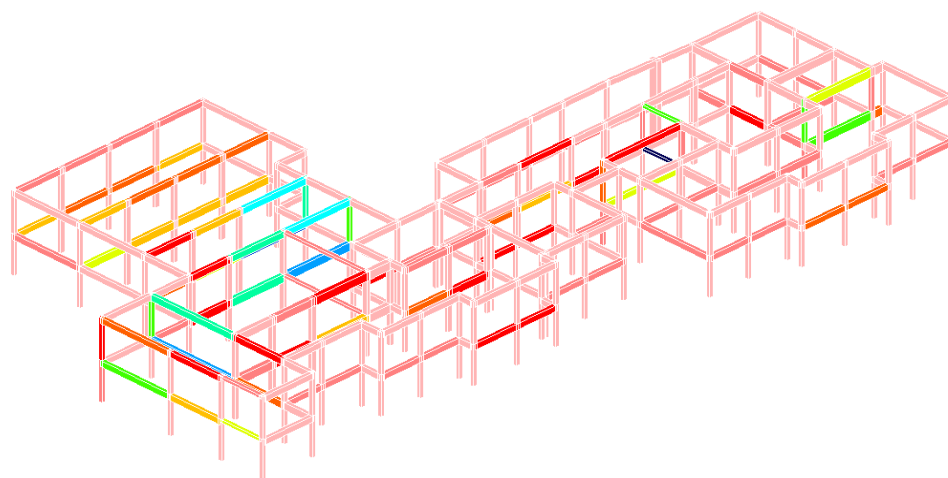
Risultati più recenti – Esempi applicativi: edificio scolastico

- Documentazione non completa
- Alcune differenze tra la documentazione disponibile e risultati sopralluogo e prove
- Risultati prove: Qualità materiali soddisfacente (blocco centrale)
- Carenza strutturale dovuta a mancati criteri di progettazione sismica: telai essenzialmente disposti in un'unica direzione; assenza di una maglia 3d di telai; alcuni pilastri collegati solo attraverso il solaio
- Necessità di progetto simulato

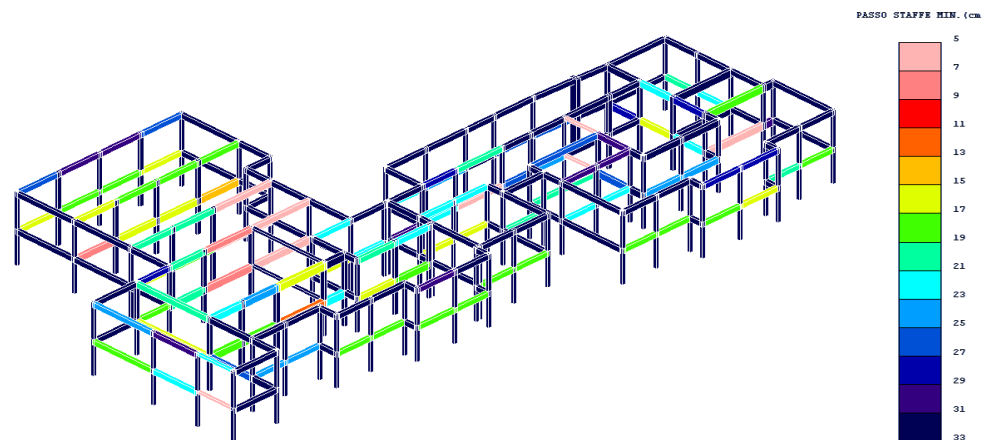
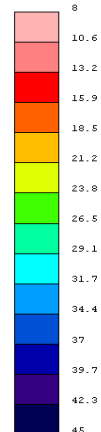
Risultati più recenti – Esempi applicativi: edificio scolastico

Approccio analitico

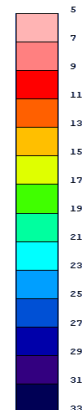
Progetto simulato
accordo tra progetto e prove dove effettuate.
? sull'eventuale presenza di ferri piegati



DENSITA' FERRI (cmq/m)



PASSO STAFFE MIN. (cm)



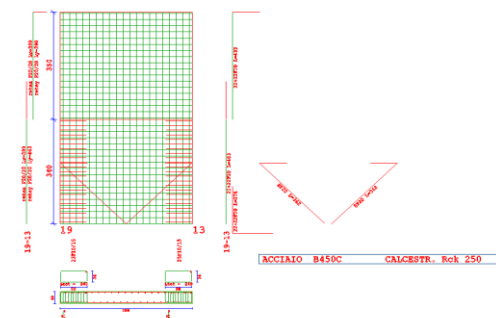
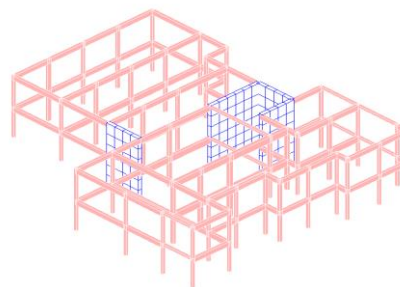
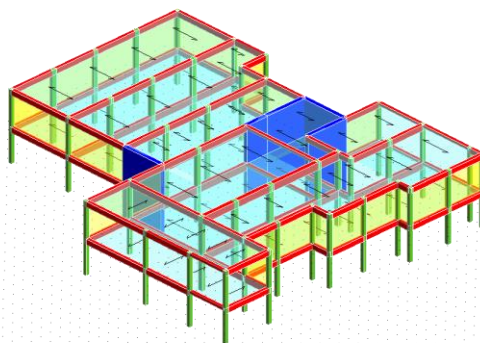
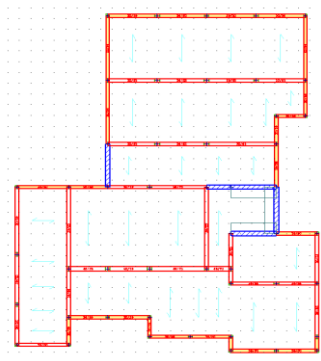
$$\zeta_E \geq 0,6$$

