



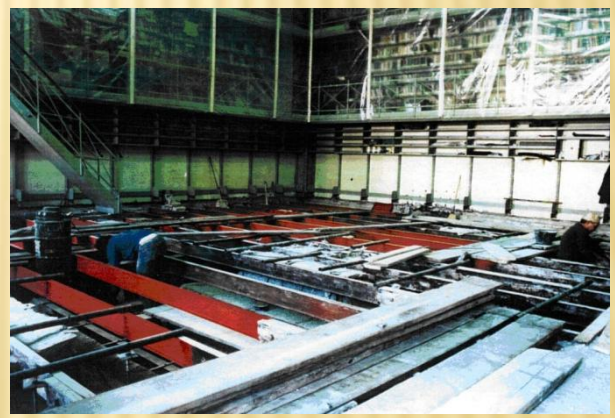
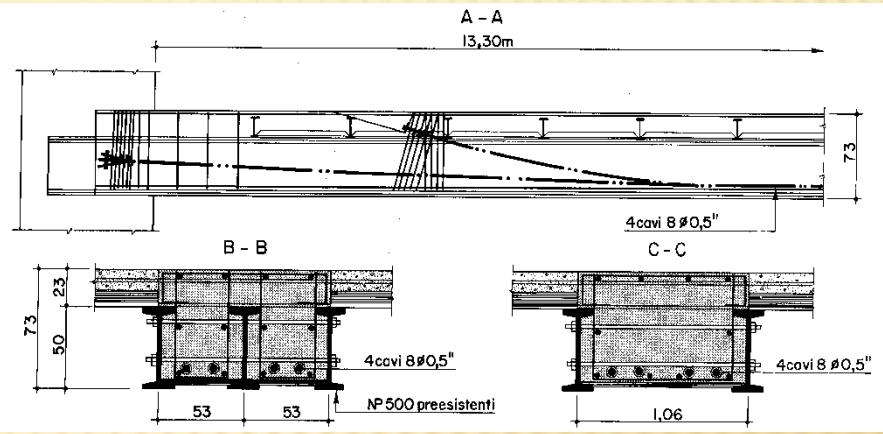
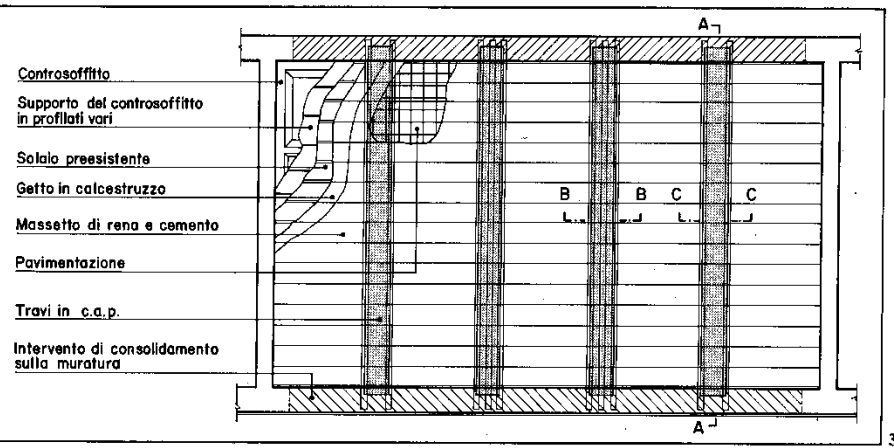
**Le prospettive di sviluppo delle opere
in calcestruzzo strutturale nel terzo millennio**

Relazione Generale 1° Sottotema

RECUPERO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

Azioni e Sicurezza – Materiali - Adeguamento Sismico

PALAZZO KOCK (FINE XIX SEC) - LAVORI DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE PER IL CONSOLIDAMENTO E RESTAURO DELLE STRUTTURE DEL SOLAIO DI COPERTURA DEL SALONE DEI PARTECIPANTI - ROMA VIA NAZIONALE (1987-1989)



ORDINE DELLA PRESENTAZIONE

1. Introduzione
 1. problemi e motivi di intervento
 2. Sostenibilità tecnico economica
2. Alternative tecniche di intervento
3. Normative: richieste prestazionali e contributi relativi
4. (2) Valutazione dello stato di fatto
 1. Conoscenza? → Coeff. Parziali
5. (3) Criteri di progetto degli interventi
6. (4) Interventi: illustrazione
 1. (5) Aumento della capacità – int. Tradizionali – int. Con materiali innovativi
 2. (6) Riduzione della domanda
7. (7) L'Aquila Edilizia privata – stato post sisma – progetti di intervento-attività di controllo
 1. Casi di progetti su di interventi su edilizia privata E (grandi danni)
8. (8) Provincia L'Aquila Edifici Pubblici non danneggiati (scuole) – progetti di rinforzo
 1. Sintesi dei progetti
9. (9) Caso di studio degli interventi sulle scuole: tipologia scelta contro. Diss.+ setti
 1. Alternativa 1 setti
 2. Alternativa 2 isolamento alla base
10. (10) Come scegliere tecnicamente come migliorare un complesso
11. (11) Discussione sulla influenza degli aspetti economici finanziari
12. (12) Conclusioni

INTRODUZIONE

EDIFICIO



SANO



Adeguamento strutturale (obbligatorio)

Adeguamento funzionale (obbligatorio/opzionale)

DANNEGGIATO



Riparazione (obbligatorio)

Adeguamento strutturale (obbligatorio/opzionale)

Adeguamento funzionale (obbligatorio/opzionale)

MODALITA' INTERVENTO – SOSTENIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

✕ La filosofia di progetto di un intervento su un edificio esistente è condizionata:

1. dal contesto tecnico

1. Stato di fatto - nuove esigenze (normative, d'uso ecc)

2. dal contesto finanziario:

- ✕ Vi sono norme di finanziamento post sisma specifiche per il rinforzo e riparazione
 - ★ Danneggiate (p.e.: OPCM 3779 e OPCM 3790)
 - ★ Non danneggiate (p.e.: Burc. Regione Campania n. 22 del 4 Aprile 2011)
- ✕ Vi sono norme per finanziare altri interventi (p.e.: risparmio energetico.)
- ✕ Lavoro per un committente che l'obiettivo di migliorare le prestazioni sotto vari aspetti, con un budget:
 - ★ Incremento di sicurezza (difficilmente monetizzabile)
 - ★ Riduzione dei danni attesi (soprattutto negli edifici industriali) danni diretti/danni indiretti
 - ★ Riduzione dei costi di gestione (se ho anche un miglioramento energetico o una riorganizzazione degli spazi)
 - ★ Incasso di contributi esterni (diretti o come detrazione di tasse)

STRUTTURE ESISTENTI: PROBLEMATICHE TECNICHE

× GLOBALE

+ ORGANISMO STRUTTURALE

- × GEOMETRIA
- × STRUTTURA RESISTENTE
- × CRITERI DI PROGETTO

+ MATERIALI UTILIZZATI

× LOCALE

+ DETTAGLI COSTRUTTIVI

+ DEGRADO locale

+ DIFETTI DI MESSA IN OPERA

+ INTERVENTI IN EPOCHE SUCCESSIVE

+ EFFETTO DEL COMPORTAMENTO DI ELEMENTI NON STRUTTURALI

MECCANISMO GLOBALE



MECCANISMO LOCALE



STRUTTURE ESISTENTI: PROBLEMATICHE

MECCANISMO GLOBALE



Piano debole

MECCANISMO LOCALE



Rottura locale: Trave forte – pil. debole

STRUTTURE ESISTENTI: PROBLEMATICHE

STRUTTURE ESISTENTI: METODOLOGIE DI INTERVENTO

× GLOBALE

- + RIDUZIONE DELLE FORZE
- + INCREMENTO DELLA DUTTILITA' globale
- + INCREMENTO DI RESISTENZA globale

× LOCALE

- + RIPARAZIONE
- + RINFORZO
- + ELIMINAZIONE
- + SOSTITUZIONE

TIPOLOGIE DI INTERVENTO:

- ✓ TRADIZIONALE
- ✓ CON MATERIALI INNOVATIVI
- ✓ PROTEZIONE PASSIVA

SOGLIA DI MIGLIORAMENTO DESIDERATO

RICHIESTE DELLE ORDINANZE

- ✗ Capacità sismica da raggiungere: *post-operam* > 80% dell'adeguamento
- ✗ Rispetto di un limite di costo (150-600 €/m²).
- ✗ Parametro di misura della resistenza sismica (*ante* o *post-operam*)

$$PGA_{CLV} / PGA_{RIF}$$

- + PGA_{CLV} = accelerazione corrispondente al superamento dello SLV dell'edificio;
- + PGA_{RIF} = accelerazione orizzontale massima su suolo A
 - ✗ ($P_{vr}=10\%$; $T_r=475$ anni)
- ✗ Priorità degli interventi

$$PGA_{DLV} / PGA_{RIF2}$$

- + PGA_{DLV} = accelerazione corrispondente al superamento dello SLD dell'edificio;
- + PGA_{RIF2} = accelerazione orizzontale massima su suolo A
 - ✗ ($P_{vr}=63\%$; $T_r= 50$ anni)

COSTO MASSIMO PER UN MIGLIORAMENTO

Scuole fuori l'Aquila (non danneggiate ma nel cratere):

- ✗ Limite di convenienza economica rispetto ad abbattimento e ricostruzione per edilizia scolastica = 1200 euro/m².
- ✗ Soglia economica = 400-600 euro/m²
 - + a seconda della gravità dei danni subiti dalla struttura a seguito dell'evento sismico.
- ✗ costi da stimare per lavorazioni strettamente connesse all'intervento
- ✗ Lavorazioni di ripristino a rustico.

- ✗ NB: per accedere ai diversi finanziamenti i danni vanno documentati: diversi finanziamenti massimi

2- Metodologia NTC08

LA VULNERABILITÀ DELLE STRUTTURE ESISTENTI

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

VALUTAZIONE SICUREZZA EDIFICIO



CONOSCENZA



SCARSA



Maggiori coefficienti di “incertezza”



OTTIMALE



Coefficienti =1

DETERMINAZIONE DEL GRADO DI CONFIDENZA – COEFF. PARZIALI (?)

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

LIVELLI DI CONOSCENZA

Gli aspetti che definiscono i Livelli di Conoscenza sono:

- + *geometria*
- + *dettagli strutturali*
- + *materiali*

CONOSCENZA DELLA STRUTTURA

Fonti di informazioni

- ✓ Progetto
- ✓ Documentazione
(es. collaudo)
- ✓ Rilievo strutturale
- ✓ Prove in situ e di laboratorio

Informazioni da ottenere

- ✓ Schema strutturale
- ✓ Categoria del suolo
- ✓ Caratterizzazione dei materiali
- ✓ Dettagli costruttivi
- ✓ Difetti
- ✓ Destinazione d'uso originaria
- ✓ Danni subiti in passato
- ✓ Interventi eseguiti in passato

RILIEVO STRUTTURALE: DIFETTI



Assenza di copriferro



Segregazione del cls



Assenza di fasce piene



Inadeguatezza dei giunti



Ancoraggi inadeguati



Assenza di staffe

RILIEVO STRUTTURALE: DEGRADO



Infiltrazioni d'acqua



Corrosione armature



Colatura efflorescenze



Espulsione copriferro

RILIEVO STRUTTURALE: DANNEGGIAMENTO



CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Indagini distruttive e non:

- ✓ indagini sclerometriche in situ;
- ✓ indagini pacometriche in situ;
- ✓ indagini ultrasoniche in situ;
- ✓ caratterizzazione dinamica ;
- ✓ saggi per valutare la composizione dei solai (tipologia, tessitura e dimensione di pignatte e travetti);
- ✓ prelievo di carote (con valutazione del grado di carbonatazione) e successivo schiacciamento in laboratorio;
- ✓ prelievo di barre e successivo test in laboratorio;
- ✓ prove di carico sui solai.

NB: Per limitare l'invasività delle indagini le NTC08 e le Circolari stabiliscono un numero minimo di carote da estrarre. I campioni dovranno essere estratti da elementi strutturali poco sollecitati sia in condizioni statiche che sismiche . *(questione in corso di revisione)*

CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

✕ Prove non distruttive



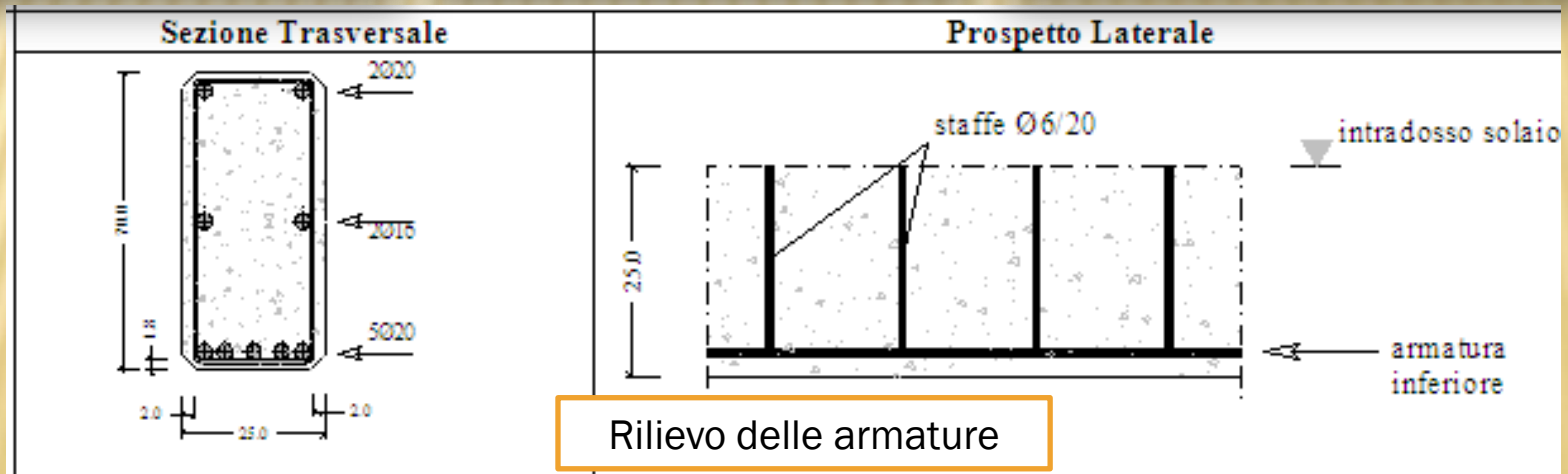
Indagini pacometriche



Rilievo visivo armature



Verifica delle armature



CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

✕ Prove non distruttive



Indagini ultrasoniche



Indagini sclerometriche



Carbonatazione

Prove di carico su solaio



Con serbatoio flessibile



Con martinetti oleodinamici



CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

✕ Prove distruttive



Prelievo armature



Prelievo carote



Prove di trazione



Prove di compressione



DETERMINAZIONE DEL GRADO DI CONFIDENZA

(?)

RILIEVO PER EDIFICI IN C.A. ***PER OGNI ELEMENTO "PRIMARIO"***

- **VERIFICA LIMITATA**
la quantità a disposizione di armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi
- **VERIFICA ESTESA**
la quantità a disposizione di armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi
- **VERIFICA ESAUSTIVA**
la quantità a disposizione di armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi

PROVE PER EDIFICI IN C.A. ***PER OGNI ELEMENTO "PRIMARIO"***

- **VERIFICA LIMITATA**
 - 1 provino di calcestruzzo per piano
 - 1 campione di armatura per piano
- **VERIFICA ESTESA**
 - 2 provini di calcestruzzo per piano
 - 2 campioni di armatura per piano
- **VERIFICA ESAUSTIVA**
 - 3 provini di calcestruzzo per piano
 - 3 campioni di armatura per piano

VULNERABILITÀ: MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI (!)

METODI DI ANALISI LINEARE

➤ SPETTRO ELASTICO

- va verificata l'attendibilità del modello lineare. La struttura deve essere regolare ed avere $T < 2.5T_c$

➤ SPETTRO ELASTICO RIDOTTO

- Va eseguito un modello 3d (possono essere usati modelli piani se si presentano specifiche condizioni)

METODI DI ANALISI NON LINEARE

➤ STATICA NON LINEARE

- è necessaria una approfondita conoscenza della struttura. I limiti della procedura sono legati alla regolarità strutturale ed alla scelta del profilo di spinta.

➤ DINAMICA NON LINEARE

- è necessaria una approfondita conoscenza della struttura

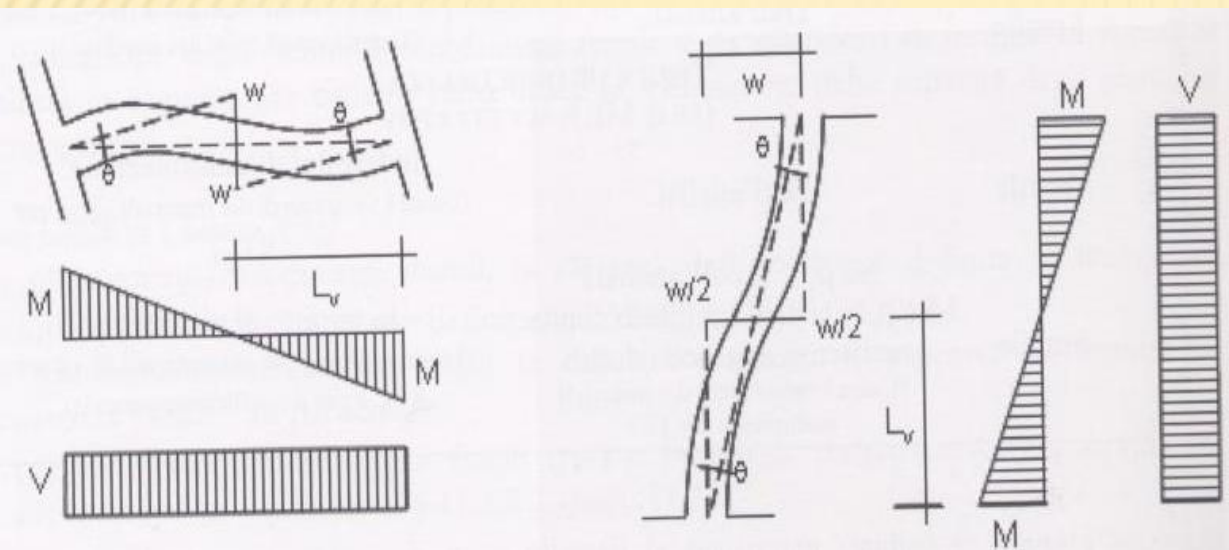
Le verifiche di sicurezza degli elementi verranno condotte in maniera diversa per elementi duttili ed elementi fragili. Per i primi si confronta la domanda in termini di deformazione con la capacità deformativa. Per i secondi si confronta la domanda in termini di forza con la resistenza.

VULNERABILITA' MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI (!)

Metodi di analisi SEMPLIFICAZIONI POSSIBILI

REGOLARITA' GEOMETRICA		SEMPLIFICAZIONI AMMESSE	
PIANTA	ALTEZZA	MODELLO	ANALISI
SI	SI	PIANO	STATICA LINEARE
SI	NO	PIANO	DINAMICA MODALE
NO	SI	SPAZIALE	STATICA LINEARE
NO	NO	SPAZIALE	DINAMICA MODALE

MECCANISMI DUTTILI



La capacità deformativa è definita con riferimento alla rotazione (“rotazione rispetto alla corda”) θ della sezione d’estremità rispetto alla congiungente quest’ultima con la sezione di momento nullo a distanza pari alla luce di taglio $L_v = M/V$.

Stato Limite di Collasso

Si valuta la rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso θ_u

Stato Limite di Salvaguardia della Vita

La rotazione relativa a tale SL, può essere assunta pari a 3/4 del valore ultimo θ_u .

Stato Limite di Danno

Si valuta la rotazione rispetto alla corda in condizioni di snervamento θ_y

VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ A TAGLIO (?!)

La resistenza a taglio si valuta come per il caso di nuove costruzioni, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.

La resistenza a taglio, $V_{u, \text{shear}}$ è calcolata considerando il minimo tra:

$$V_{u, \text{shear}} = \min \begin{cases} V_{rd2} = 0.30 f_c b_w d (1 + \cot g \alpha) \leq 0.45 f_c b_w d \\ V_{rd3} = V_{rd1} + V_{wd} \end{cases}$$

avendo indicato con V_{rd1} e V_{wd} :

$$V_{rd1} = 0.25 f_{ct} r (1 + 50 \rho_l) b_w d \delta; \quad V_{wd} = A_{sw} f_{yw} \frac{0.90 d}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

dove:

b_w è la base della sezione;

Utilizzando *il metodo del traliccio ad inclinazione variabile* [...come per il caso di nuove costruzioni ...], per effetto delle basse percentuali meccaniche di armatura trasversale si potrebbero avere incrementi della resistenza a taglio anche del 150%. L'aggiunta di un ulteriore contributo del conglomerato (già implicitamente considerato nel traliccio ad inclinazione variabile) porterebbe a valori ingiustificatamente elevati, anche alla luce delle formulazioni empiriche presenti in letteratura ed in EC8-part 3 (CEN, 2005). Pertanto, *si discute se optare per l'utilizzo di quest'ultima formulazione, che tiene espressamente in conto del degrado ciclico dei meccanismi resistenti del calcestruzzo e dell'armatura.*

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DEI NODI

- ✓ La verifica deve essere eseguita solo per i nodi non interamente confinati
- ✓ Un qualunque nodo di bordo è non interamente confinato in quanto le travi si innestano su sole tre delle sue quattro facce verticali
- ✓ Occorre verificare che la sollecitazione a trazione e quella a compressione siano inferiori ai limiti indicati:

$$\sigma_{nt} = \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0.3\sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ in MPa})$$
$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0.5\sqrt{f_c}$$

N è l'azione assiale presente nel pilastro superiore;
 V_n è il taglio agente sul nodo;
 A_g è la sezione orizzontale del nodo.