Risultati analisi strutturali

- carichi verticali OK
- carichi sismici -> collasso travi a taglio, flessione. Indicatore di rischio pari a 0.21!

Necessità di soluzioni di adeguamento

DIPENDE DA DOVE SI PARTE!



8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

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

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

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

CLASSI DI RISCHIO SISMICO E SISMA BONUS
Confronti e Differenze



Il Metodo convenzionale per la classe di Rischio Sismico

Parametro Economico:

Classe PAM (Perdita Annuale Media attesa)

costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione

Parametro Sicurezza:

Classe IS-V (Indice di sicurezza)

rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita e quella prevista, nel sito, per un nuovo edificio



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

La classe di Rischio si individua mettendo in relazione due parametri e privilegiando la classe più bassa (più rischio)

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A^+
$80\% < IS-V \leq 100\%$	A
$60\% < IS-V \leq 80\%$	B
$45\% < IS-V \leq 60\%$	C
$30\% < IS-V \leq 45\%$	D
$15\% < IS-V \leq 30\%$	E
$IS-V \leq 15\%$	F



$$\Delta z_E \geq 0,1$$

PER CLASSE 0,6
(ECCEZIONE USO SCOLASTICO)
PER CLASSE II AD USO SCOLASTICO E NELLA NTC MANCA LA CLASSE IV
DA DOVE SI PARTE!

ADEGUAMENTO

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

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

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

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

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

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

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

Miglioramento / Adeguamento- (interventi pesanti)


$$\downarrow \text{domanda} \leq \text{capacità} \uparrow$$

- SISTEMI DISSIPATIVI
- ISOLAMENTO
- REALIZZAZIONE SETTI / PARETI / CONTROVENTI
- RINFORZO (FRP, ACCIAIO, CAM, ETC,)
- SOSTITUZIONE ELEMENTI
- INTERVENTI IN FONDAZIONE
- INTONACO ARMATO
- INCATENAMENTO
- CHIUSURA APERTURE
- ETC...

SISTEMI DISSIPATIVI

SISTEMI PASSIVI

SISTEMI SEMIATTIVI

SISTEMI ATTIVI

DOMANDA

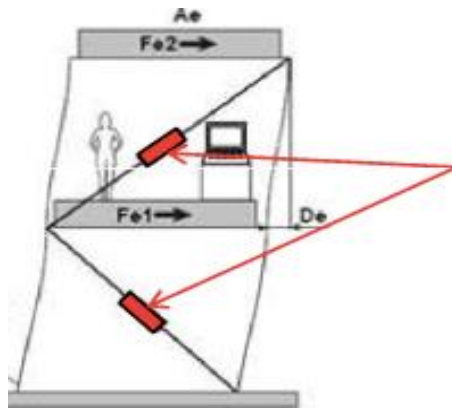
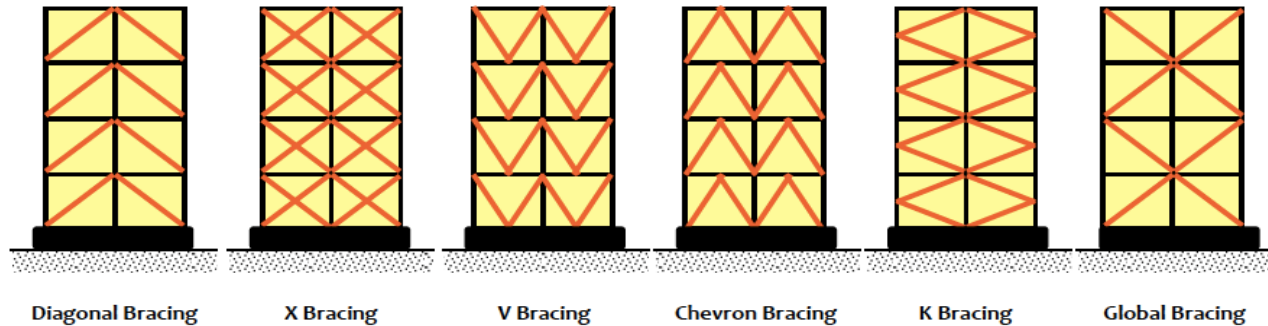
CAPACITA'

$$E(\text{ingresso}) \leq E(\text{cinetica}) + E(\text{elastica}) + E(\text{inelastica}) + E(\text{viscosa})$$



Si inseriscono dispositivi in grado di dissipare in forma di smorzamento viscoso

SISTEMI DISSIPATIVI-> passivi

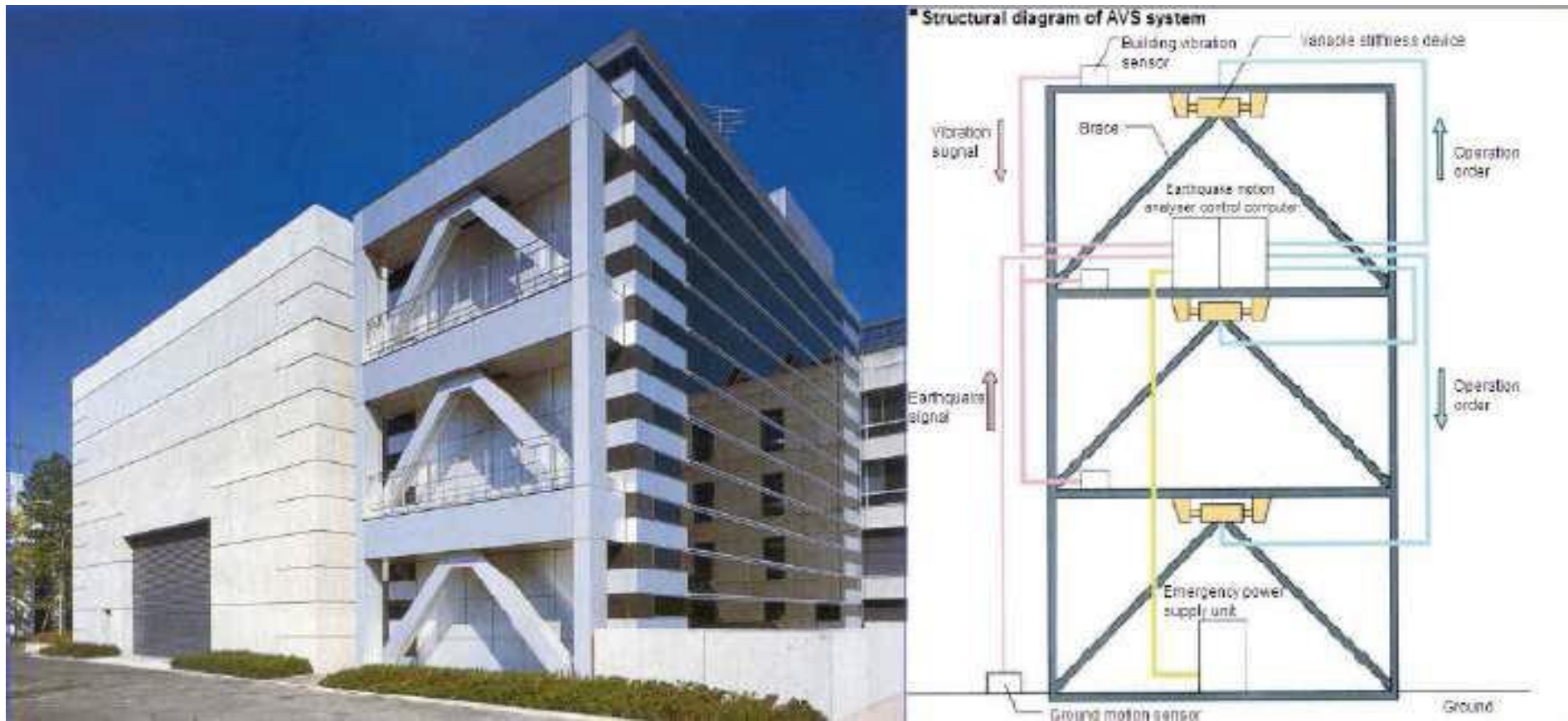


Danneggiamento concentrato in appositi elementi
Metallic Yield dampers (smorzatori metallici);
Friction Dampers;
Visco – Elastic Dampers;
Viscous Fluid Dampers;
Metallic shear panels