I CRITERI DI PROGETTO DEGLI INTERVENTI

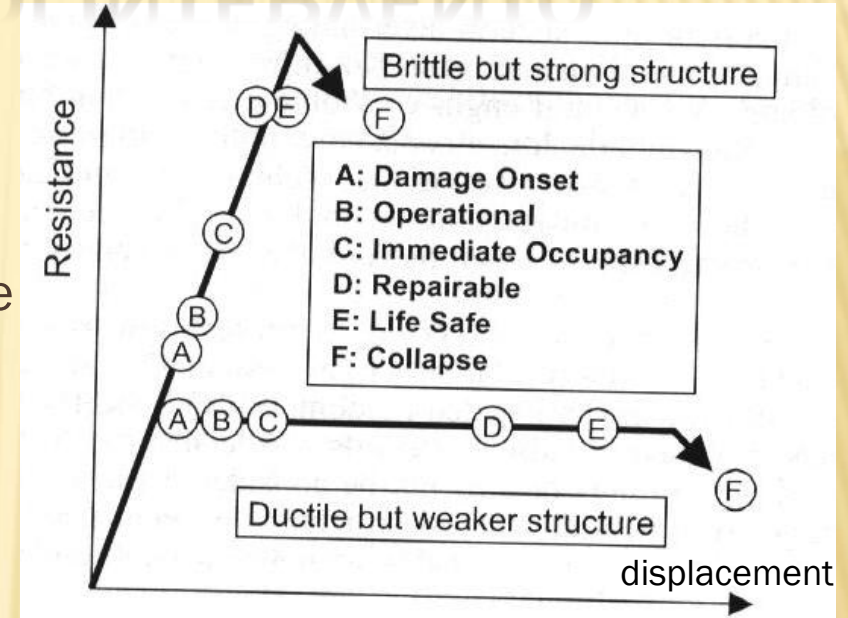
PROGETTO DELL'INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Il progetto dell'intervento di miglioramento deve comprendere:

- ✗ scelta motivata dell'intervento;
- ✗ scelta delle tecniche e/o dei materiali;
- ✗ dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- ✗ analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento;
- ✗ verifiche della struttura post-intervento.

STRATEGIE E CRITERI DI INTERVENTO

- ✗ possibili filosofie
 - + aumento della capacità della struttura:
 - ✗ Struttura estremamente resistente
 - ✗ Struttura estremamente duttile
 - + Riduzione della domanda

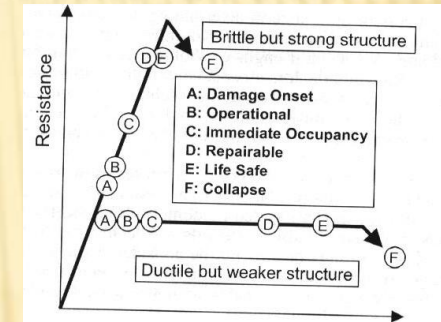


INTERVENTI SU PARTI NON STRUTTURALI ED IMPIANTI

SONO NECESSARI QUALORA IN CASO DI SISMA POSSANO COSTITUIRE UNA FONTE DI RISCHIO O PRODURRE DANNI

STRATEGIE E CRITERI DI INTERVENTO

1. Struttura estremamente resistente
2. Struttura estremamente duttile



BISOGNA PRESTARE ATTENZIONE:

EDIFICI FORTEMENTE IRREGOLARI ➡ incertezza nella valutazione della risposta

EVITARE DI RENDERE IRREGOLARE LA STRUTTURA CON RINFORZI LOCALIZZATI
DUTTILITA' LOCALE E' SEMPRE OPPORTUNO INCREMENTARE LA DUTTILITA'

3. Riduzione della domanda

In genere queste tecniche consentono di ridurre le irregolarità e le incertezze nella risposta

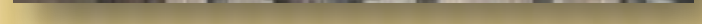
4 Aumento della capacità - Interventi di tipo locale

INTERVENTI DI TIPO TRADIZIONALE

INTERVENTI DI TIPO TRADIZIONALE

- ✗ Rinforzo o ricostruzione di tutti o parte degli elementi;
- ✗ Modifica dell'organismo strutturale:
 - + Aggiunta di nuovi elementi resistenti (setti in c.a.)
 - + Aggiunta di controventi in acciaio
 - + Saldatura di giunti tra corpi di fabbrica (inserimento di shock transmitters)
 - + Ampliamento dei giunti
 - + Eliminazione di elementi vulnerabili
 - + Aggiunta di sistemi strutturali in grado di resistere per intero all'azione di progetto
 - +
- ✗ Riduzione delle masse;
- ✗ Limitazione o cambiamento della destinazione d'uso dell'edificio;
- ✗ Demolizione (parziale o totale)

CONFIDENTIAL



CONFINAMENTO IN C.A. - ACCIAIO

rimozione delle parti ammalorate con idrogetto ad alta pressione, la bonifica delle superfici di contatto e delle armature ossidate, l'incamiciatura con getto di malta strutturale colabile, con armatura metallica a flessione, l'integrazione della sezione con angolari calastrellati, ai quali sono stati affidati tutti gli eventuali nuovi carichi (Pras- Stadio di S Siro)

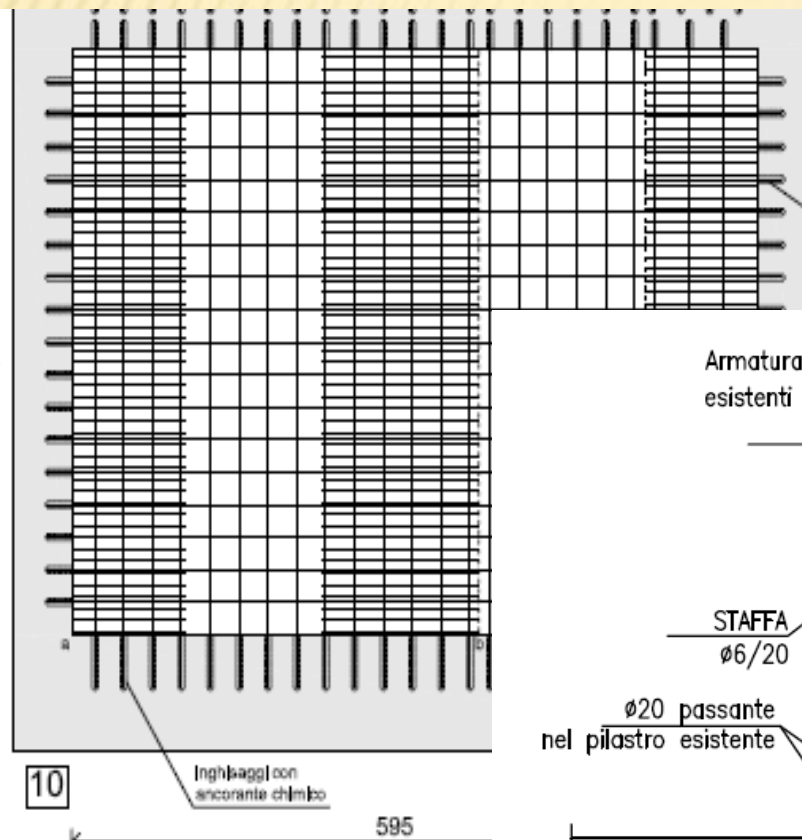


INSERIMENTO DI SETTI IN C.A.

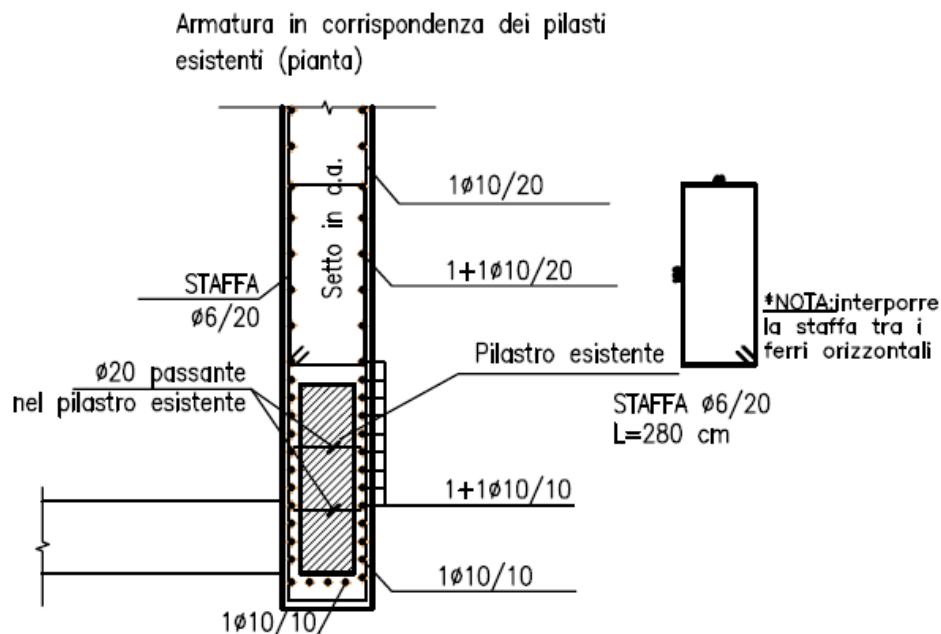
- ✘ Si inseriscono per irrigidire la struttura esistente e quindi per cambiarne la risposta sismica. Possono essere realizzati:
- ✘ In sostituzione delle tamponature (il collegamento agli elementi strutturali avviene mediante perforazione degli stessi ed inserimento ed inghisaggio nei perfori di ferri di attesa su cui innestare le armature della parete in c.a.)
- ✘ Inglobando gli elementi strutturali esistenti
- ✘ Esternamente alla struttura (collegando il setto alla struttura mediante controventi)

INSERIMENTO DI SETTI IN C.A.

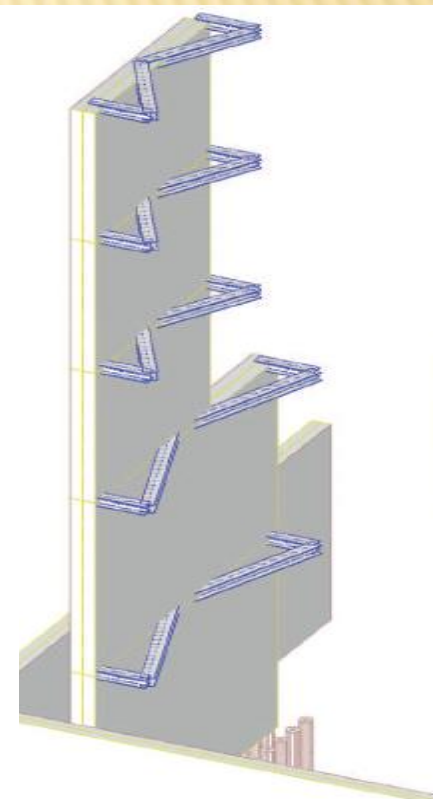
Setti in sostituzione di tamponature



Setti che inglobano i telai

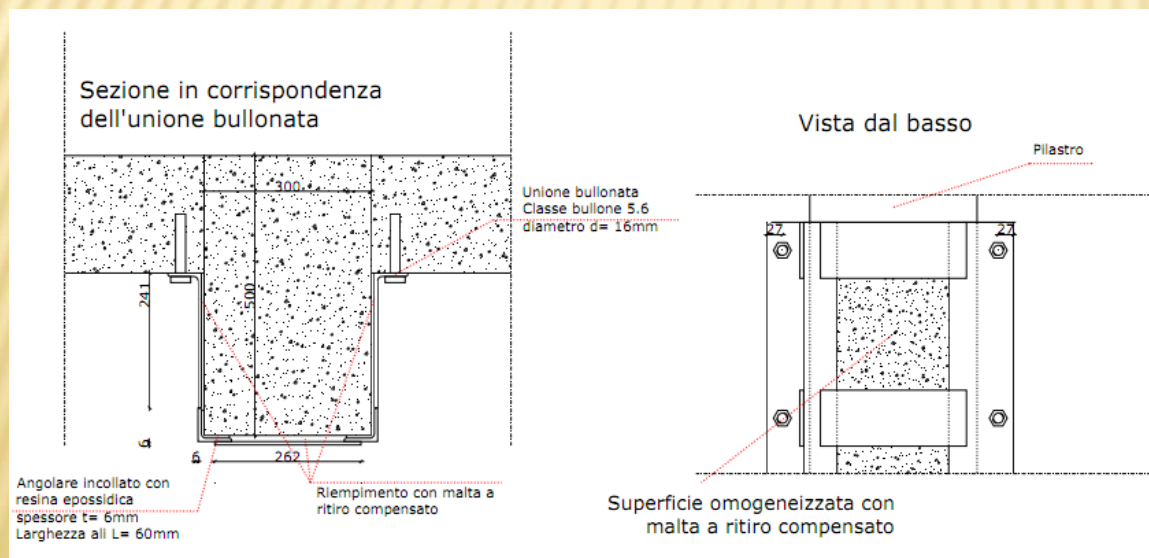


Setti esterni



INCAMICIATURA IN ACCIAIO

- ✗ La tecnica consiste nell'applicazione di un'armatura metallica (piastra, lamiera sagomata, trafilato, ecc.) alla struttura da rinforzare. L'incollaggio può essere diretto (mediante l'impiego di adesivi epossidici a consistenza tissotropica) o può avvenire mediante iniezione di resina epossidica. In entrambi i casi opportuni fissaggi meccanici dell'armatura metallica alla struttura completano il rinforzo. Tale sistema viene adottato nei casi in cui il peso, la dimensione e la forma dell'armatura metallica consente l'applicazione della stessa senza particolari problemi.
- ✗ L'utilizzo di elementi in acciaio permette di raggiungere il necessario incremento in termini di capacità locale senza però incrementare la rigidezza. L'applicazione comporta un incremento dell'azione di confinamento che esse esercitano limita la dilatazione trasversale, inducendo un benefico stato di compressione triassiale, che ne aumentano il carico di collasso per sforzo normale e la relativa duttilità. Nel contempo esse migliorano sensibilmente anche la resistenza a taglio dell'elemento strutturale.



Non in zona critica

CONSOLIDAMENTO ESTRADOSSALE DI SOLAI

Solaio stato di fatto:

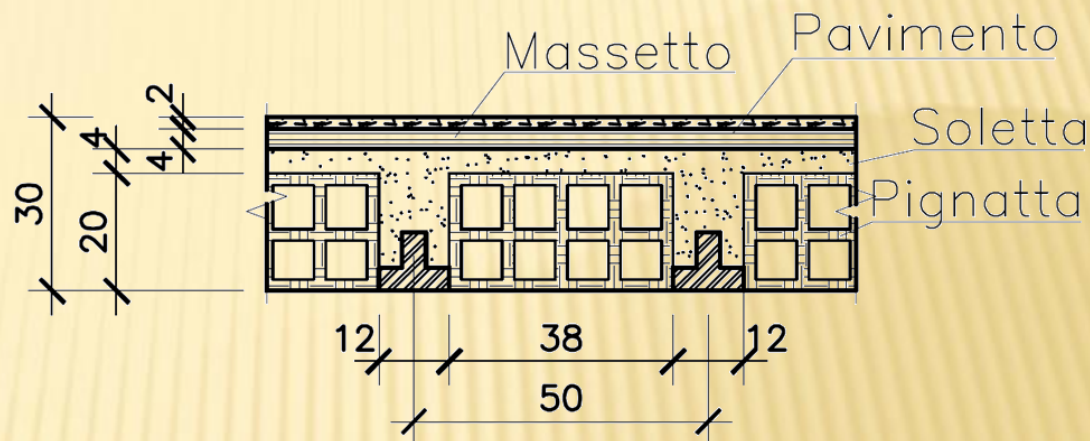
$h_{tot}=30$ cm

$h_{pignatte} = 20$ cm

$h_{soletta} = 3-4$ cm

$H_{massetto} = 4$ cm

$H_{pav.} = 2.5-2.8$ cm (marmettoni)



inserimento di una soletta armata:



- calcestruzzo autocompattante,
- rete elettrosaldata, $\phi 6/10 \times 10$,
- sistema di piolatura $\phi 10 / 50 \times 50$ in corrispondenza dei travetti.

5 Aumento della capacità - Interventi di tipo locale

INTERVENTI DI RINFORZO CON MATERIALI DI ULTIMA GENERAZIONE

INTERVENTI DI RINFORZO CON MATERIALI INNOVATIVI

- ✗ Confinamento con FRP
- ✗ Rinforzo a flessione con FRP
- ✗ Rinforzo a taglio con FRP
- ✗ Applicazione di FRCM anziché FRP
- ✗ Incamiciatura con ringrossi in FRC ad elevate prestazioni
- ✗ Rinforzo con il sistema CAM

CONFINAMENTO CON FRP

- ✖ Un appropriato confinamento degli elementi in c.a. può determinare un miglioramento delle proprietà meccaniche del calcestruzzo in condizioni ultime.
- ✖ Esso consente di incrementare resistenza e deformazione ultima per elementi caricati da sforzo normale centrato o con piccola eccentricità.
- ✖ Si riscontra inoltre un incremento di duttilità e, congiuntamente all'impiego di un rinforzo longitudinale, di resistenza ultima per elementi pressoinflessi. Vedere le Linee Guida e Circolare NTC

CONFINAMENTO CON FRP



RINFORZO A FLESSIONE CON FRP

- ✖ Tale rinforzo può essere realizzato, mediante materiali compositi (CFRP), disponendo tessuti unidirezionali o lamine pultruse in fibra di carbonio adesi in corrispondenza delle fibre tese dell'elemento strutturale.
- ✖ Se è previsto anche un rinforzo a taglio, esso potrà essere utilizzato anche come ancoraggio d'estremità del rinforzo a flessione. In alternativa, se il rinforzo è realizzato mediante incamiciatura di acciaio (beton-plaquè), si può disporre all'intradosso dell'elemento una lastra metallica di opportuno spessore (tipicamente 4-8 mm), fissata al supporto in c.a. con ancoraggi meccanici.

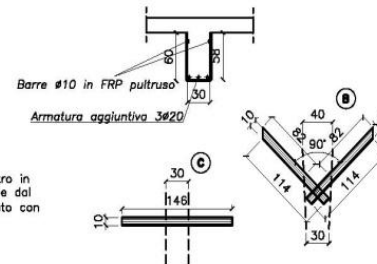
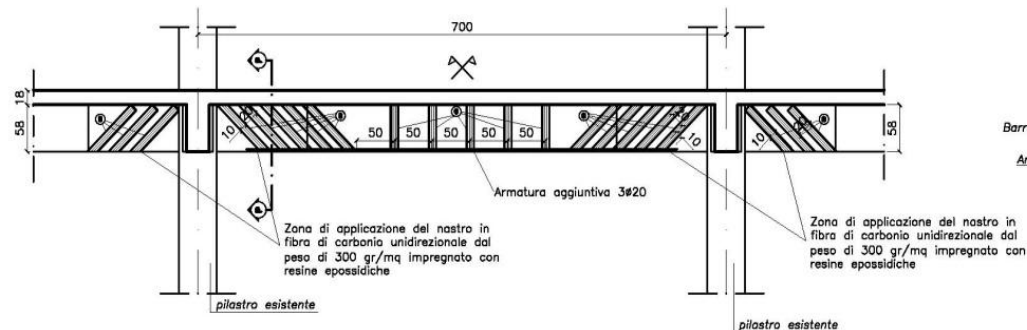
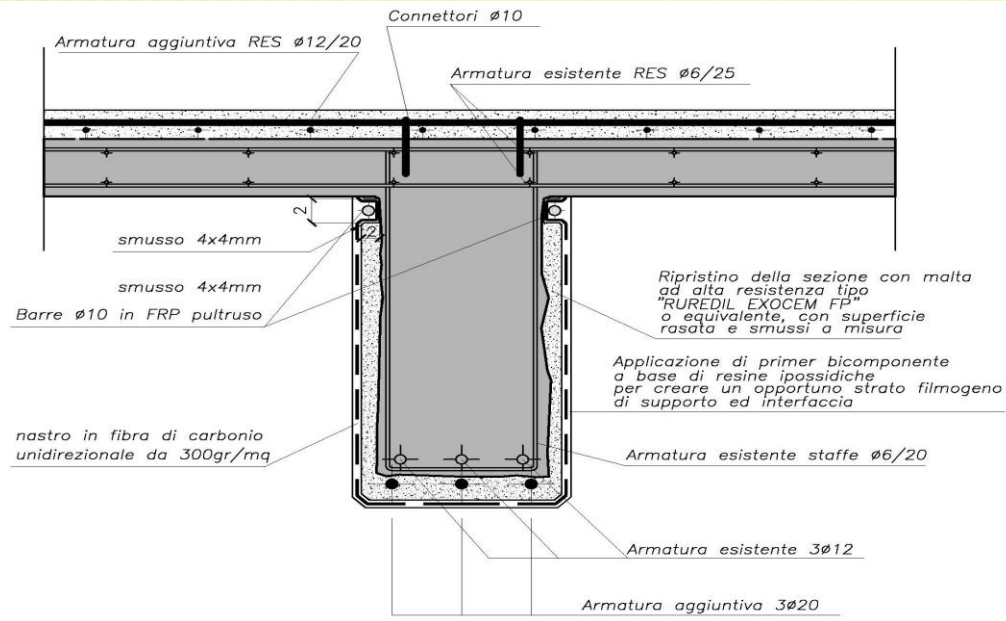
RINFORZO A FLESSIONE CON FRP