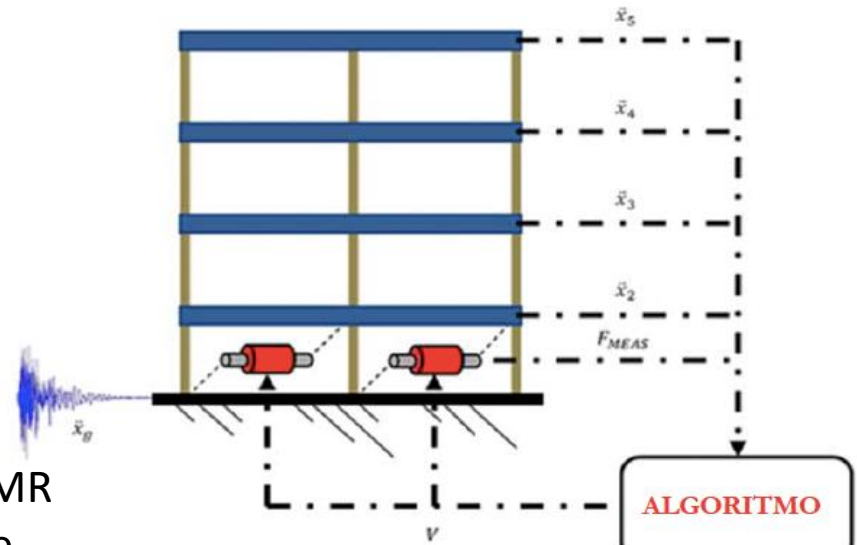
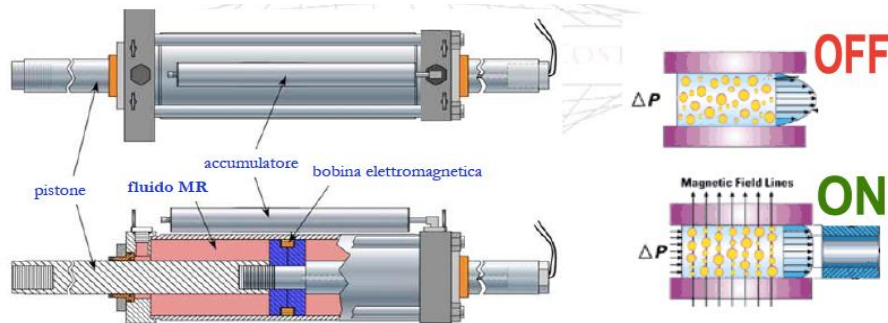
SISTEMI DISSIPATIVI-> semiattivi

Sistema AVS (Added Variable Stiffness) In questo sistema di protezione semi-attiva, la rigidità dei controventi viene variata dal computer di controllo in funzione della risposta della struttura all'eccitazione esterna.



SISTEMI DISSIPATIVI-> semiattivi

Sistema MR (Magneto -Reological). Le caratteristiche di questa tipologia di smorzatori possono essere variate cambiando l'intensità della corrente in ingresso.

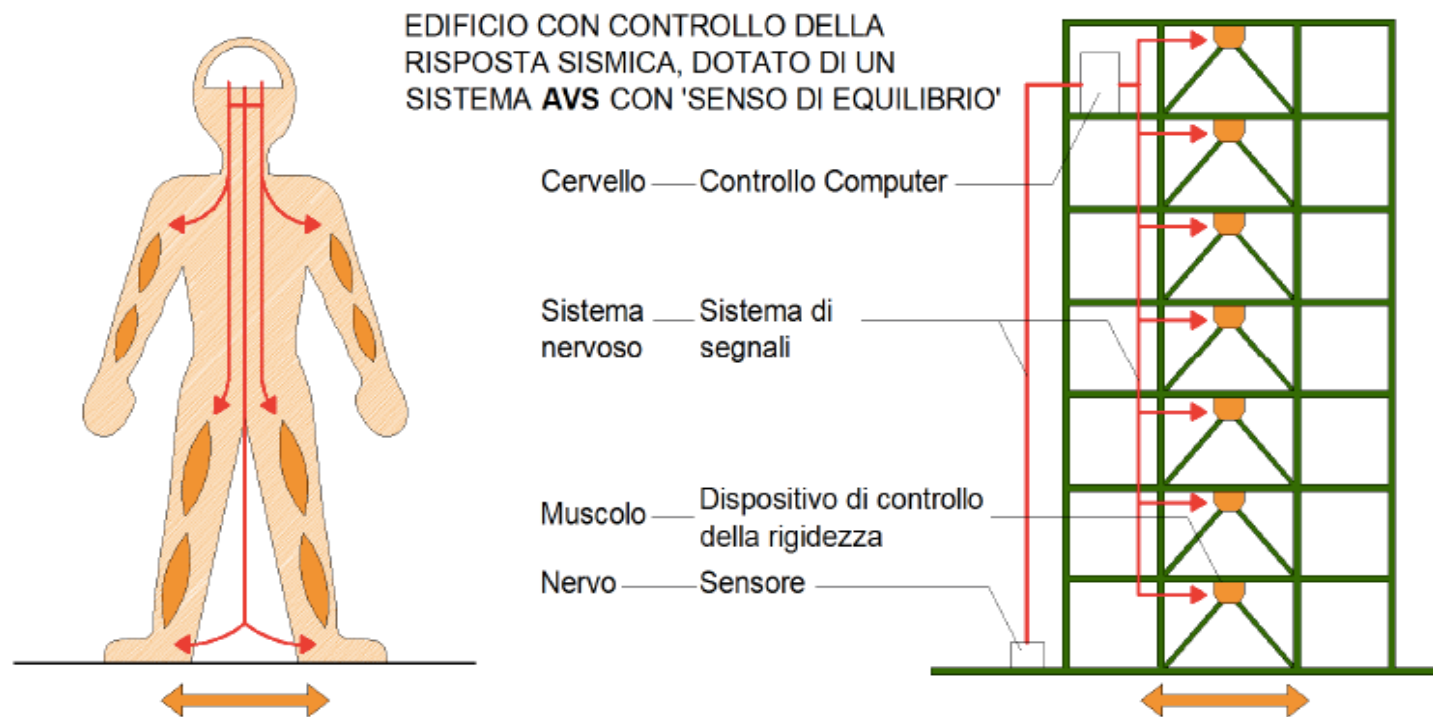


N. 2 dissipatori MR da 30 tonnellate installati tra 3° e 5° piano

Dissipatore alimentato da pannello solare



SISTEMI DISSIPATIVI-> attivi



progettati per:

- monitorare lo stato della struttura nel tempo;
- elaborarne le informazioni;
- applicare in tempo reale un insieme di forze interne in modo da regolarne più favorevolmente lo stato dinamico della struttura.



SISTEMI DISSIPATIVI

EDIFICI STRATEGICI/GOVERNATIVI, SEDI PC, OSPEDALI

**possibilità di ridurre o eliminare il danneggiamento
degli elementi strutturali principali**

EDILIZIA SCOLASTICA, EDIFICI RESIDENZIALI

alcune soluzioni economiche, mantenimento della configurazione iniziale

EDIFICI MONUMENTALI

**protezione investimento, perdita economica lungo termine
conservazione, complessità**

Esempi di applicazione ad edilizia scolastica



Scuola media Busciolano, Potenza



Scuola Gentile Fermi, Fabriano



Scuola elementare Via Roma, Potenza



ISOLAMENTO SISMICO

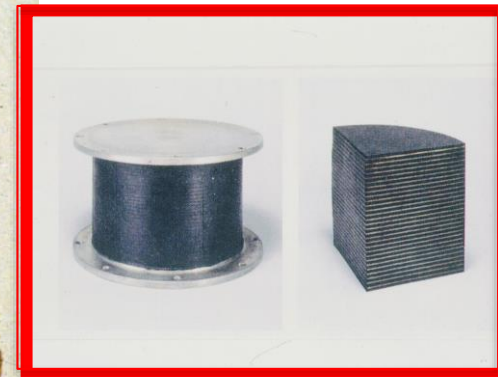
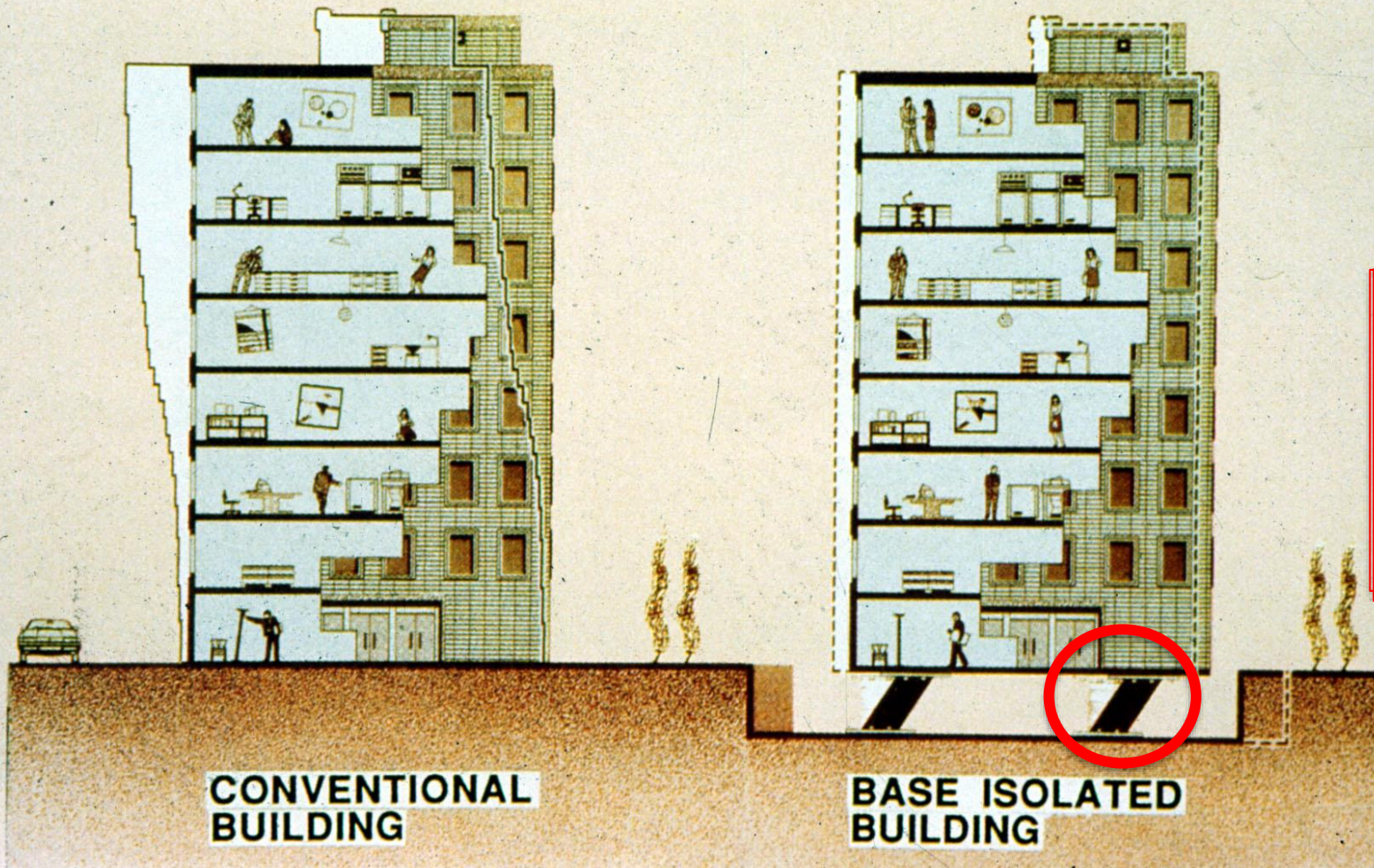
DOMANDA