RINFORZO A FLESSIONE CON FRP



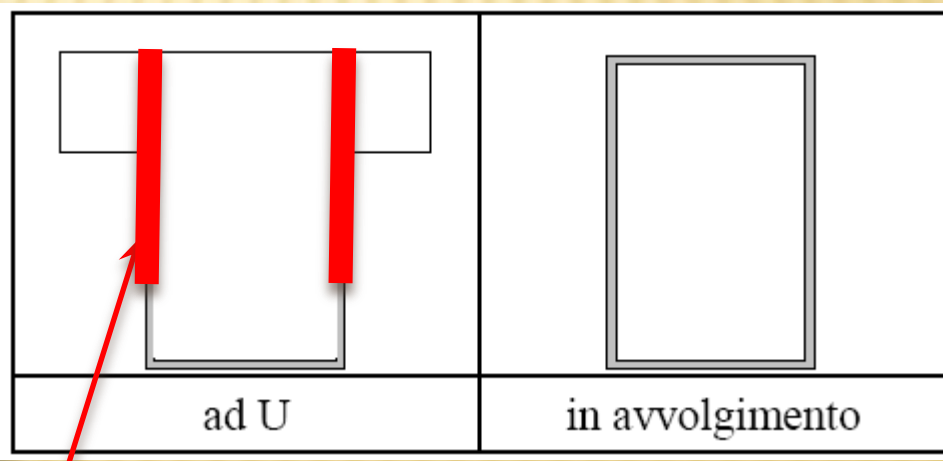
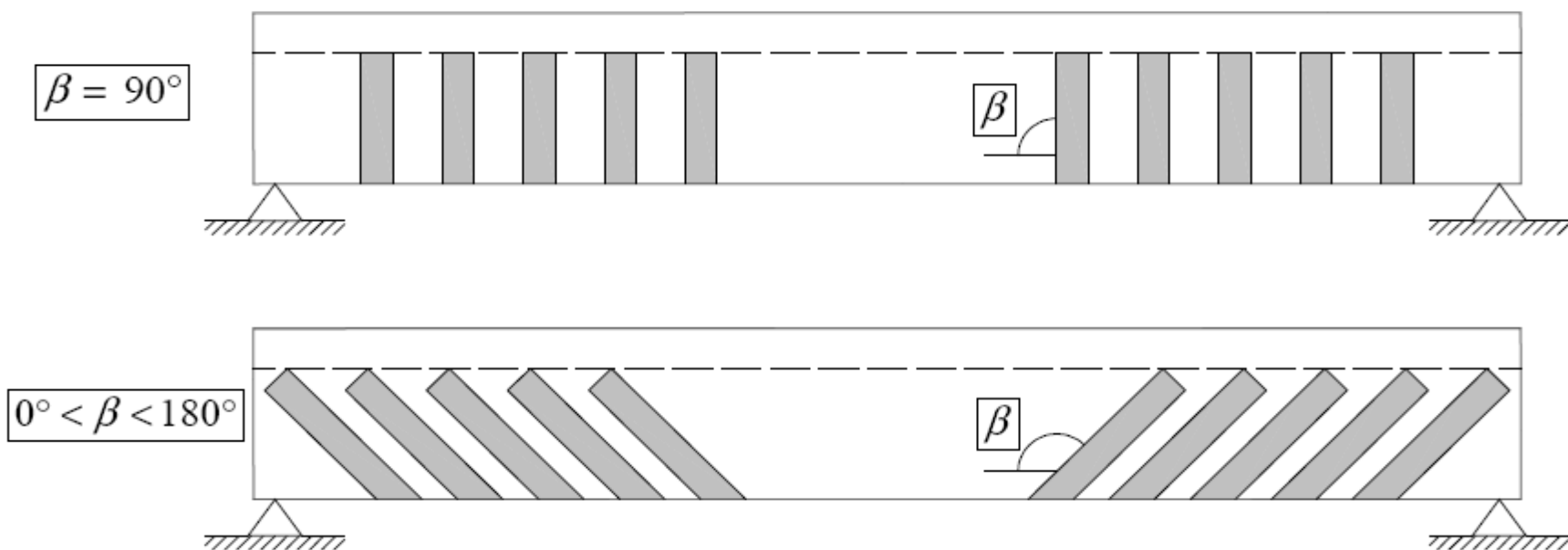
RINFORZO A TENSIONE COME FIBRA



RINFORZO A TAGLIO

- ✗ Questo tipo di rinforzo può essere realizzato, mediante materiali compositi, disponendo tessuti unidirezionali in fibra di carbonio secondo la direzione parallela alle staffe metalliche interne, estesi per la maggiore lunghezza possibile sulla superficie laterale della trave. Si può prevedere l'applicazione di rinforzo discontinuo ovvero continuo; laddove possibile, è raccomandabile disporre fioccatore di ancoraggio di tale rinforzo.

RINFORZO A TAGLIO



In caso di rinforzo ad U è opportuno inserire fioccatore per migliorare l'aderenza

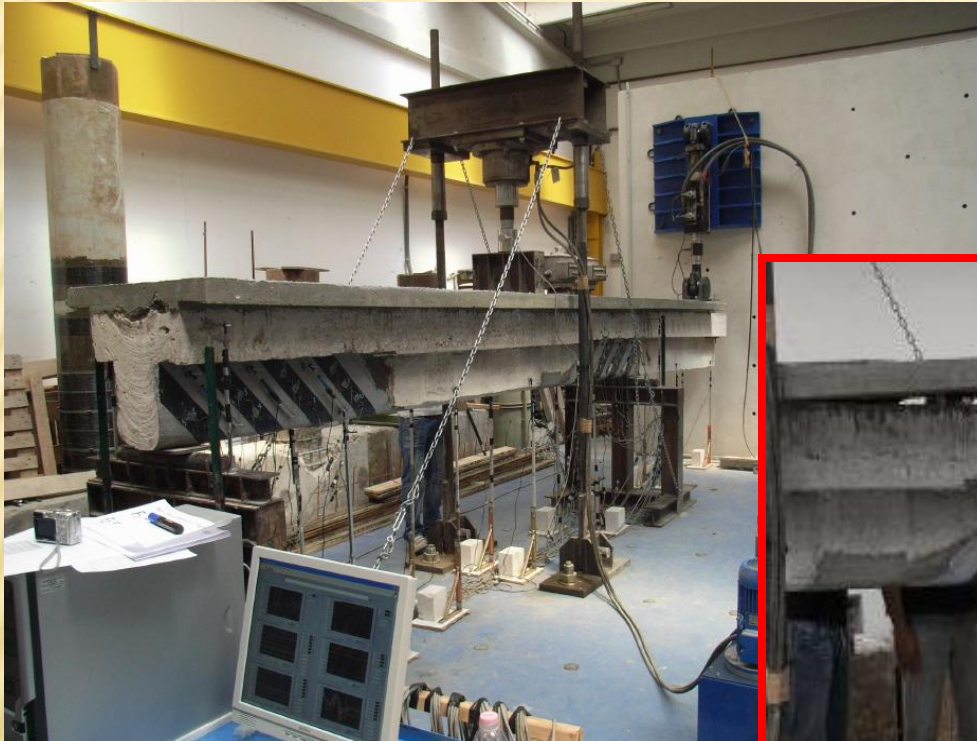
RINFORZO A TAGLIO SE LA TRAVE È CONTINUA?



RINFORZO A TAGLIO SE LA TRAVE È CONTINUA? (2)



RINFORZO A TAGLIO SE LA TRAVE È CONTINUA? (3)



FRP: PECULIARITÀ

FRP = Fiber Reinforced Polimer

Strisce di fibra (carbonio, vetro, ecc.)

+

Polimero (resina epossidica)

vantaggi

- ✗ Elevata deformabilità
- ✗ Elevata resistenza a trazione

svantaggi

- ✗ Scarsa resistenza al calore
- ✗ Permeabilità non comparabile al supporto
- ✗ Applicabilità solo se il supporto è privo d'umidità
- ✗ Inapplicabilità su superfici scabre ed irregolari (necessità di rasatura)

FRCM: PECULIARITÀ

FRCM = Fiber Reinforced Cementitious Matrix

Strisce di fibra (carbonio, vetro, ecc.)

+

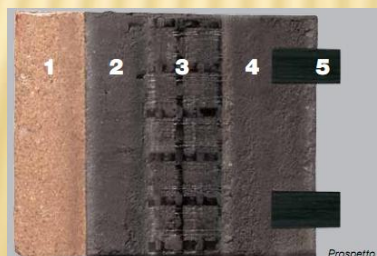
Matrice inorganica pozzolanica
stabilizzata

svantaggi

- ✗ Caratteristiche meccaniche di una malta fibrorinforzata (bassa resistenza ed elasticità)

vantaggi

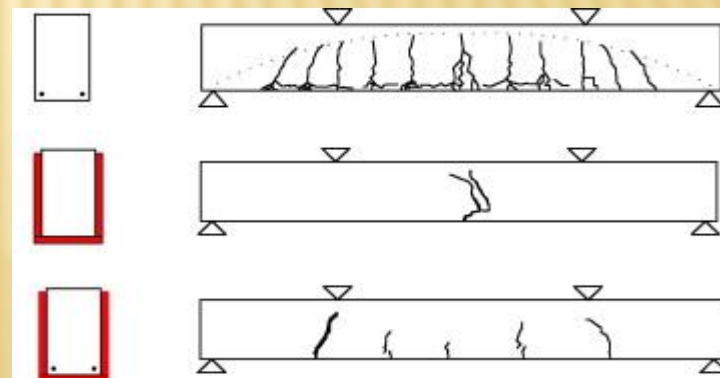
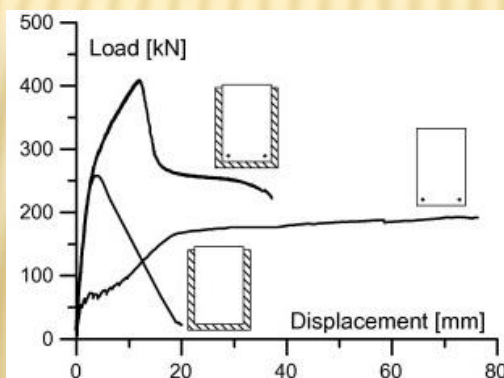
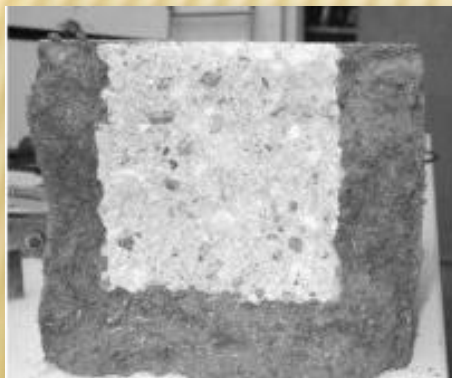
- + Resistenza al fuoco identica a quella del supporto.
- + Permeabilità comparabile al supporto.
- + Applicabilità su supporti umidi.
- + Facilità di applicazione anche su superfici scabre ed irregolari e di manipolazione.



1. Supporto da rinforzare
2. Primo strato di matrice pozzolanica
3. Composito ad elevate prestazioni
4. Secondo strato di matrice pozzolanica
5. Connessioni

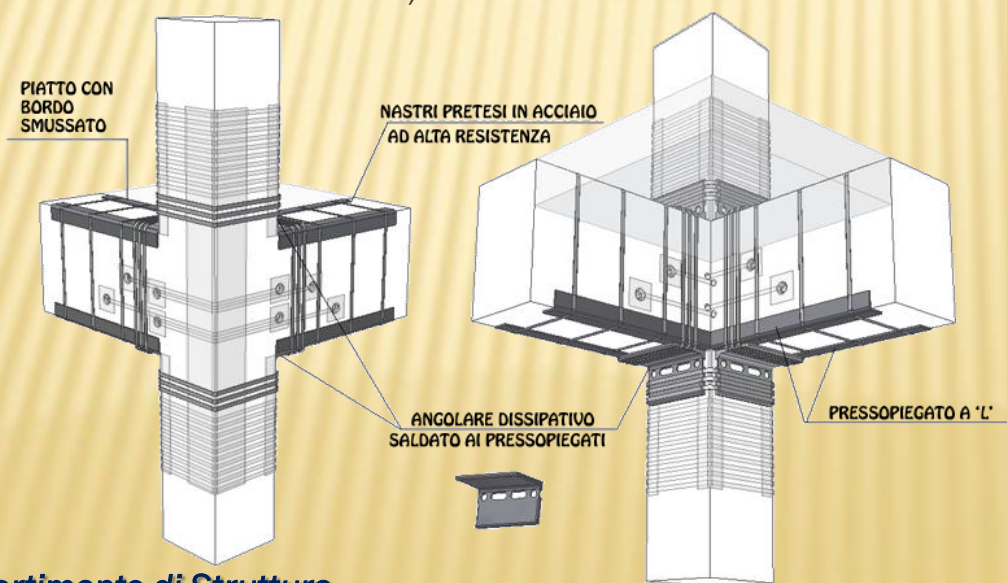
RINGROSSI IN FRC AD ELEVATE PRESTAZIONI

- ✗ Il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) è un materiale molto promettente: l'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia modifica le proprietà meccaniche del calcestruzzo, migliorandone il comportamento a trazione e contrastando l'apertura progressiva delle fessure.
- ✗ L'ottimizzazione del rinforzo può prevedere anche l'utilizzo contemporaneo di fibre (per gli sforzi diffusi) e di armatura convenzionale (per gli sforzi localizzati in alcune zone dell'elemento).
- ✗ La tipologia di rinforzo è analoga alla tecnica dell'incamiciatura in c.a.. In questo caso, però, il ringrosso è realizzato con calcestruzzo fibrorinforzato ad elevate prestazioni (HPFRC). Il vantaggio è quello di ottenere un livello di resistenza strutturale ottimale a fronte di una buona resistenza al fuoco, permeabilità ed applicabilità su supporti umidi. L'utilizzo di fibre ad elevata resistenza nella matrice cementizia permette inoltre di realizzare rinforzi di spessore modesto.
- ✗ La tecnologia è efficace per il rinforzo flessionale
- ✗ Studi recenti hanno evidenziato l'efficacia del sistema anche per rinforzo a taglio e sotto carichi ciclici



RINFORZO CON IL SISTEMA CAM

- ✖ Il sistema CAM (Cerchiaggio Attivo dei Manufatti) rappresenta una tipologia d'intervento di cerchiaggio. Esso si realizza mediante angolari a spigoli smussati e nastri in acciaio ad elevata resistenza di spessore 0.8 mm, messi in opera con una pretensione tale da garantire un benefico stato di precompressione nel calcestruzzo ed un'immediata efficacia sotto incrementi di carico.
- ✖ Il sistema CAM è applicabile quando si devono conferire incrementi di resistenza e duttilità a elementi strutturali in c.a. Il sistema assicura un miglioramento della resistenza a taglio degli elementi ed un miglioramento della resistenza a pressoflessione. A causa del confinamento si verifica poi un notevole aumento della duttilità del calcestruzzo. Inoltre l'elemento rinforzato con questa tecnica non collassa per raggiungimento di una resistenza limite del cls non cerchiato (come accade con le cerchiature passive).
- ✖ I ridotti spessori e la flessibilità dei nastri di acciaio rendono agevole la loro posa in opera anche in spazi ristretti, ad esempio in presenza delle tubazioni di impianti tecnologici (acqua, gas, elettricità, etc.), minimizzando altresì le demolizioni delle parti non strutturali a contatto con i pilastri (tamponature e tramezzature).

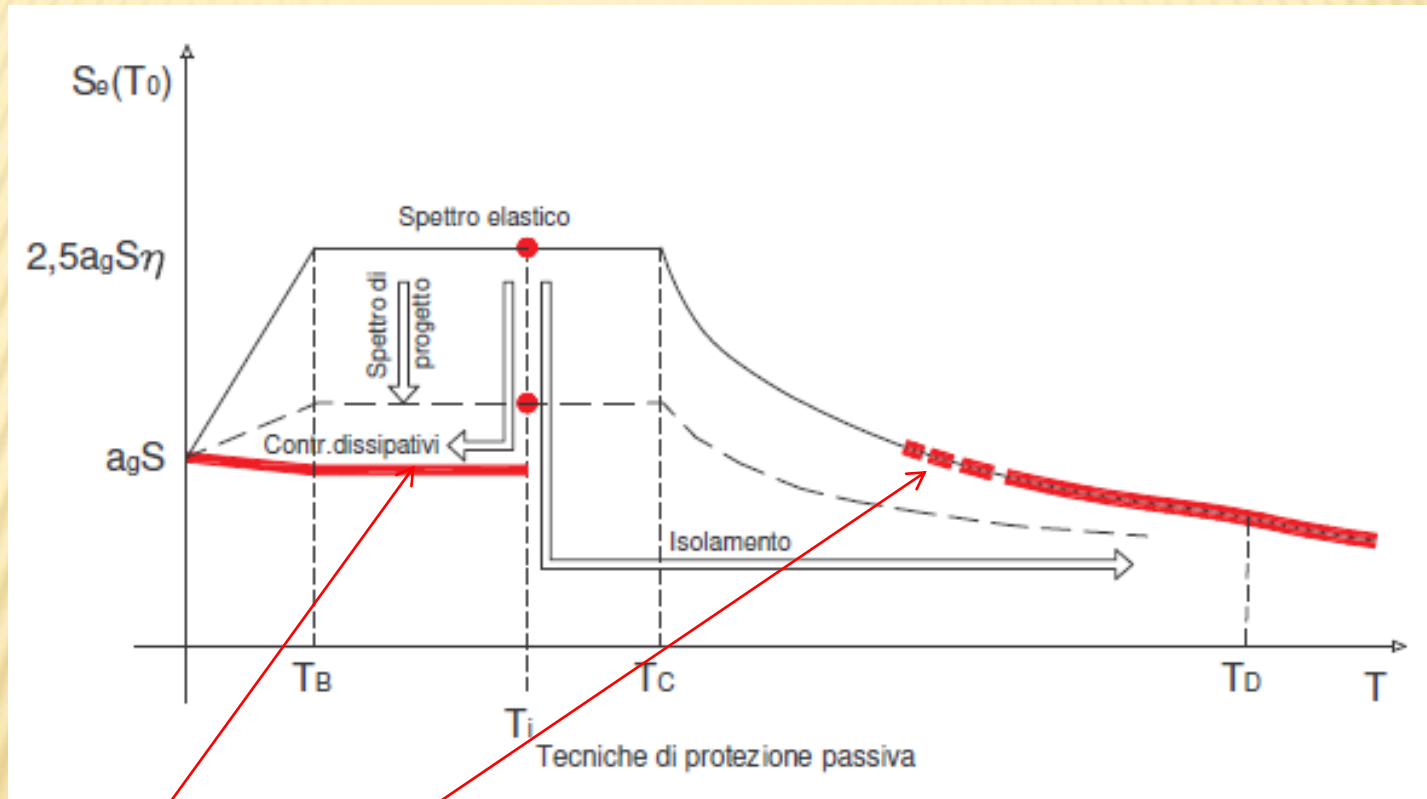


Riduzione della domanda - Le tecniche di protezione passiva operano sull'energia in input nella struttura (sistemi di isolamento) e sull'energia dissipata (controventi dissipativi). In tal modo l'impegno della struttura in campo non lineare viene drasticamente ridotto e, conseguentemente, lo sono i danni che l'opera nel suo complesso subisce, anche per terremoti molto violenti.

I dispositivi, appositamente concepiti e progettati, sono in grado di sostenere senza danni tali terremoti ed eventuali repliche.

6 - PROTEZIONE PASSIVA

RIDUZIONE DELLA DOMANDA



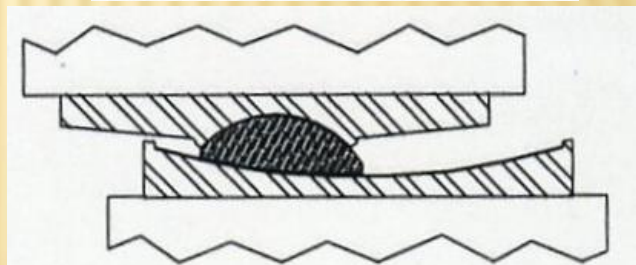
- L'**isolamento alla base** tende a ridurre la sollecitazione sismica incrementando il periodo della struttura
- I **controventi dissipativi** incrementano l'energia dissipata (abbattimento dello spettro di risposta elastico) ed irrigidiscono la struttura

ISOLAMENTO SISMICO

- ✗ L'intervento di isolamento consiste nel taglio dei pilastri e nell'inserimento degli apparecchi di isolamento (elastomerici o del tipo *friction pendulum*).



Isolatore elastometrico

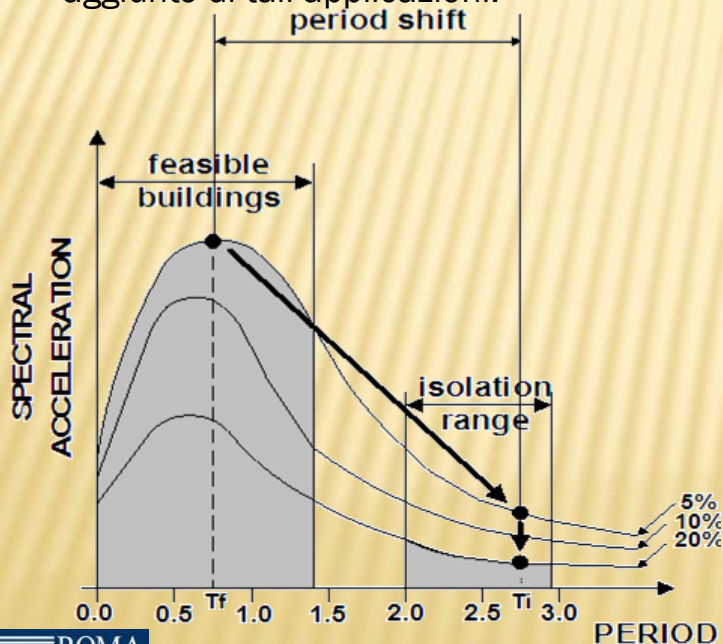


Isolatore tipo friction pendulum

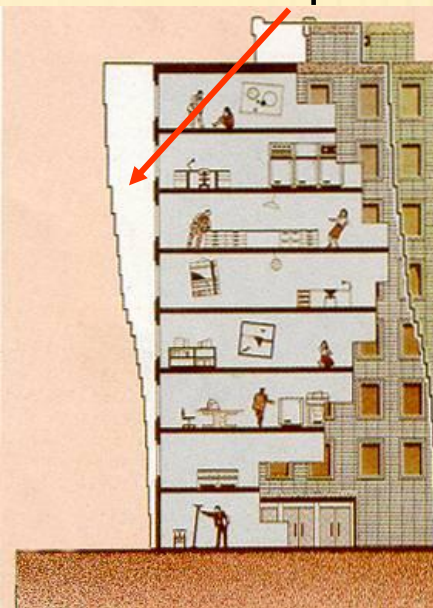
$$\begin{aligned} \text{Period } T &= 2\pi\sqrt{R/g} \\ \text{Stiffness } K &= W/R \end{aligned}$$

ISOLAMENTO SISMICO

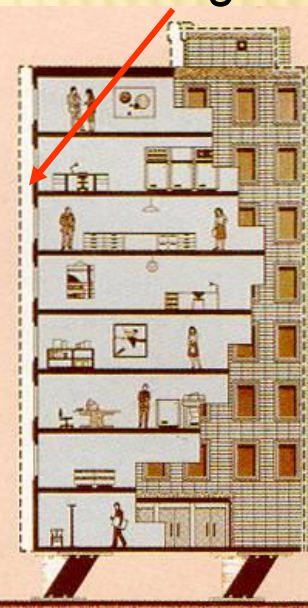
La capacità di mantenere praticamente intatta l'intera costruzione, nelle parti strutturali e non, rendono l'applicazione dell'isolamento sismico particolarmente adatta ed auspicabile almeno per le opere e le infrastrutture strategiche per funzione e rilevanti per contenuto. La capacità di proteggere anche i contenuti incrementa sensibilmente il valore aggiunto di tali applicazioni.



Drift interpiano



Moto rigido

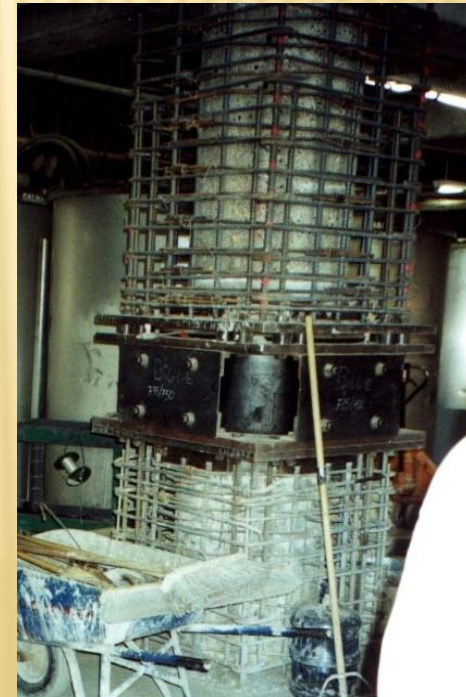


Sebbene già fossero state prodotte linee guida e istruzioni [Dolce et al.1991, Berardi et al. 1993, Consiglio Superiore LLPP 1998], una grande spinta all'utilizzo dell'isolamento sismico è stata determinata dalla trattazione presente negli allegati 2 e 3 dell'OPCM 3274/2003 e delle successive modifiche e integrazioni.

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 l'isolamento sismico viene presentato nel punto 7.10, con una trattazione unificata per ponti ed edifici. Tutto ciò che riguarda i dispositivi è trattato separatamente nel punto 11.9, seguendo un approccio analogo a quello delle norme europee. Nella circolare esplicativa delle **NTC08** vengono forniti ulteriori commenti e spiegazioni sui concetti della progettazione con isolamento sismico.

PROTEZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE

- ✓ Interventi di tipo tradizionale
- ✓ Interventi di rinforzo con materiali di ultima generazione
- ✓ Protezione attiva e semiattiva
- ✓ Protezione passiva



ISOLAMENTO SISMICO

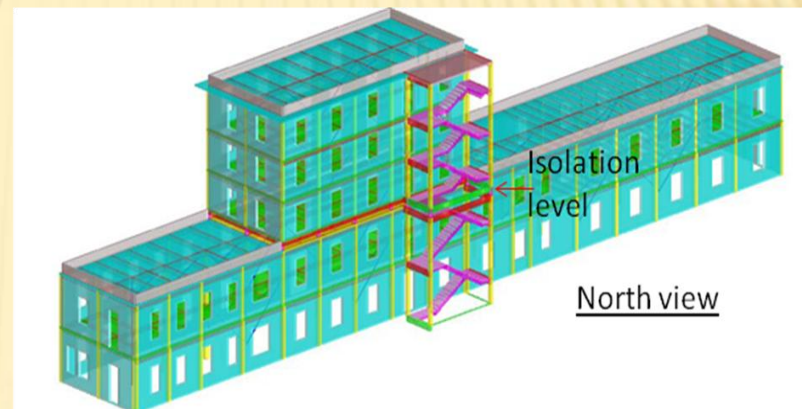
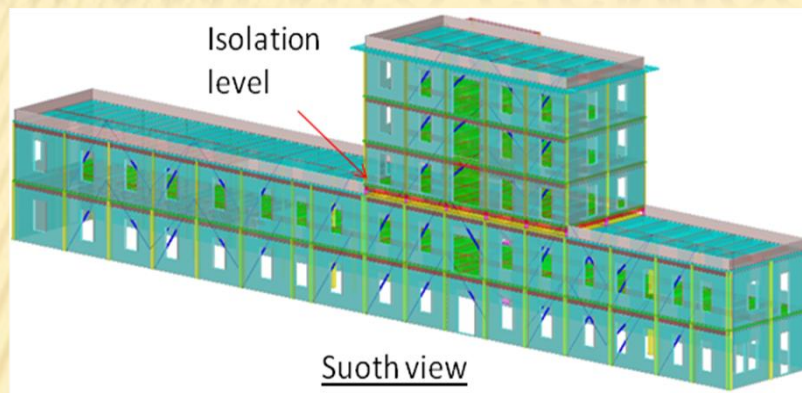
Tradizionalmente i sistemi di isolamento sismico sono introdotti alla base delle strutture



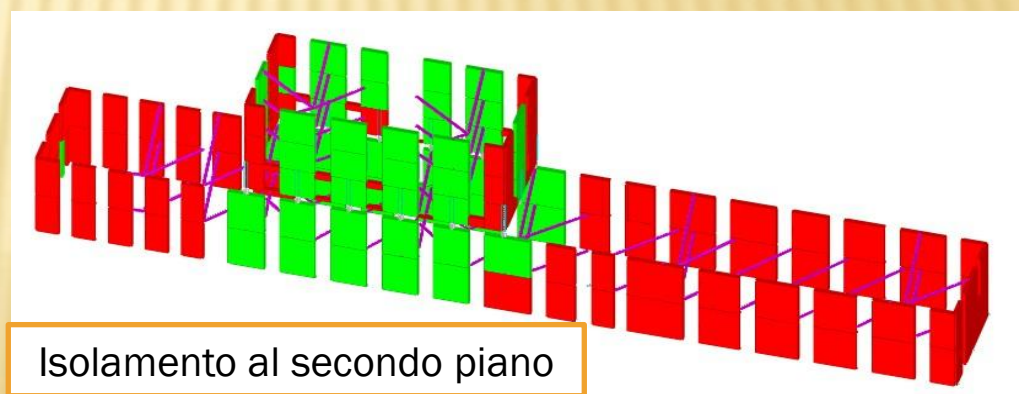
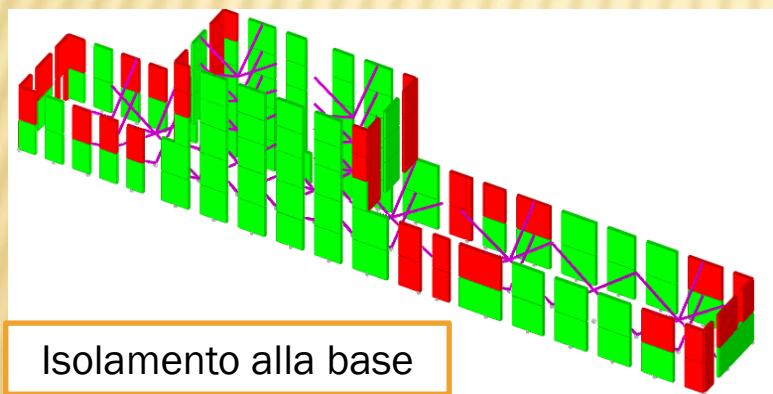
Linea di taglio per l'isolamento

Per strutture fortemente irregolari in altezza, tuttavia, è preferibile inserire tali sistemi ai piani superiori, in maniera da eliminare gli effetti dell'irregolarità

ISOLAMENTO SISMICO

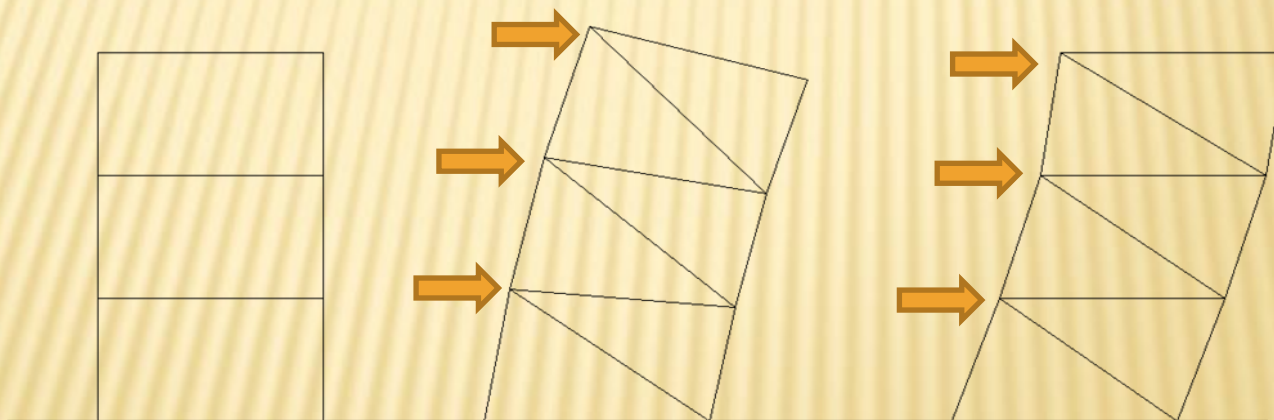


- l'isolamento alla base riduca drasticamente l'impegno dei pannelli murari,
- l'isolamento in corrispondenza dell'irregolarità elimina la irregolarità
 - è meno onerosa (meno tagli)
 - rende più agevoli l'ispezione e la sostituzione degli isolatori.
 - lo stato di sollecitazione nelle tamponature è minimizzato rinforzando delle stesse



CONTROVENTI DISSIPATIVI

.....
Facendo riferimento alle forme tipiche degli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e degli spostamenti, il comportamento di una struttura dotata di dispositivi dissipativi, assimilata ad oscillatore elementare, può essere interpretato osservando che l'introduzione del sistema di dissipazione produce un aumento dello smorzamento e, se il sistema determina un irrigidimento della struttura, una riduzione del periodo, oltre che, per molti sistemi di uso corrente, un aumento della resistenza complessiva. Ciò determina una sensibile riduzione degli spostamenti complessivi (v. spettro degli spostamenti) e, quindi, degli spostamenti interpiano, con conseguente riduzione dei danni agli elementi strutturali e non [C7A.10.1].

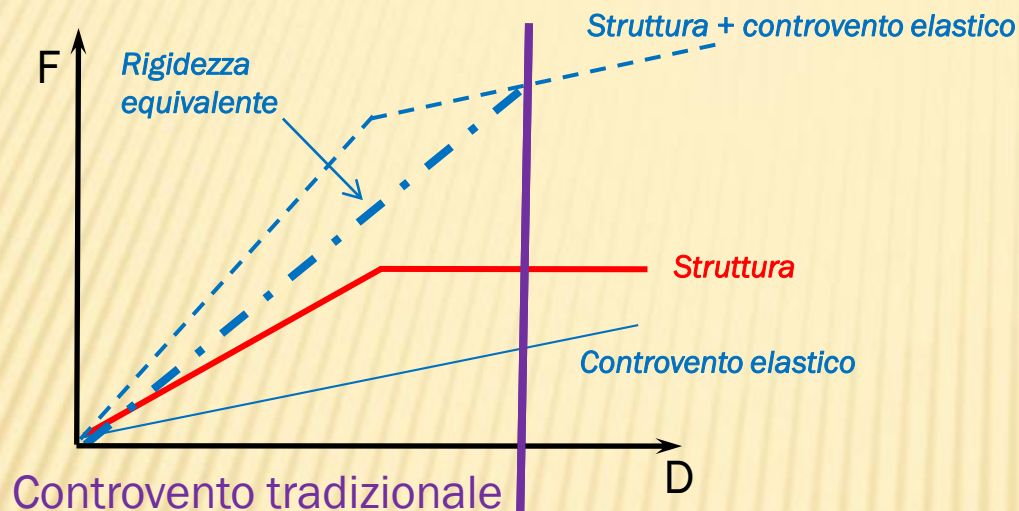


es. struttura esistente
Comportamento “shear
type”

controventi convenzionali:
elastici
Comportamento a
“mensola”

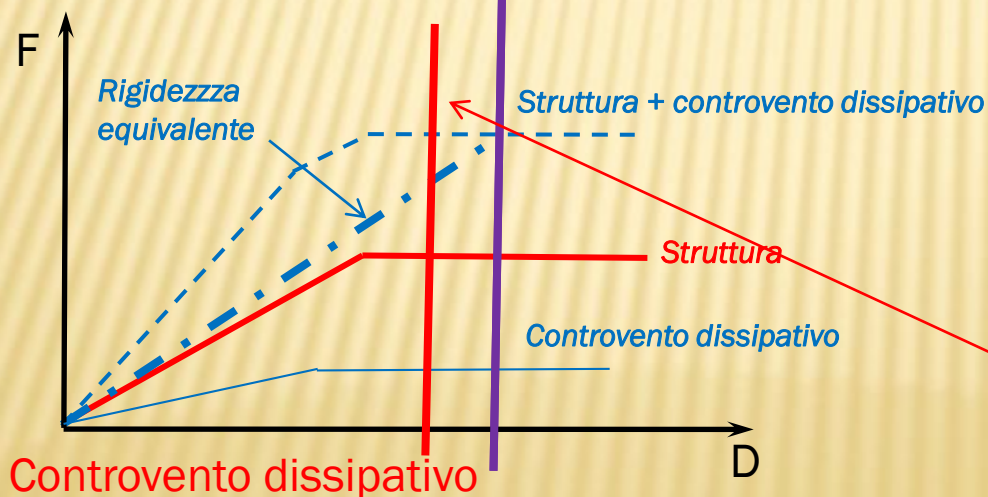
controventi dissipativi
Comportamento “shear type”

CONTROVENTI DISSIPATIVI



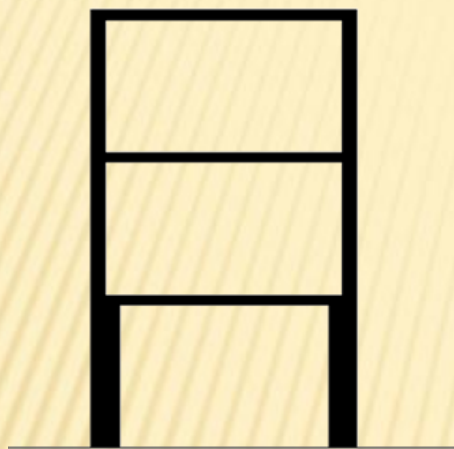
✓ Un controvento tradizionale rimane elastico e dunque irrigidisce la struttura

- I controventi possono modificare lo stato di sollecitazione e quindi il comportamento strutturale globale: es da telaio a mensola
- Certamente aumentano le sollecitazioni (taglio alla base)
- Certamente si riducono gli spostamenti
- Lo smorzamento equivalente si riduce

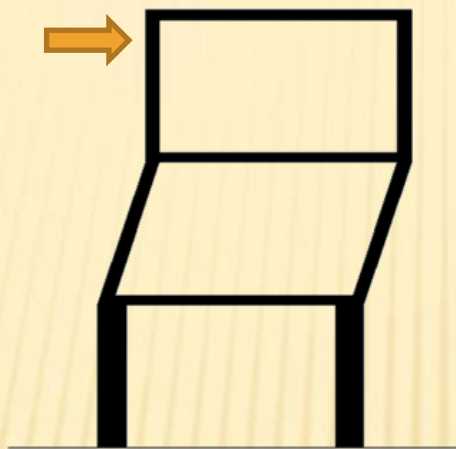


✓ Un controvento dissipativo oltre ad irrigidire la struttura incrementa la dissipazione – riduce la domanda

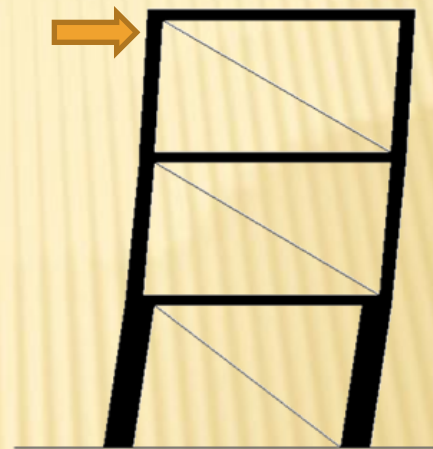
CONTROVENTI DISSIPATIVI



es. struttura esistente
Irregolare in elevazione



Struttura esistente:
Deformata irregolare
a causa dei pilastri
tozzi al primo ordine



Struttura controventata:
Deformata regolarizzata da
una opportuna distribuzione
delle rigidezze

NB: Così come in elevazione le rigidezze dei controventi possono eliminare anche irregolarità in pianta.

La rigidezza conferita dai controventi dissipativi regolarizza, la dissipazione riduce le sollecitazioni

CONTROVENTI DISSIPATIVI

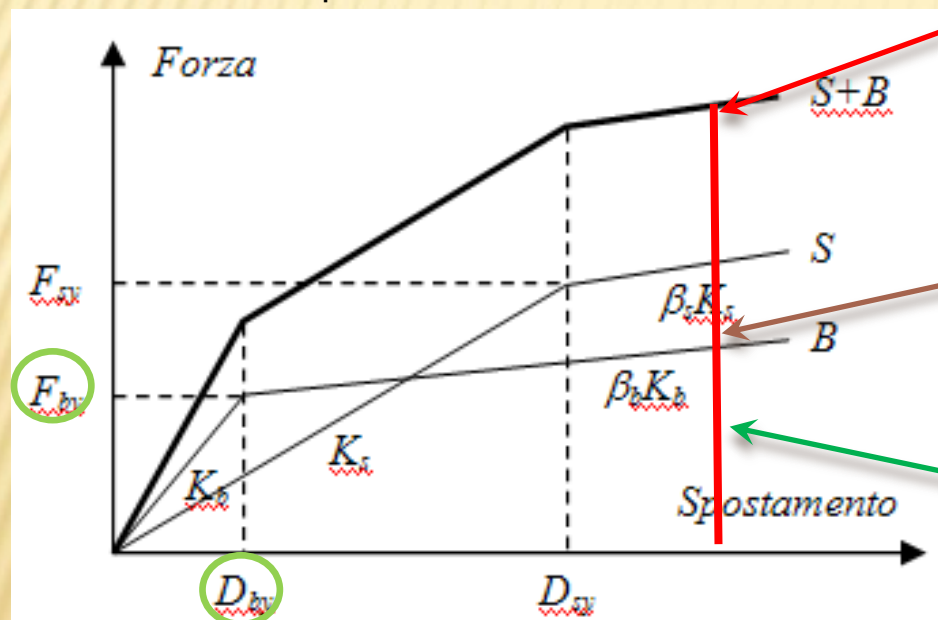
Criteri progettuali

- **La posizione dei controventi influenza**
 - la deformata della struttura (ne modifica le forme modali)
 - l'efficacia dello smorzamento dei dissipatori
- **L'inserimento dei controventi dovrebbe**
 - ridurre/eliminare eventuali accoppiamenti roto-traslazionali
 - indurre spostamenti di interpiano costanti o linearmente crescenti
 - massimizzare lo smorzamento
- **La distribuzione delle rigidezze dei controventi può essere assunta**
 - proporzionale agli spostamenti di interpiano
- ✗ Che si plasticizzino contemporaneamente
- ✗ possono essere adottati anche altri criteri

CONTROVENTI DISSIPATIVI

Procedura semplificata di dimensionamento

1. Si esegue una analisi statica non lineare sulla struttura esistente
2. Si ipotizza una distribuzione di controventi
3. Si esegue una analisi statica non lineare ricavando la curva di spinta S+B
4. Si determina per differenza il contributo dovuto ai soli controventi



2) Dall' analisi sulla struttura controventata

$$v_{eq,S+B}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*) + E_{D,B}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$

$$E_{S,S+B} = \frac{1}{2} \cdot F_{S,S+B} D_{S,S+B}$$

1) Dall' analisi sulla struttura esistente

$$E_{D,S+B}(D_t^*) = E_{D,S}(D_t^*) + E_{D,B}(D_t^*)$$

3) Si deduce dalla curva ricavata per differenza

$$E_{D,B} = 4 \cdot (D_S F_{sy,B} - D_{sy,S+B} F_S)$$

Note le caratteristiche dei controventi $F_{sy,B}$ e $D_{sy,B}$ posso determinare $E_{D,B}$

Ipotesi fatte

1. Il comportamento strutturale non cambia salvo una maggiore regolarità (solo se $D_{sy,B} < D_{sy}$ ovvero i controventi entrano in campo plastico molto prima della struttura originaria)
2. E' possibile studiare la dissipazione dovuta ai controventi sulla base della curva di spinta S+B

La procedura illustrata è utile per un predimensionamento e porta ad un errore di circa il 10% nella stima dello smorzamento viscoso equivalente.

7 - Verifiche di agibilità, progetti per richieste di contributo attività di controllo,

IL CASO DEL TERREMOTO DELL'AQUILA

VALUTAZIONE DELL'AGIBILITÀ DOPO SISMA DEL 6.04.09

+classificati gli edifici in funzione del tipo di danno subito.