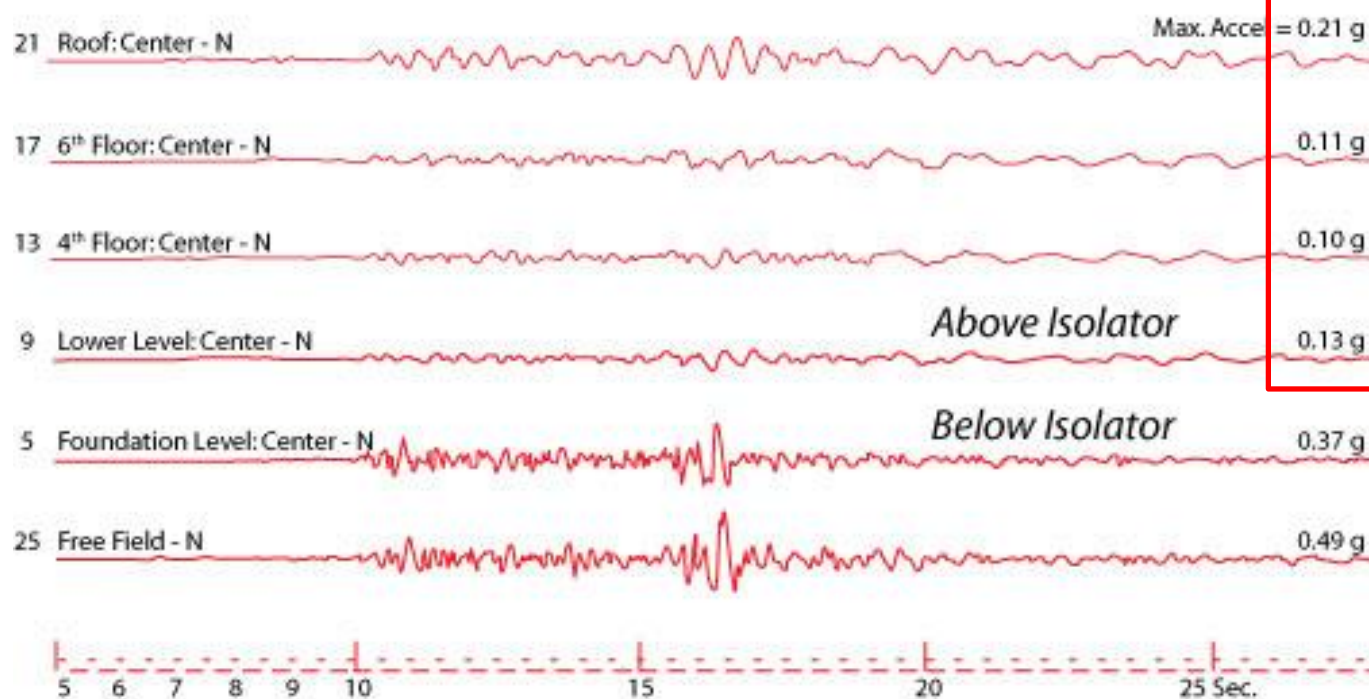
CAPACITA'

$$E(\text{ingresso}) \leq E(\text{cinetica}) + E(\text{elastica}) + E(\text{inelastica}) + E(\text{viscosa})$$