+due macrocategorie di danneggiamento:

- × **Esito B,C:** l'edificio

- × è almeno in parte inagibile,
- × è sufficiente eseguire alcuni provvedimenti di pronto intervento per poterlo utilizzare in tutte le sue parti, senza pericolo per i residenti.

- × **Esito E:** l'edificio

- × non può essere utilizzato a seguito di provvedimenti di pronto intervento.
- × Questo non vuol dire che i danni non siano riparabili, ma che la riparazione richiede un intervento mirato al recupero di elementi strutturali danneggiati.

VERIFICHE DI AGIBILITA': RISULTATI

Sono stati eseguiti oltre 80.000 sopralluoghi finalizzati a verificare le condizioni di sicurezza dei corpi di fabbrica.

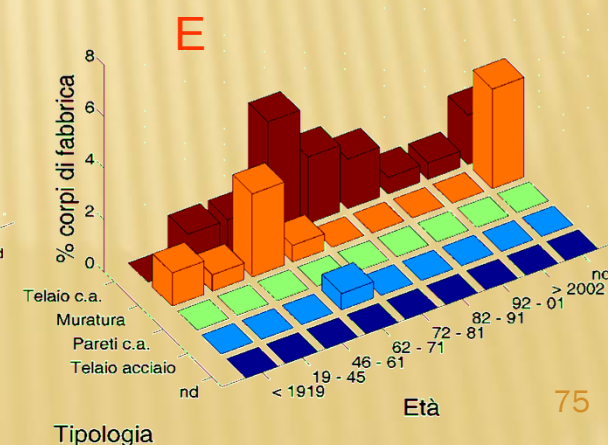
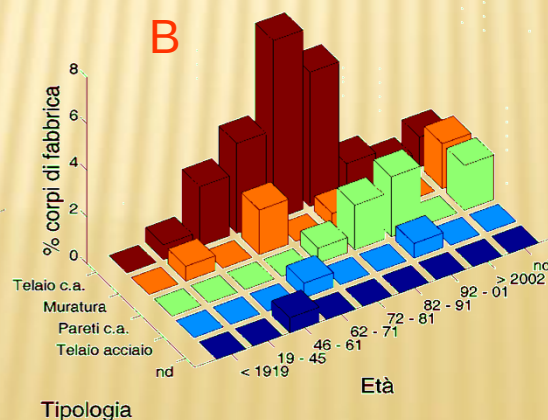
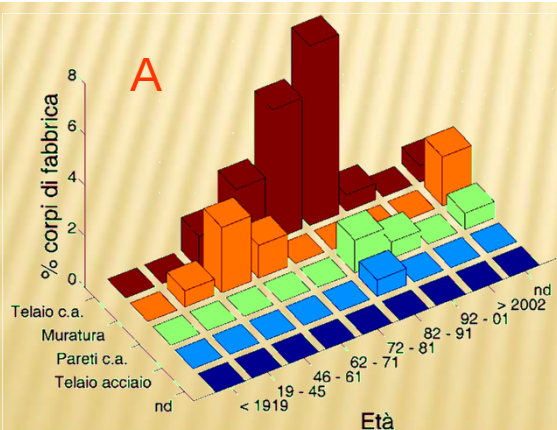
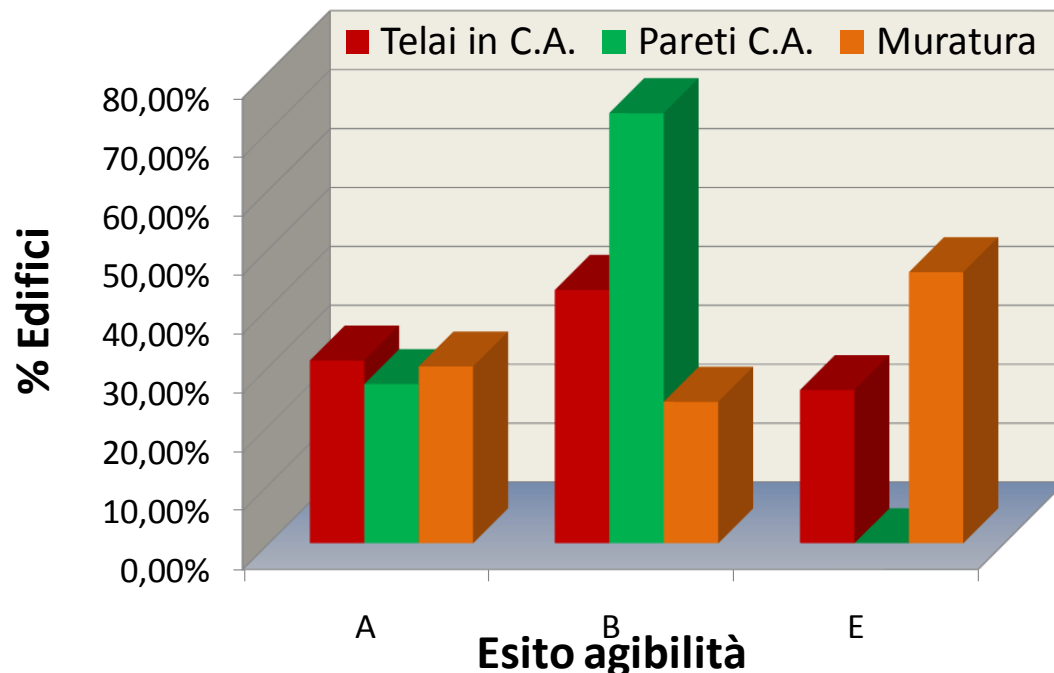
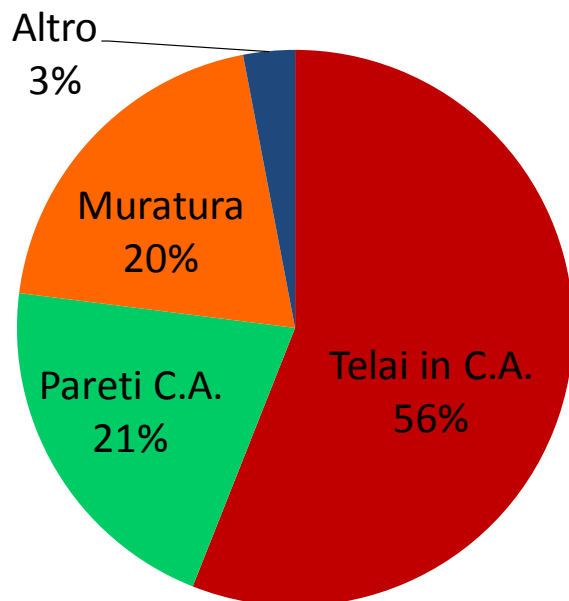
	EDIFICI PRIVATI	EDIFICI PUBBLICI	PATRIMONIO CULTURALE
AGIBILE	50%	52%	24%
PARZIALMENTE O TEMPORANEAMENTE AGIBILE	15% (11850)	24% (552)	9% (158)
TOTALMENTE INAGIBILE	25% (19750)	18% (414)	54% (952)
NUM. SOPRALLUOGHI	79000	2300	1763

VERIFICHE DI AGIBILITÀ - SCUOLE



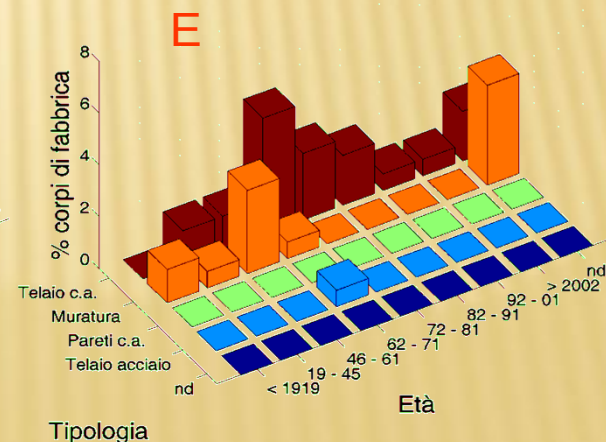
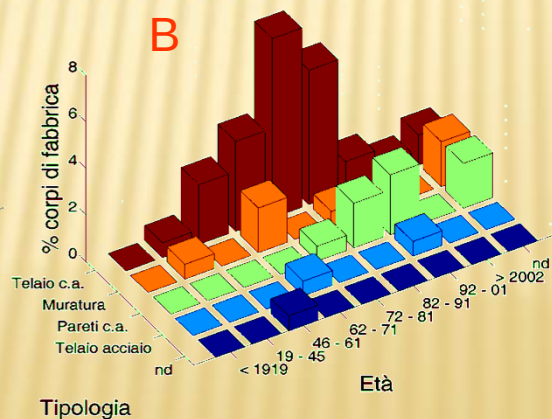
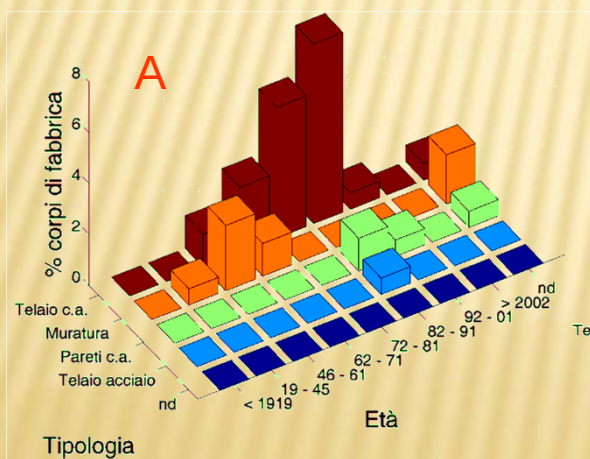
VERIFICHE DI AGIBILITÀ - SCUOLE

TIPOLOGIE EDIFICI



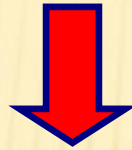
SINTESI DEI RISULTATI DELLE AGIBILITÀ

- Edifici a pareti hanno avuto pochi danni seri (nessun E)
- Edifici a telaio antecedenti gli anni '70 sono i più vulnerabili
- Edifici in muratura del '900 sono molto vulnerabili (in genere bassi)



ITER DELLA RICOSTRUZIONE

Proprietari
(Migliaia di edifici danneggiati)



Progettista
Consegna pratica di recupero al Comune

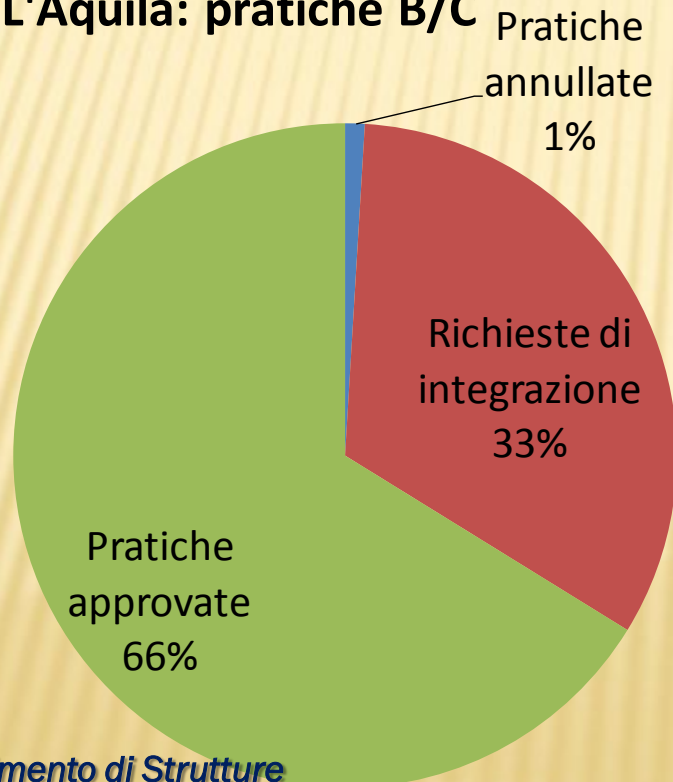


Comune
Verifica regolarità formali
Valutazione per **concessione contributo**

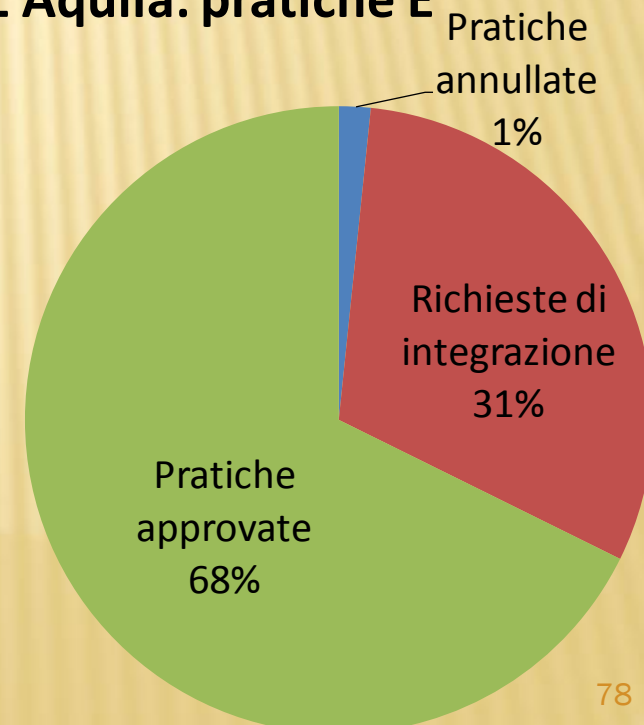
VERIFICHE DI AGIBILITA' VS RICHIESTE DI FINANZIAMENTO

- 20.000 edifici danneggiati (pratiche Agibilità)
- ad oggi consegnate 12.374 richieste di finanziamento (ossia 2.000-3.000 edifici) di cui:
 - 8.251 sono pratiche di strutture B (2.000 edifici),
 - 1.081 C (250 edifici)
 - 2.993 E (750 edifici)

L'Aquila: pratiche B/C



L'Aquila: pratiche E



PRINCIPALI CRITICITÀ RISCONTRATE

- ✗ Struttura nel complesso non resistente alle azioni orizzontali
- ✗ Solai e travi (sia principali che secondarie) incapaci di sostenere i carichi verticali
- ✗ Indadeguatezza dei giunti tra corpi in fabbrica contigui
- ✗ Assenza di staffe nei nodi trave-pilastro
- ✗ Pilastri ammalorati (cls e acciaio), insufficienti ai carichi orizzontali
- ✗ Pilastri non duttili
- ✗ Rottura/ribaltamento delle tamponature
- ✗ Muri contro terra assenti e/o privi di intercapedini e dreni

RELUIS: ATTIVITÀ ISTRUTTORIA

Criteri di valutazione delle pratiche di richiesta contributo:

- ✗ Coerenza tra gli interventi di riparazione previsti ed i danni descritti (incluso l'impiantistica)
- ✗ Coerenza tra gli interventi previsti e le prescrizioni del DM 14.01.08 e della relativa Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009
- ✗ Coerenza tra gli interventi previsti e le prescrizioni di ordinanze ed indirizzi del D.P.C.

CONTRIBUTO IN FUNZIONE DEGLI ESITI DI AGIBILITÀ

A ciascun esito di agibilità è associato un criterio di ammissibilità a contributo

- ✗ Esito A: fino a 10,000 €
- ✗ Esiti B e C (OPCM 3779): rimborso costi di riparazione + contributo per interventi migliorativi (max 150 €/m²)
- ✗ Esito E (OPCM 3790): rimborso costi di riparazione + contributo per interventi migliorativi (max 250 €/m² o 400-600 €/m²)

CONTRIBUTI MAX PER CLASSIFICAZIONE **E** (ESITI DI AGIBILITÀ)

- ✖ 250 €/m² per rafforzamento locale (struttura trattata come B; resistenza pre sisma $R > 60\%$ resistenza adeguamento)
- ✖ 400 €/m² resistenza pre sisma $R < 60\%$ adeguamento (raggiungimento del 60% resistenza adeguamento)
- ✖ 600 €/m² resistenza pre sisma $R < 60\%$ adeguamento (raggiungimento del 80% adeguamento)
- ✖ Chi è il “Bravo progettista” ?
 - ✖ Colui che dimostra che $R < 60\%$
 - ✖ questo è ovvio considerando meccanismi fragili
 - ✖ forse $R > 60\%$ per i meccanismi duttili

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO EDIFICI PRIVATI

- ✗ Costi: interventi devono rispettare l'ordinanza OPCM 3779, che fornisce un limite massimo di contributo in funzione del tipo di danno accertato
 - + si realizzano interventi che massimizzano i costi (nei limiti previsti nelle succitate ordinanze) senza una ottimizzazione dell'intervento, che potrebbe essere altrettanto efficace con minori costi
- ✗ Si vedrà che negli interventi pubblici, si è più portati ad ottimizzare i costi massimizzando l'efficacia dell'intervento di miglioramento (Vi è un limite di spesa previsto)

RICHIESTE ENTE CONTROLLO TECNICO (RELUIS)

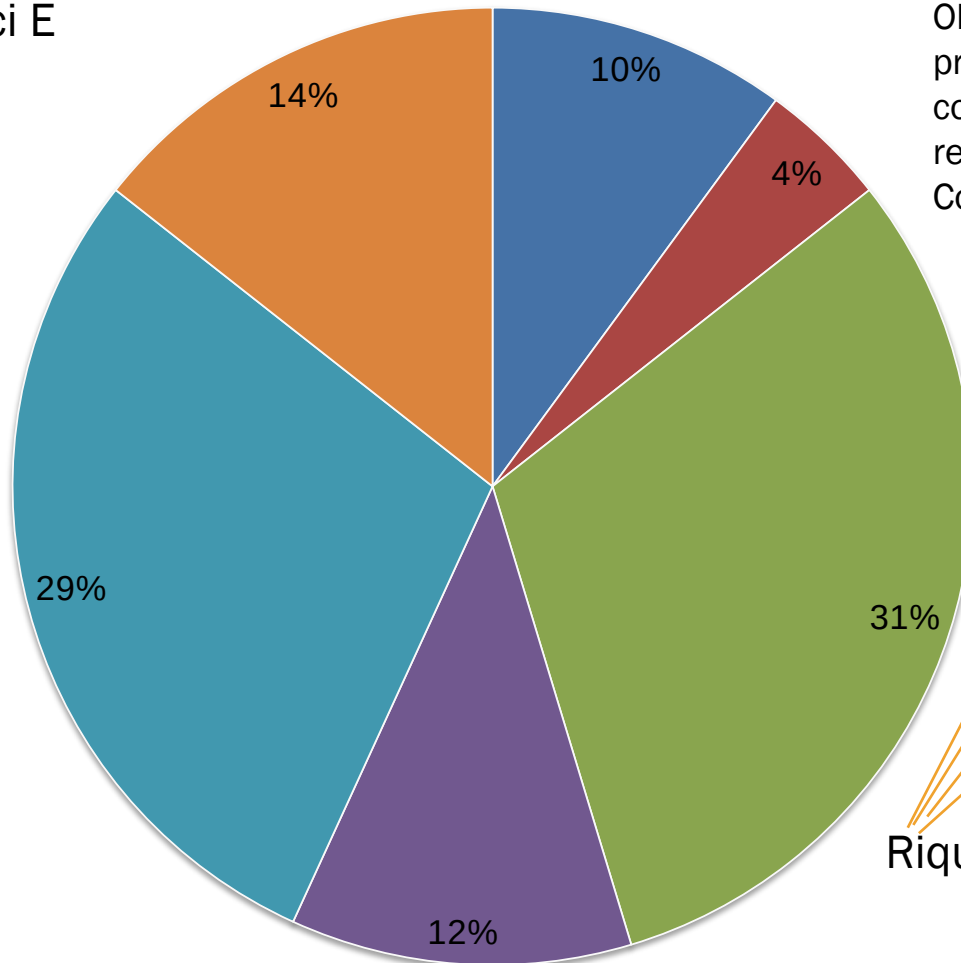
- ✗ Progetti spesso presentati come mero output programma di calcolo.
- ✗ Manca la discussione ed illustrazione di problemi e scelte
- ✗ In merito alla valutazione della sicurezza è necessario :
 - + Modellazione globale (ante e post-operam)
 - + Valutazione deformabilità (ante e post-operam)
 - + Valutazione resistenze (ante e post-operam)
 - + Valutazione di domanda e la capacità degli elementi (ante e post-operam)
 - + Periodo proprio della struttura (ante e post-operam)
 - + Interventi locali (criteri di scelta e calcoli)
 - + Smorzamento indotto dai dissipatori
 - + Ecc

8 - Interventi su edifici privati con esito E

TIPOLOGIE INTERVENTI - CASO DE L'AQUILA

STATISTICHE INTERVENTI - L'AQUILA

Edifici E



limite di convenienza (art. 5 comma 4 OPCM n. 3881 e s.m.i.) somma dei singoli progetti relativi alle unità immobiliari che compongono l'edificio e del progetto relativo alle parti comuni.