**Si riduce l'energia in
ingresso attraverso
l'inserimento di dispositivi
elastomerici**





Northridge eqnq, 1994

ISOLAMENTO SISMICO

EDIFICI STRATEGICI/GOVERNATIVI, SEDI PC, OSPEDALI

funzionalità e piena operatività durante/dopo terremoto

funzionalità e operatività durante lavori di adeguamento

MUSEI, OSPEDALI, CENTRI CALCOLO

protezione contenuti di valore anche maggiore dell'edificio

EDIFICI MONUMENTALI

protezione investimento, perdita economica lungo termine

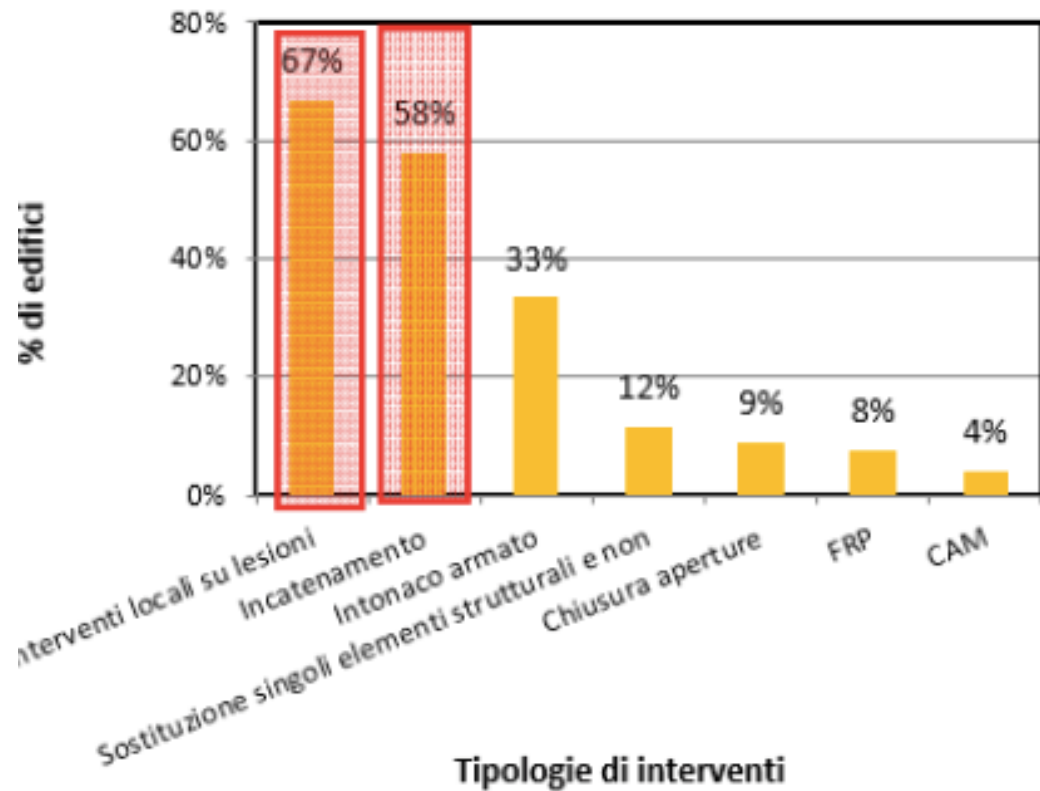
conservazione, complessità, minimizzazione interventi in elevazione

EDIFICI DI GRANDI DIMENSIONI E COMPLESSITÀ

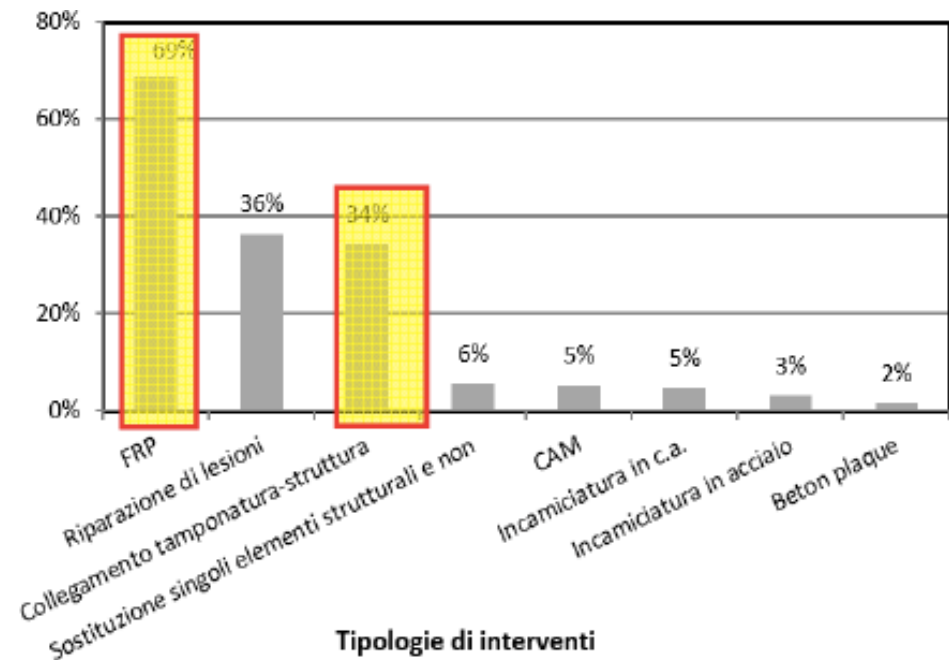
convenienza economica

INTERVENTI LEGGERI (LOCALI) RICOSTRUZIONE L'AQUILA Fonte ReLUIS

EDIFICI IN MURATURA



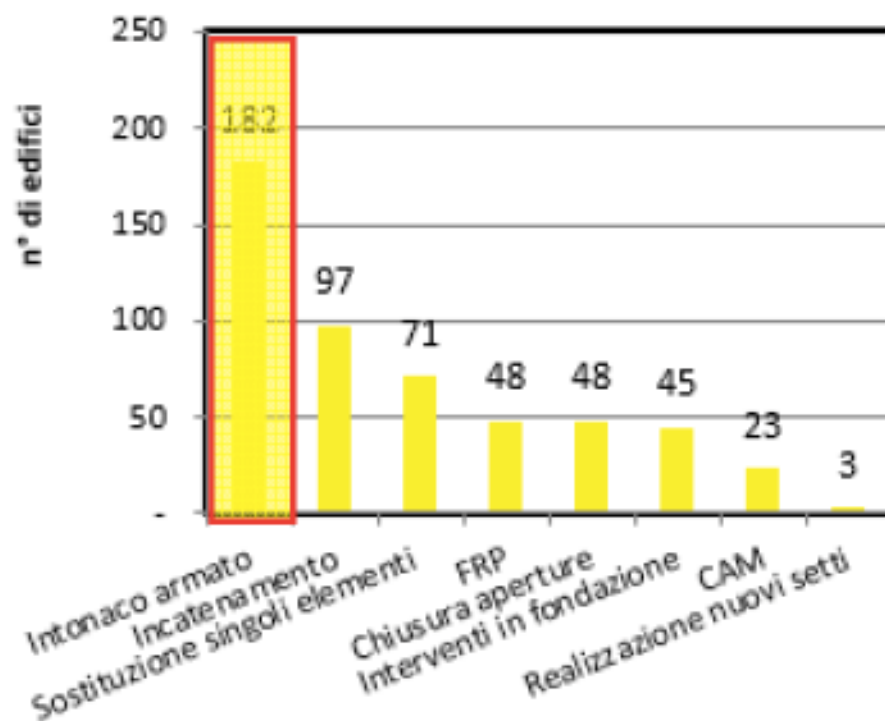
EDIFICI IN C.A.



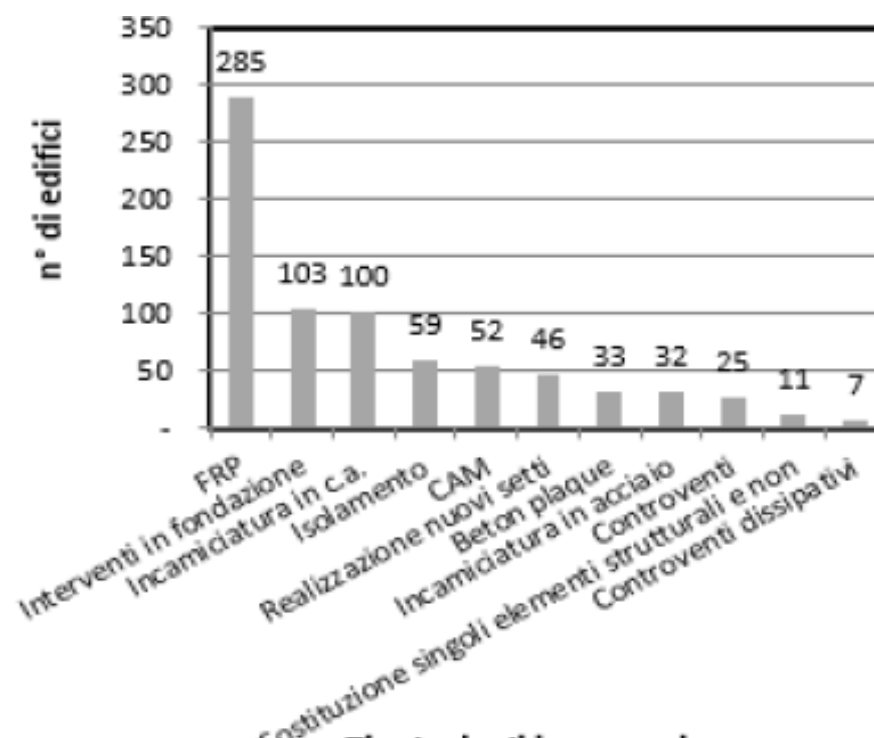
INTERVENTI PESANTI (MIGLIORAMENTO / ADEGUAMENTO) RICOSTRUZIONE L'AQUILA

Fonte ReLUIS

EDIFICI IN MURATURA



EDIFICI IN C.A.



INTERVENTI LOCALI

MIGLIORAMENTO

ADEGUAMENTO

INVASIVITA'

COSTI

CONOSCENZA E LIVELLO DI SICUREZZA

RAPIDITA'

FATTIBILITA'

OPERATIVA'

QUALE INTERVENTO?

- privilegiare soluzioni **fattibili** anche se non ideali
- agire in modo sistematico sulle componenti del rischio (pericolosità degli eventi, vulnerabilità degli edifici, livello di esposizione di persone e beni), **privilegiando interventi che non obblighino le persone e le comunità a modificare le proprie condizioni di vita**
- costruire **soluzioni che valorizzino le potenzialità delle innovazioni tecnologiche** sviluppate sia nell'edilizia che in altri settori (nuovi materiali e non più nuovi, sistemi nuovi, sensoristica, big data, comunicazioni satellitari)

**In questo ambito, allora,
il ruolo della NTC 2018
è centrale.**