Costo < edificazione edilizia economica

INTERVENTO PRINCIPALE

- Fondazioni
- CAM/Beton Plaquè
- FRP
- Controventi
- Ringrossi/Setti
- Isolamento

Riquadrati quelli discussi in seguito

FRP - PRINCIPALI PROBLEMATICHE

- ✗ Dimensionamento dei rinforzi
- ✗ Confronto tra domanda e la capacità di elementi rinforzati (ante e post-operam)
- ✗ Giustificazione della disposizione dei rinforzi
- ✗ Dettagli della disposizione dei rinforzi
- ✗ Modalità di ancoraggio del rinforzo agli elementi strutturali preesistenti
- ✗ Indicazione della posizione dei fiocchi connessi agli interventi di rinforzo con FRP
- ✗ Esecuzione di fasciatura in testa e al piede dei pilastri confluenti nel nodo

NB: Interventi con FRP non ammissibili solo per riparazione lesioni

CASO STUDIO – INTERVENTO CON FRP

Esempio; scuola B-C



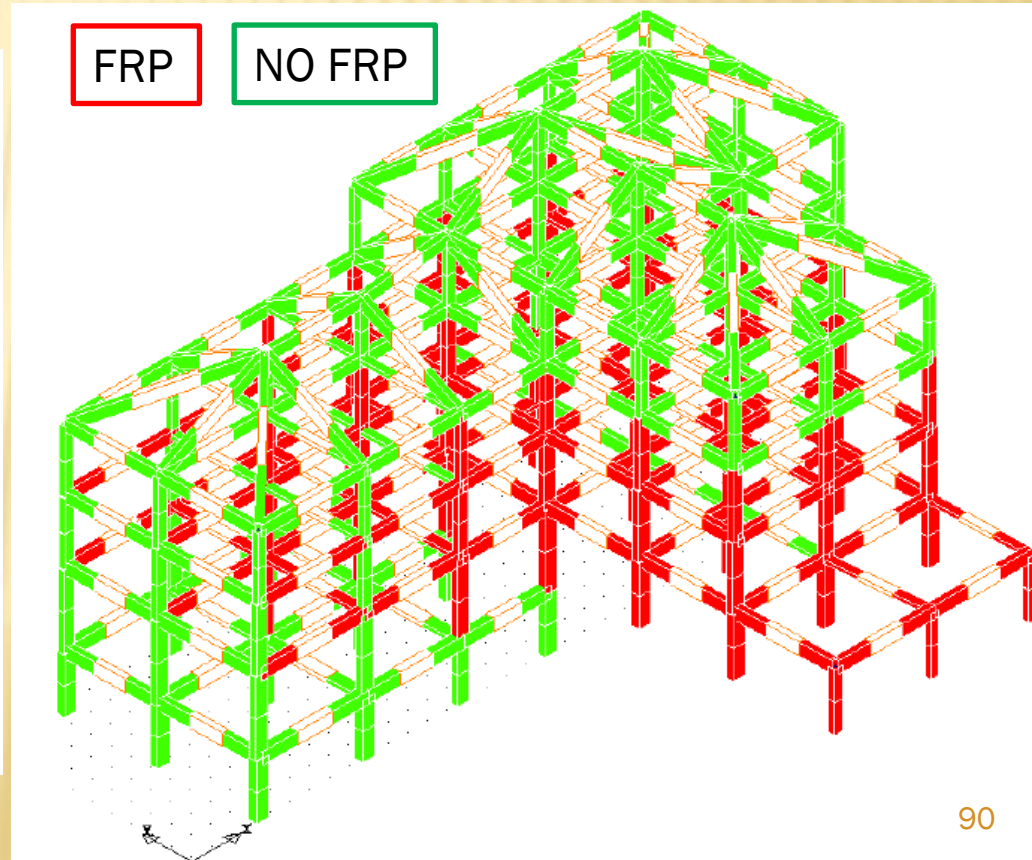
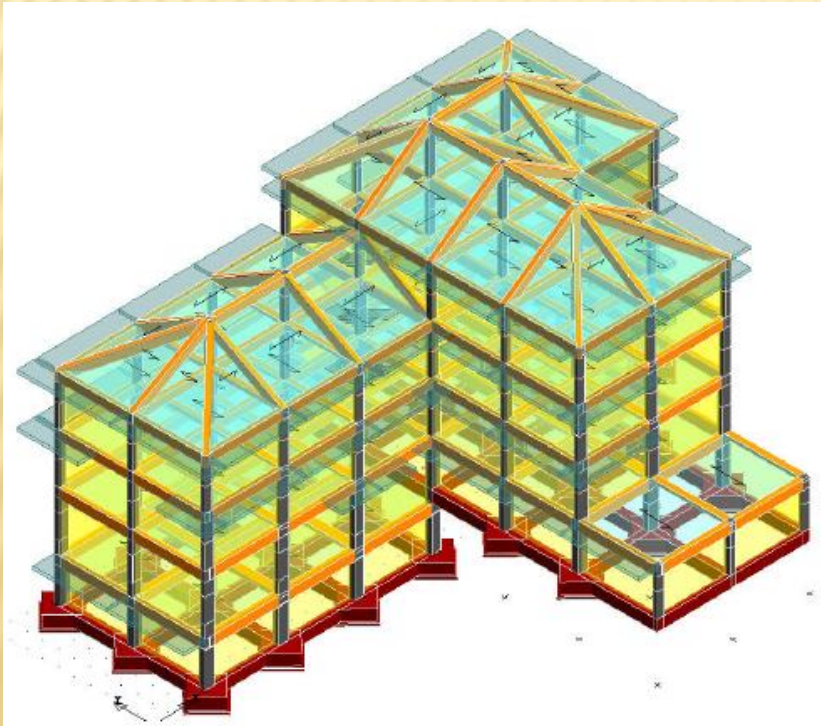
CASO STUDIO – INTERVENTO CON FRP

Controllo di qualità dell'esecuzione



CASO STUDIO – INTERVENTO CON FRP

- Villetta bifamiliare con danni non strutturali gravi.
- Danneggiamento strutturale solo su nodi e travi a ginocchio.
- Il progettista presenta solo l'output del programma.
- Mancano i grafici della disposizione del rinforzo.
- Mancano i calcoli del rinforzo.



CONTROVENTI (DISSIPATIVI): PRINCIPALI PROBLEMATICHE

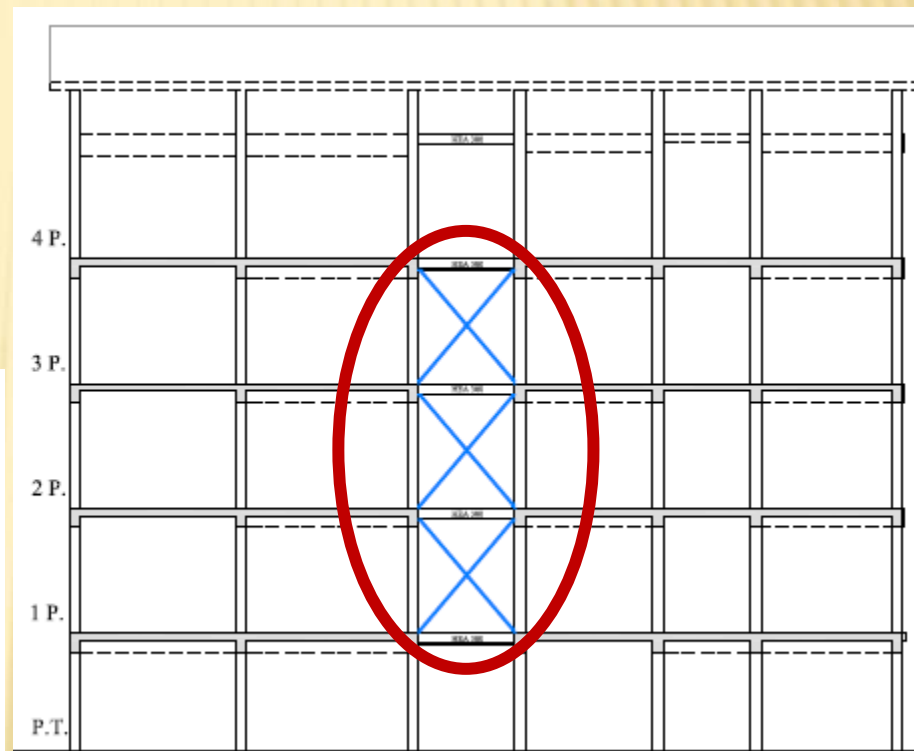
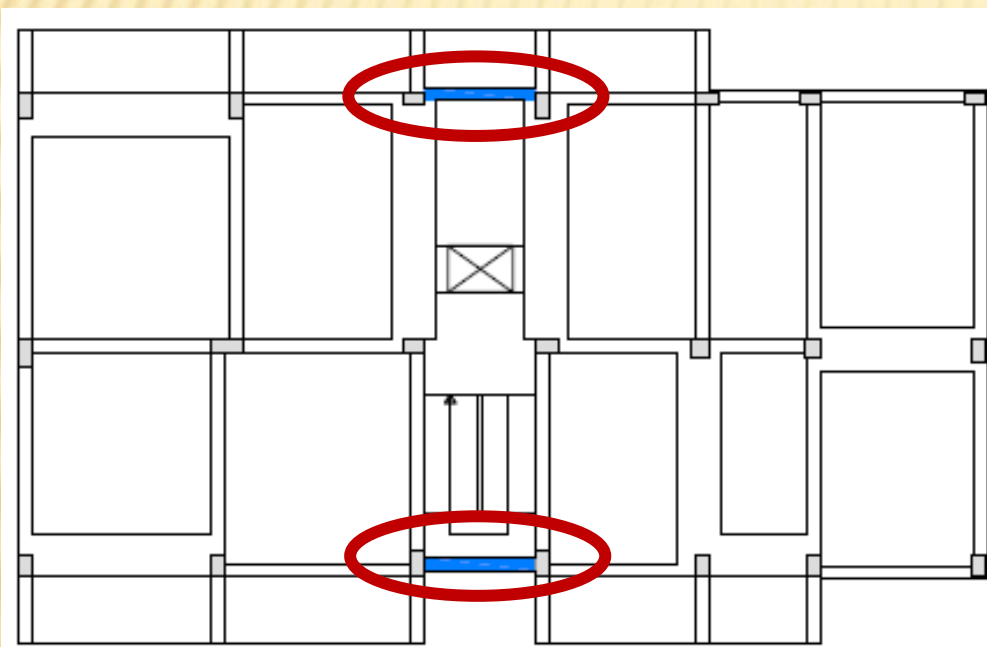
- ✘ Uniforme distribuzione del sistema di dissipazione
- ✘ Definizione dei criteri di modellazione dei controventi
- ✘ Verificare plasticizzazione dispositivi
- ✘ Verifiche locali dei collegamenti: garantire sovrarresistenza connessioni
- ✘ Esclusione di rotture fragili in pilastri e travi adiacenti i campi controventati
- ✘ Verifica dell'ampiezza dei giunti sismici

CASO STUDIO – INTERVENTO CON CONTROVENTI DISSIPATIVI

L'edificio di 4 piani + uno seminterrato .

Regolarità.

Danni alle strutture del corpo scala.



L'intervento proposto consiste nell'inserimento di controventi dissipativi in corrispondenza del nucleo scala e **senza continuità in elevazione!!!**

SETTI - PRINCIPALI PROBLEMATICHE

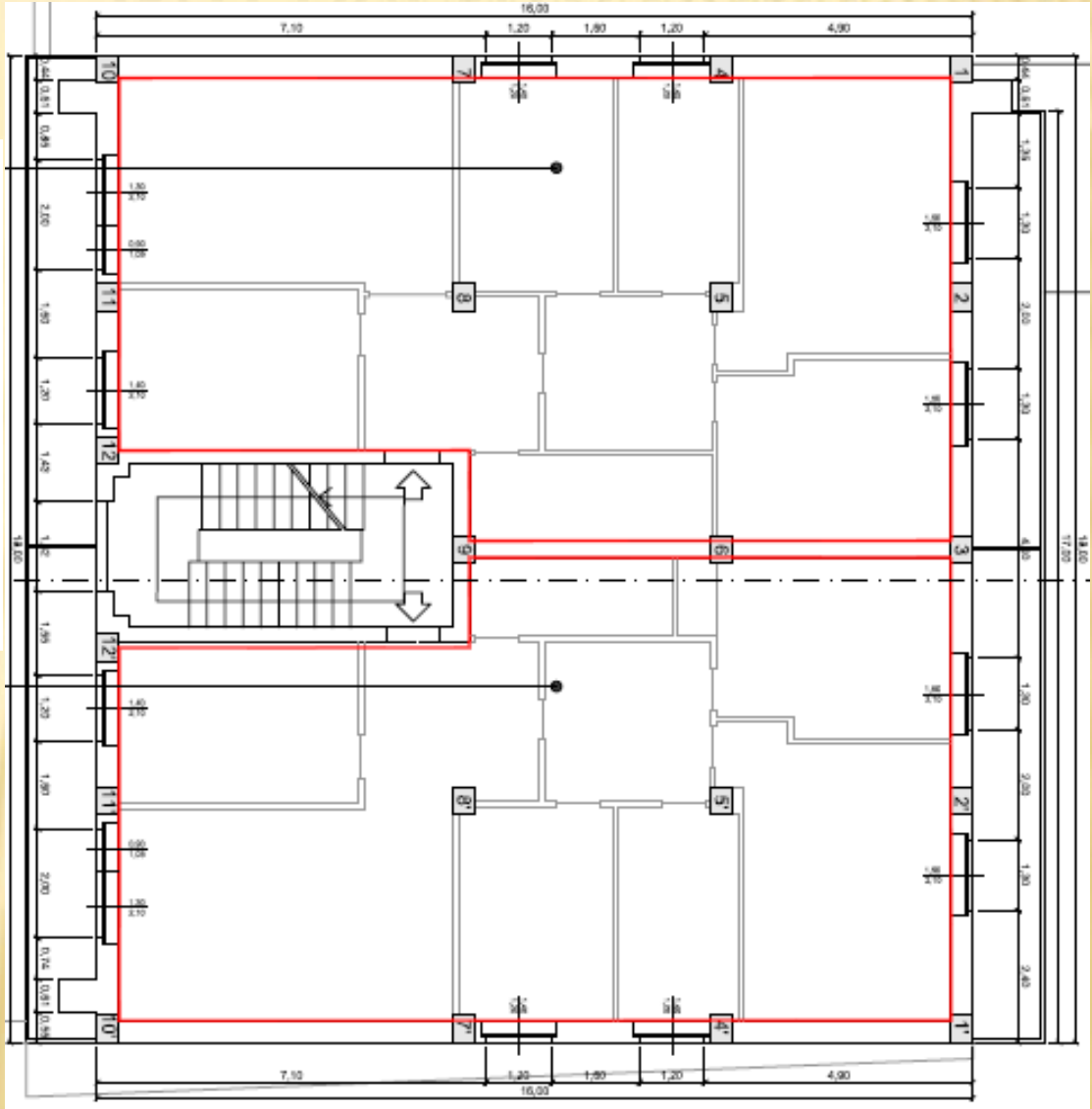
- ✗ È necessario collegare gli elementi strutturali esistenti con le nuove pareti.
- ✗ La documentazione deve contenere i dettagli costruttivi delle soluzioni previste e con una relazione tecnica nella quale si illustrino e verifichino le varie unioni proposte (setti-solai, setti-muro di sostegno, setti-travi, setti-fondazioni).

CASO STUDIO 1 – INTERVENTO CON SETTI

✖ Stato di fatto



Villetta bifamiliare con gravi danni non strutturali.
Danneggiamento strutturale solo su nodi e travi a ginocchio



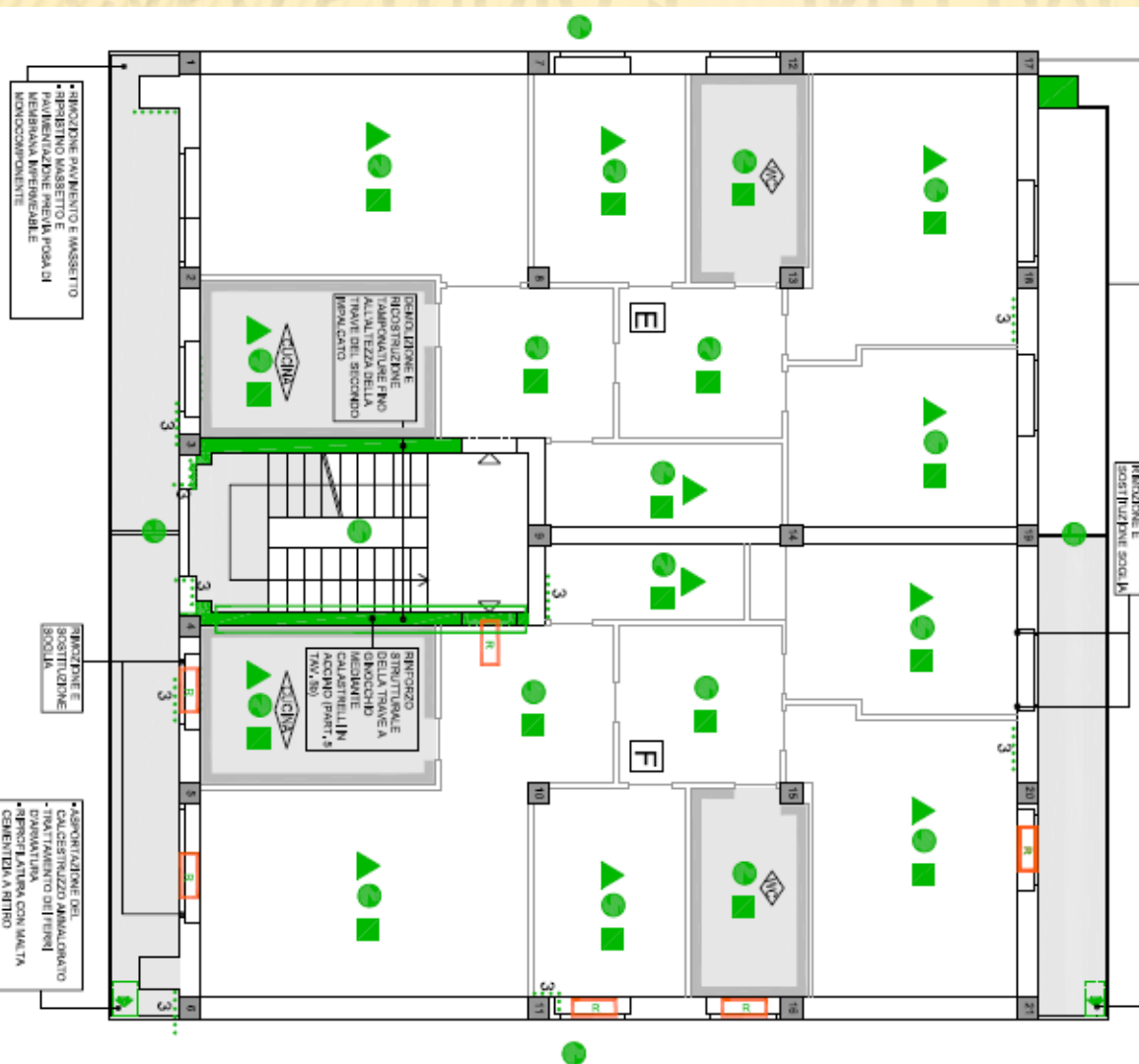
CASO STUDIO 1 – INTERVENTO CON SETTI

✗ Stato di progetto:

Interventi di tipo A (locali)

- Riparazione o demolizione e ricostruzione di elementi strutturali e non;
- Lavorazioni su finiture e impianti

INTERVENTI TIPO A1/A2/A3	
	elementi da demolire e ricostruire
	rinforzo strutturale
	antiribaltamento mediante "focchi" di connessione
	applicazione di rete (1: metallica 2: fibre di vetro con funzione antiribaltamento; 3: fibre di vetro per rifinito trasversale)
	ripresa di intonaco
	risarcitura localizzata
	rimozione e ripristino carta da parati, cartongesso, controsoffitto, ...
	tinteggiatura con Idropittura vinilica per Interni
	movimentazione mobili
	protezione pavimenti, mobili, ecc...
	revisione manto di copertura e cornicioni
	riparazione in corrispondenza di canna fumaria o camino (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione sospesa in traliccio (3) messa in luce dall'uscio d'imbocco)
	scavo a mano/con mezzo meccanico
	nuovi pozzetti prefabbricati
	nuovi tubi in PVC (Ø160)
	nuovi tubi in PVC (Ø110)
	sostituzione pluviali
	rimozione e ripristino rivestimento parete
	rimozione e ripristino battiscopa
	rimozione e ripristino pavimentazione
	riparazione Infisso
	sostituzione Infisso



Interventi di tipo A (locali)

CASO STUDIO 1- INTERVENTO CON SETTI

✗ Stato di progetto:

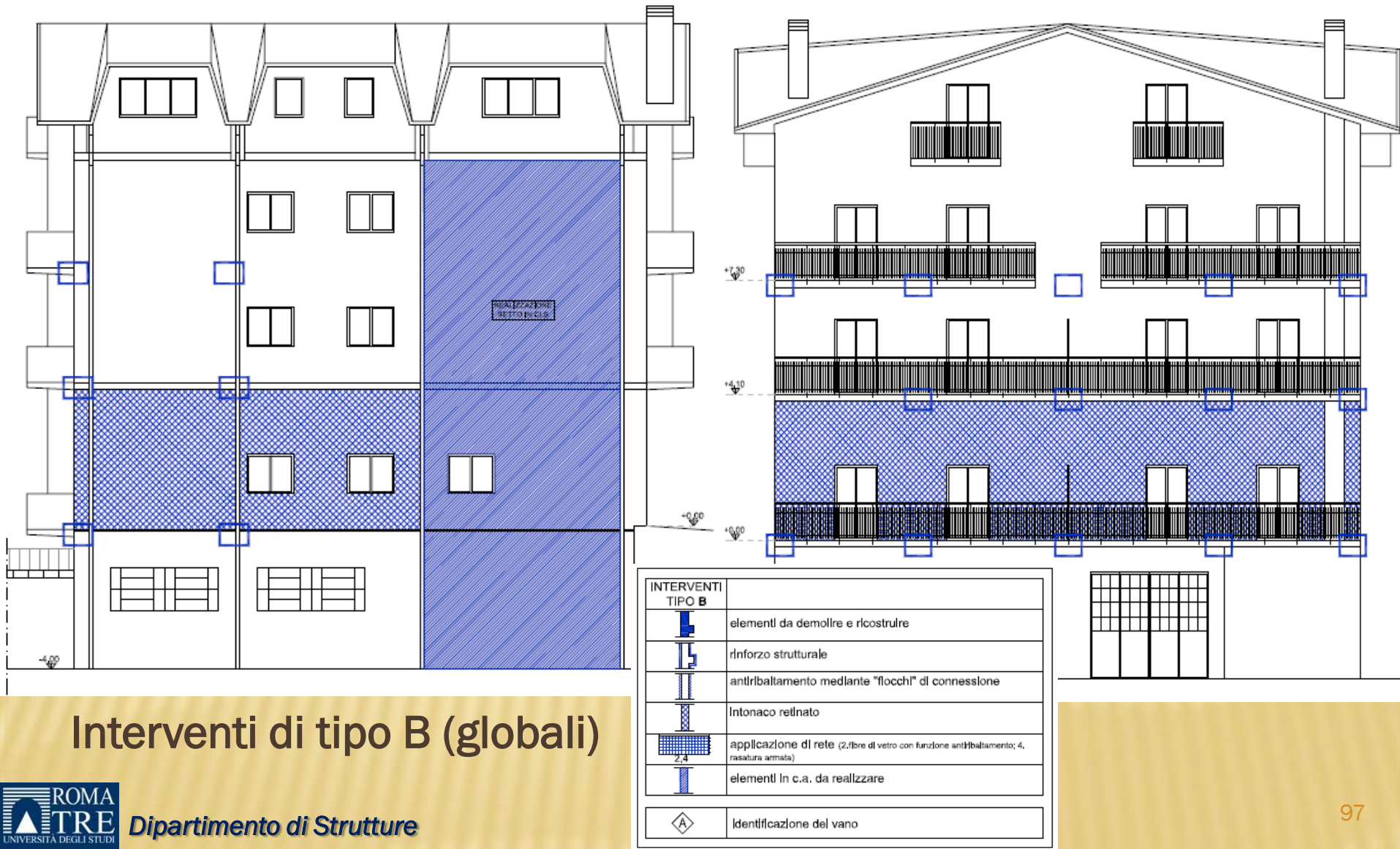
Interventi di tipo B

- Rinforzo di elementi strutturali;
- Eliminazione di carenze locali;
- Incremento della sicurezza globale

INTERVENTI TIPO B	
	elementi da demolire e ricostruire
	rinforzo strutturale - fasciatura con FRP del pilastro (In testa e al piede per $h=1.00$) o della trave
	rinforzo strutturale - fasciatura con FRP del nodo e del pilastro (In testa e al piede per $h=1.00$)
	antiribaltamento mediante "flocchi" di connessione
	intonaco retinato
	applicazione di rete (2 fibre di vetro con funzione antiribaltamento; 4, rasatura armata)
	elementi in c.a. da realizzare
	rimozione e ripristino pavimentazione
	scavo a mano/con mezzo meccanico
	Identificazione dell'unità immobiliare

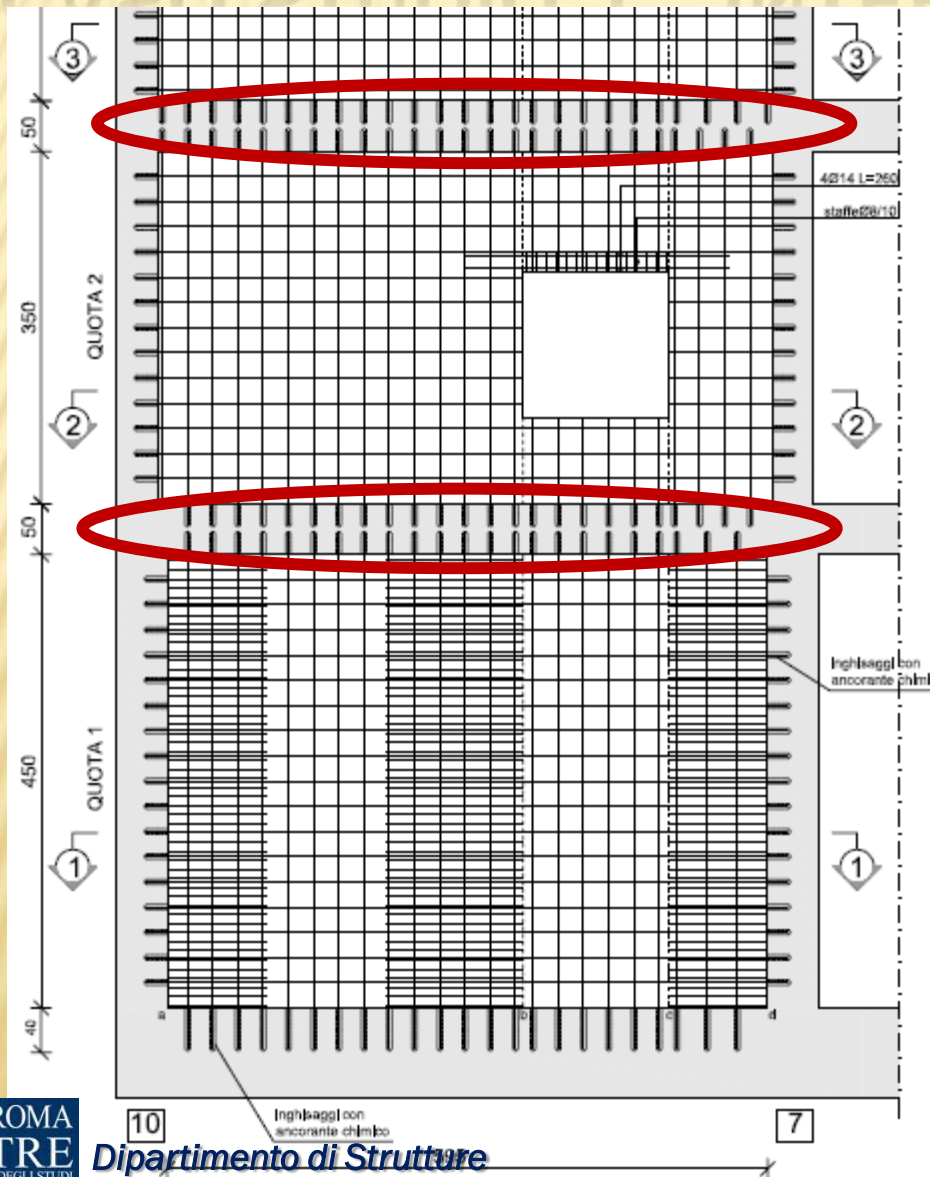
Interventi di tipo B (globali)

CASO STUDIO 1- INTERVENTO CON SETTI



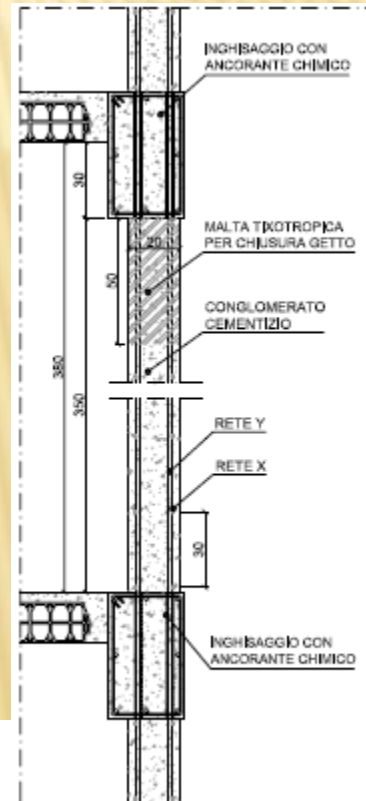
Interventi di tipo B (globali)

CASO STUDIO 1- INTERVENTO CON SETTI

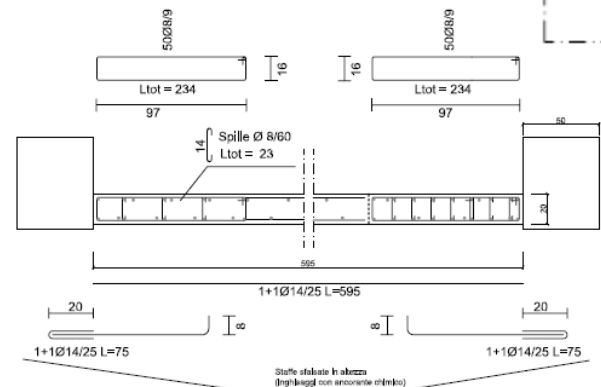


barre inghisate? (scarso ancoraggio)

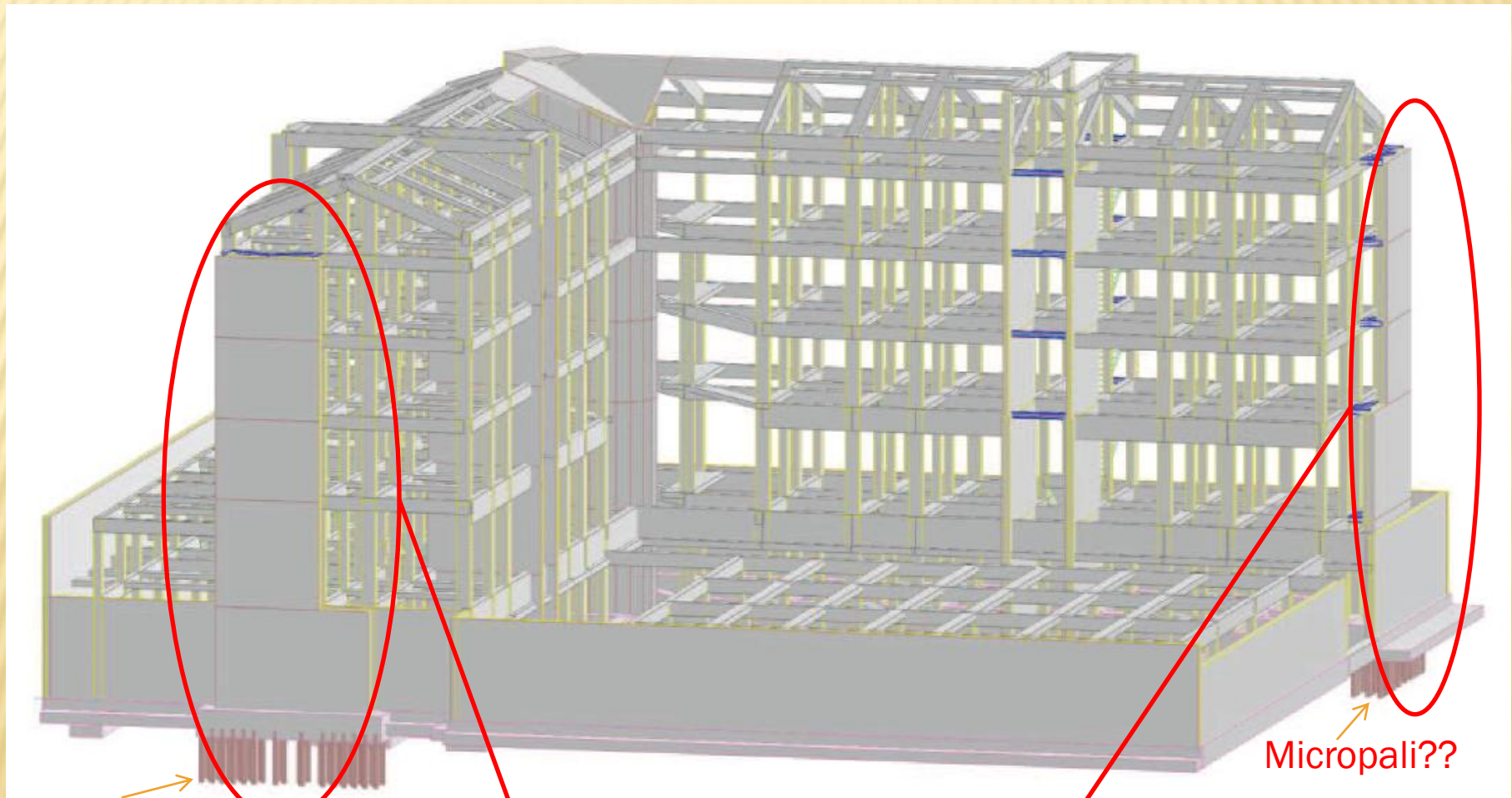
- meglio perforare la trave ed utilizzare barre passanti.
- In alternativa : inglobare la struttura esistente nel setto. (In questo caso la struttura esistente andrà scarificata e preferibilmente trattata per una ripresa di getto.)



SEZIONE 1-1



CASO STUDIO 2- INTERVENTO CON SETTI



Micropali??

Inadeguati per rigidezza

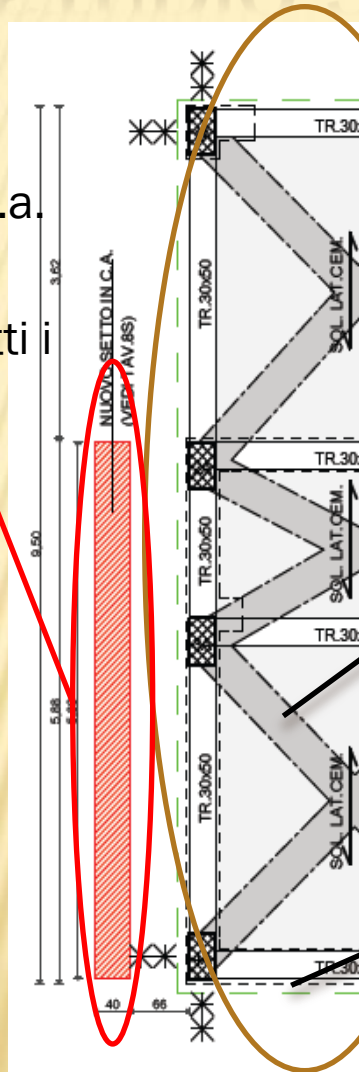
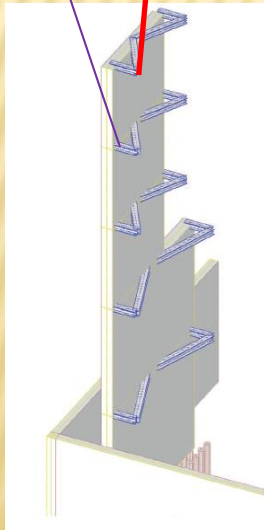
Nuovi setti (esterni) in c.a.

Micropali??

CASO STUDIO 2- INTERVENTO CON SETTI

Nuovo setto in c.a.

Dissipatori a tutti i piani



Struttura esistente

Rinforzo del solaio con FRP (intradossale)

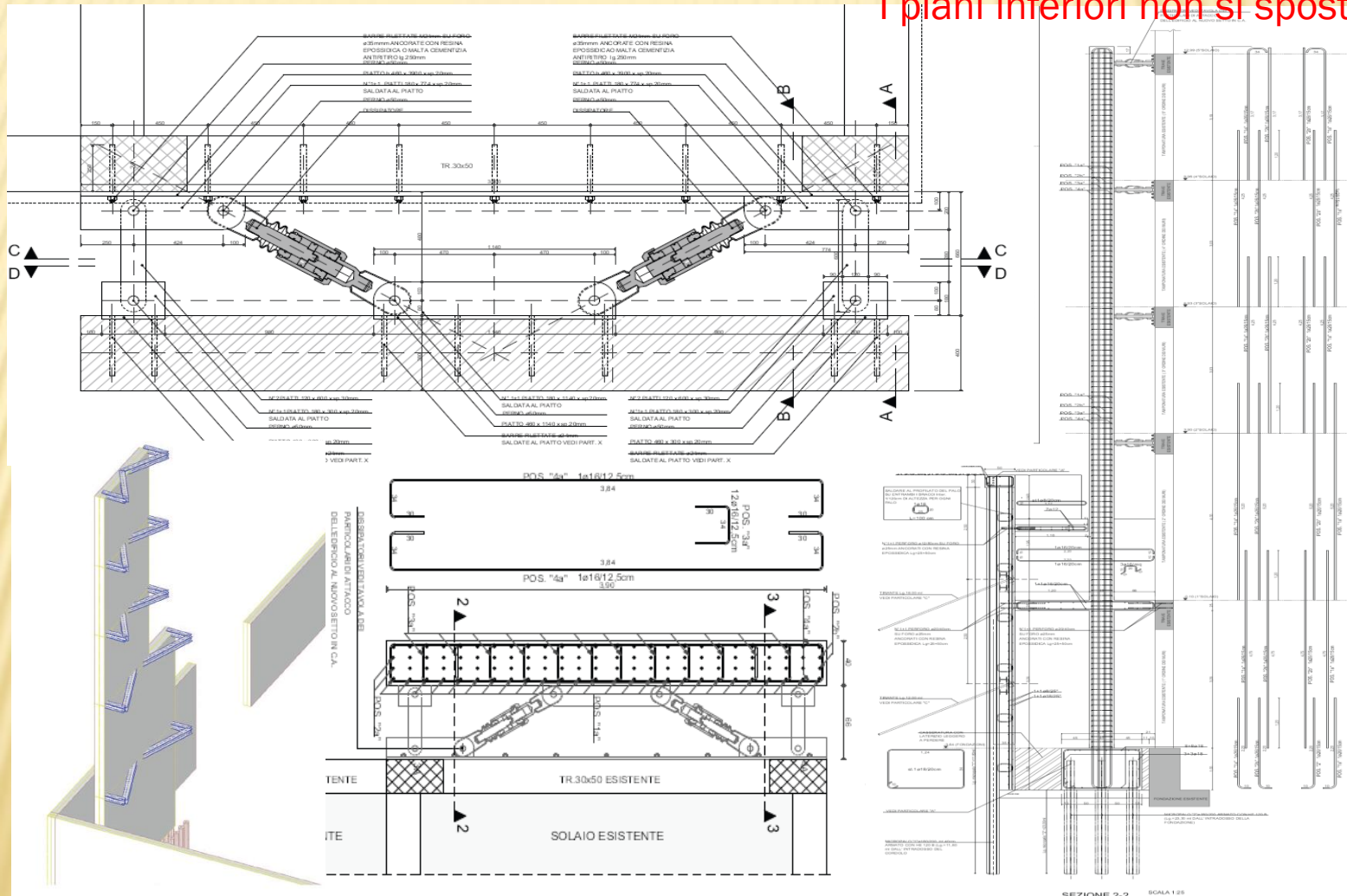
Rinforzo del solaio con FRP (cerchiatura esterna)



CASO STUDIO 2- INTERVENTO CON SETTI

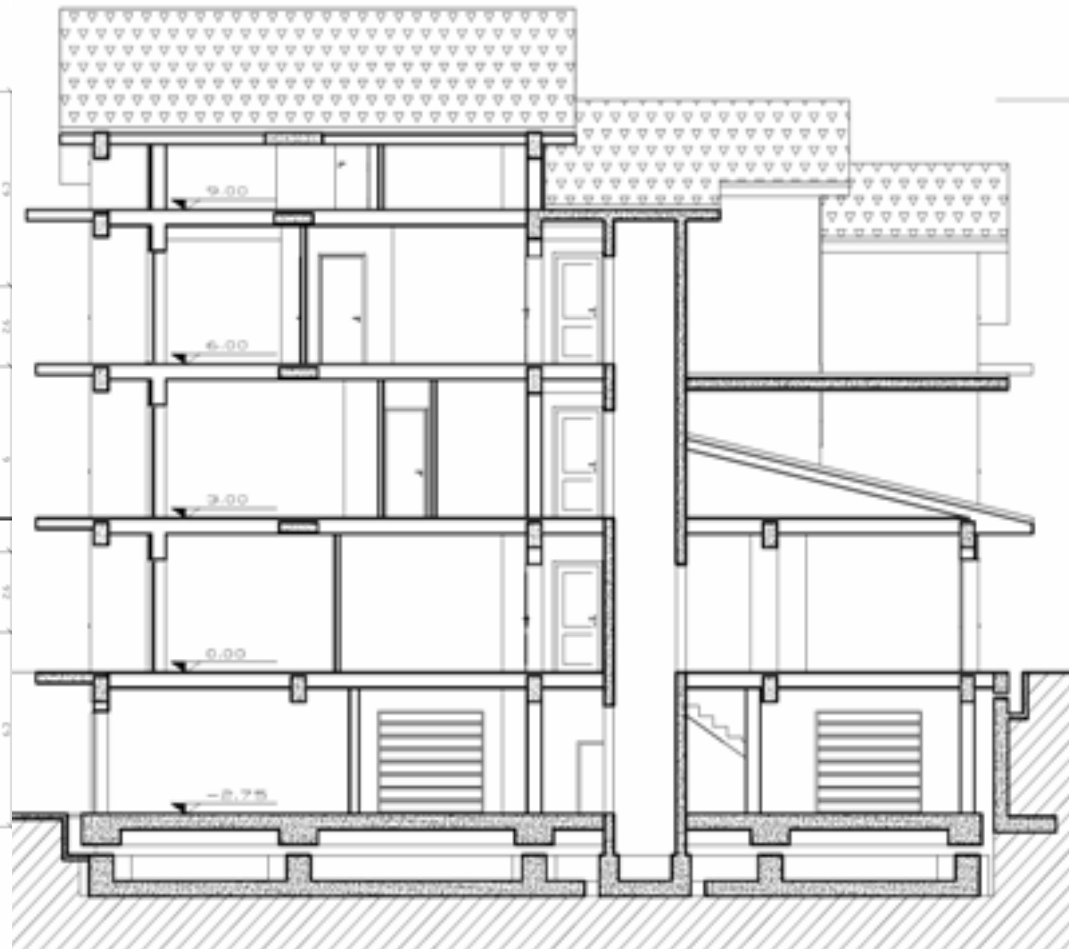
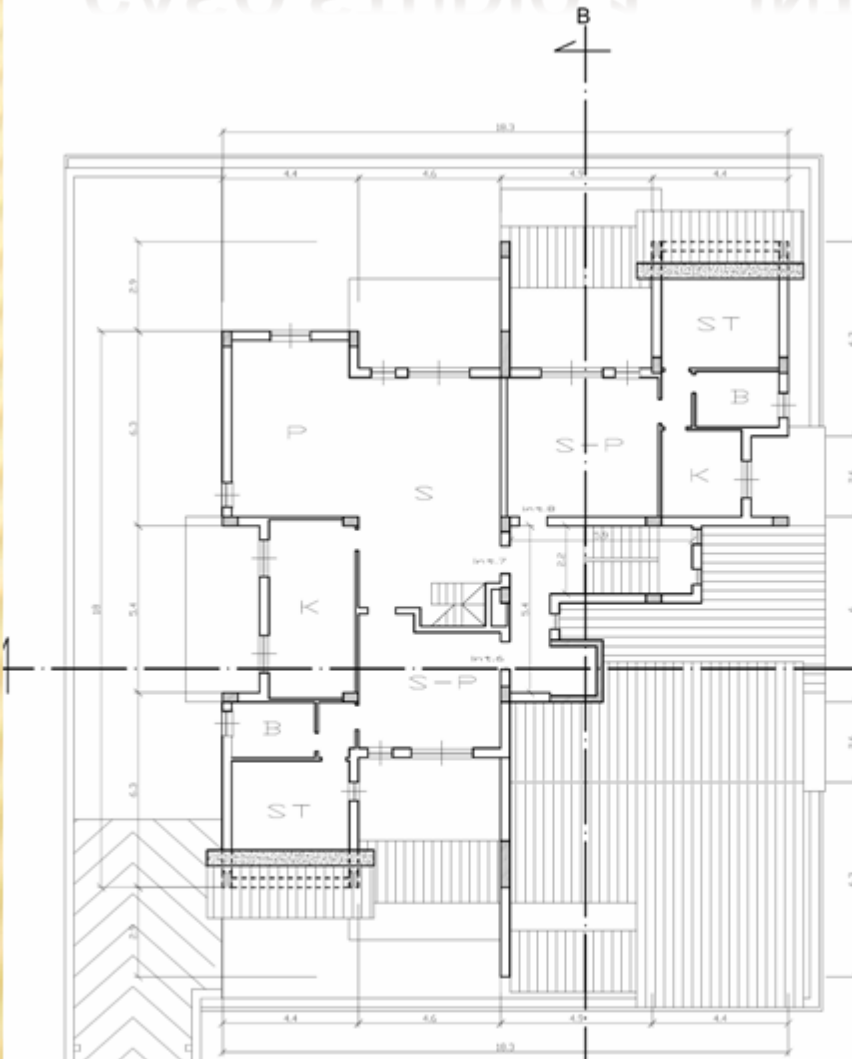
Dettagli Costruttivi

È inutile collegare a tutti i piani
I piani inferiori non si spostano!



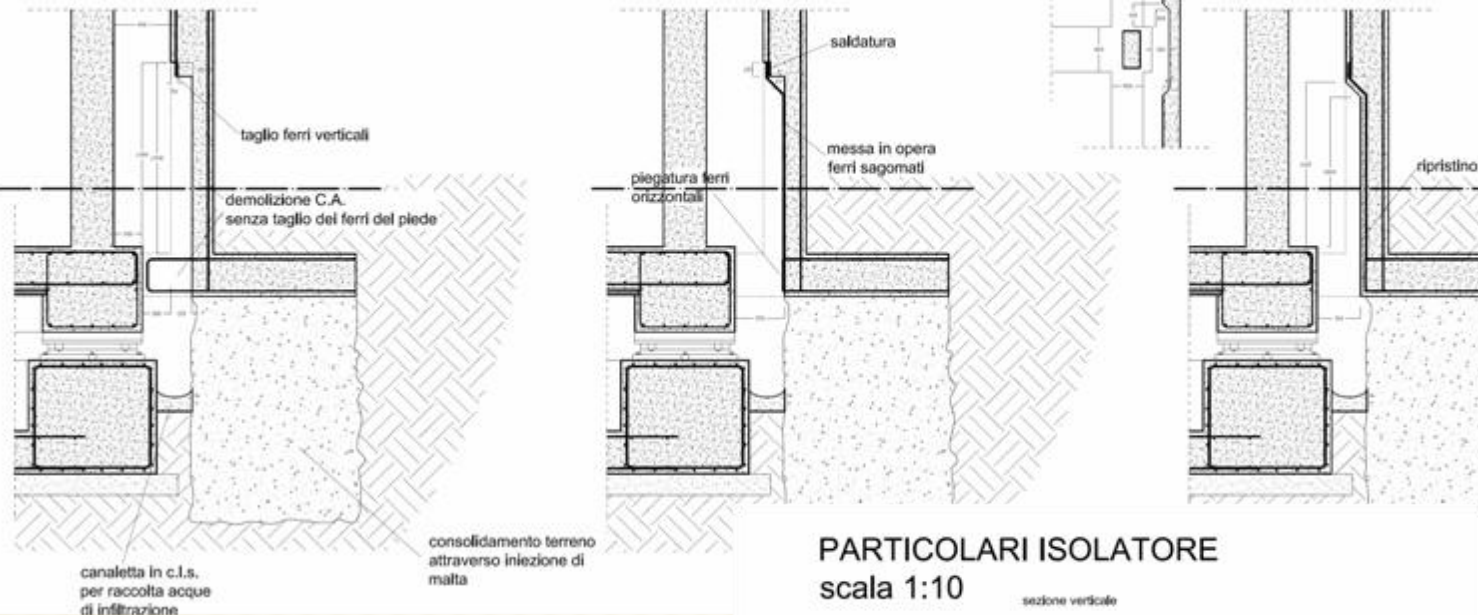
CASO STUDIO 1 – INTERVENTO CON ISOLATORI

Edificio di 4 piani + uno seminterrato
Marcata irregolarità in pianta e in altezza.
L'intervento prevede l'inserimento di 37 isolatori.



CASO STUDIO 1 – INTERVENTO CON ISOLATORI

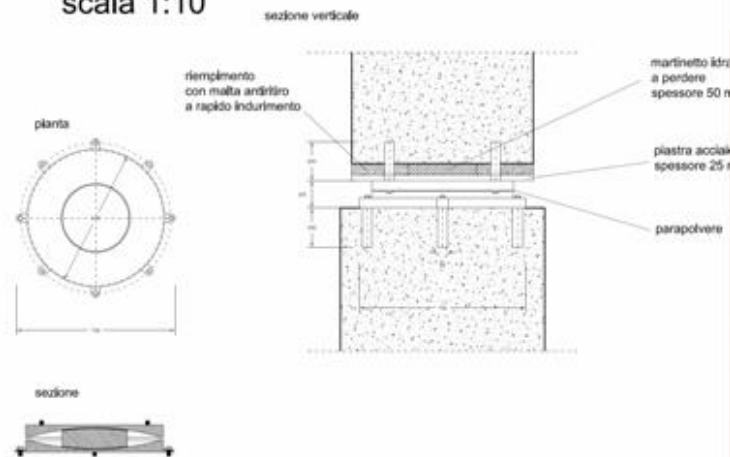
REALIZZAZIONE NICCHIA PER INTERVENTI DI MESSA IN OPERA E MANUTENZIONE ISOLATORI



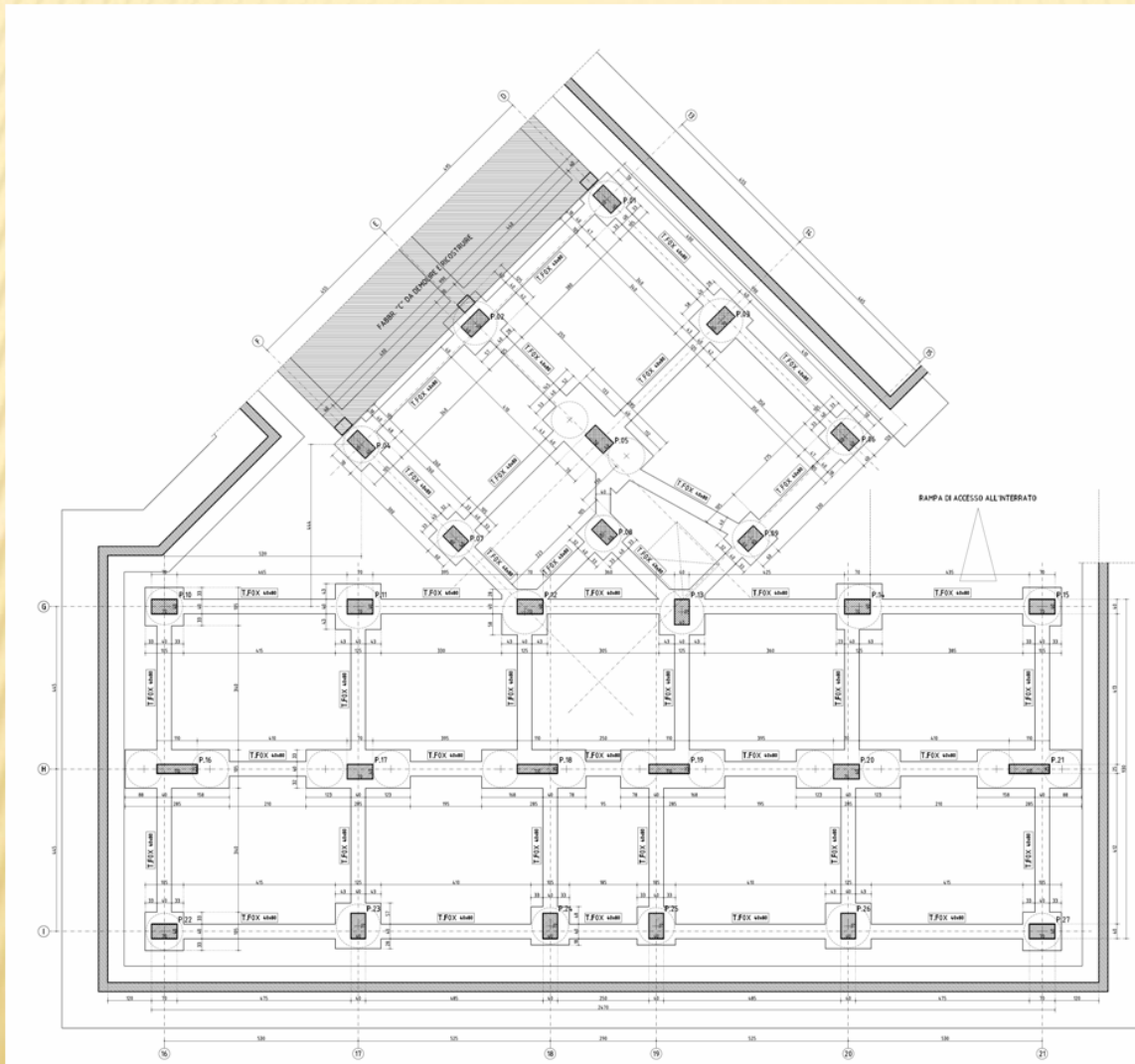
Interfaccia di isolamento allo spiccato delle fondazioni.

1. La presenza di un muro di contenimento affiancato alla struttura limita gli spostamenti del sistema.
2. Un isolamento al primo impalcato potrebbe essere più efficace

PARTICOLARI ISOLATORE scala 1:10



CASO STUDIO 2 – INTERVENTO CON ISOLATORI



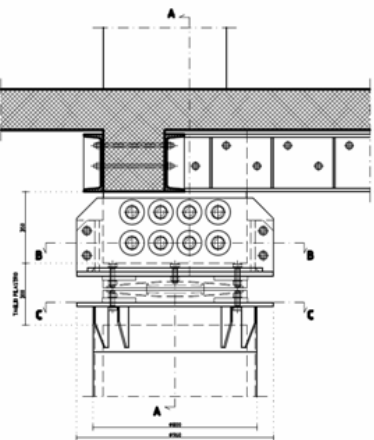
L'edificio fa parte di un complesso costituito da un fabbricato speculare e un corpo di collegamento. I tre corpi sono separati da un giunto sismico.

Il corpo centrale è su un solo livello.

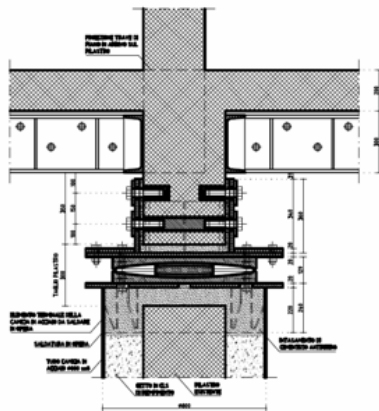
Gli altri fabbricati si sviluppano su 7 livelli.

CASO STUDIO 2 – INTERVENTO CON ISOLATORI

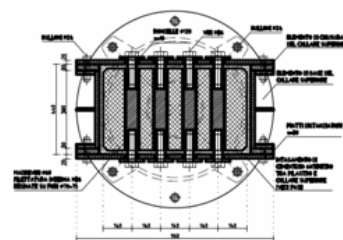
PROSPETTO INTERVENTO TIPO
SU PILASTRO 40x70
SITUAZIONE DI ESERCIZIO
scala 1/10



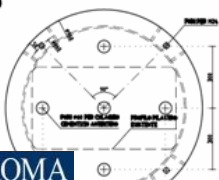
SEZIONE A-A
SITUAZIONE DI ESERCIZIO
scala 1/10



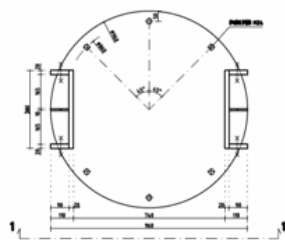
SEZIONE B-B
SITUAZIONE DI ESERCIZIO
scala 1/10



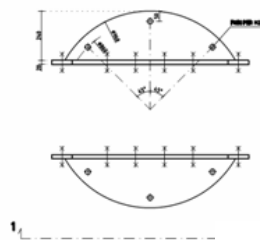
SEZIONE C-C
scala 1/10



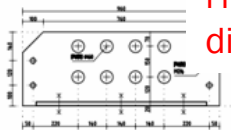
COLLARE SUPERIORE
ELEMENTO DI BASE
PIANTA
scala 1/10



COLLARE SUPERIORE
ELEMENTO DI CHIUSURA
PIANTA
scala 1/10

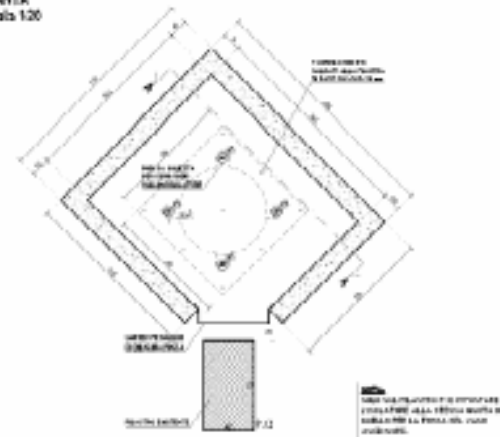


COLLARE SUPERIORE
ELEMENTO DI CHIUSURA
VISTA 1-1
scala 1/10



L'intervento:
isolatori in testa ai pilastri
della prima elevazione;
realizzazione di una platea di
fondazione.
Giunto sismico:
compatibile con spostamenti
del sistema (demolizione e
ricostruzione del corpo di
collegamento).

NIVELLO FOSSA A SCENDERE
PIANTA
scala 1/20



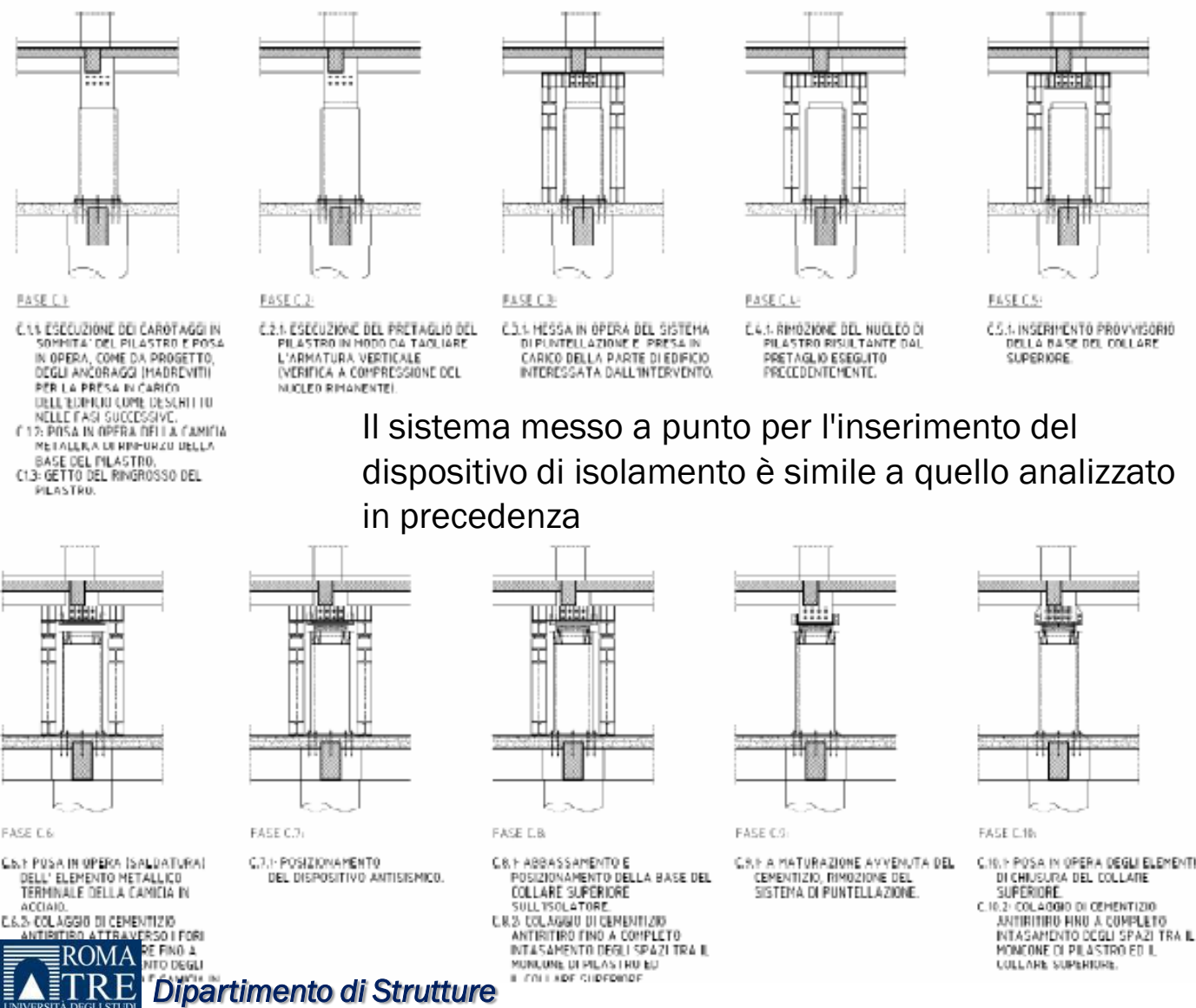
SEZIONE A-A
scala 1/20



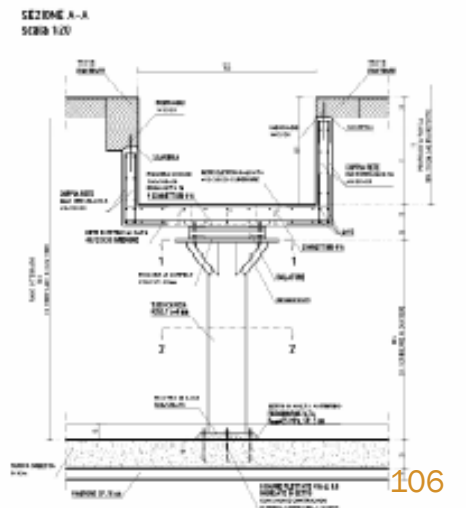
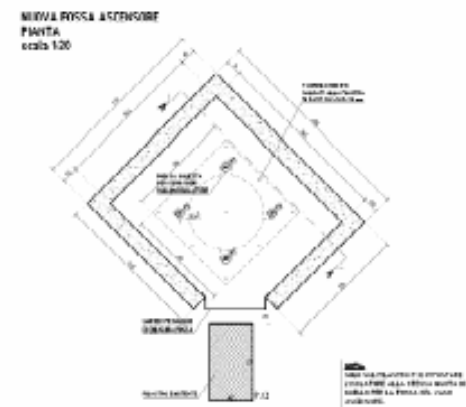
Realizzazione di un pilastro
sotto il vano ascensore, con
l'inserimento di un
dispositivo di isolamento.

CASI STUDIO – INTERVENTI CON ISOLATORI

Realizzazione di un pilastro sotto il vano ascensore, con l'inserimento di un dispositivo di isolamento.



Il sistema messo a punto per l'inserimento del dispositivo di isolamento è simile a quello analizzato in precedenza



CASO STUDIO 2 – INTERVENTO CON ISOLATORI

L'intervento:

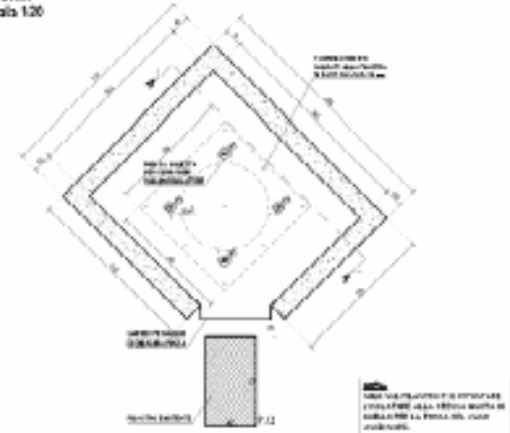
isolatori in testa ai pilastri della prima elevazione;
realizzazione di una platea di fondazione.

Giunto sismico:

compatibile con spostamenti del sistema (demolizione e ricostruzione del corpo di collegamento).

- Il problema ascensore è tipico!
- L'extra corsa può non essere isolata
- Si poteva isolare la sola parte superiore all'extra corsa
- Si sarebbe eliminata una impegnativa opera di scavo e sottofondazione

NIVELLO FOSSA ASCENSORE
PIANTA
scala 1:20



SEZIONE A-A
scala 1:20



Realizzazione di un pilastro sotto il vano ascensore, con l'inserimento di un dispositivo di isolamento.

*Edifici pubblici non danneggiati – progetto per conto dell'Amministrazione.
Interventi che ottimizzano i costi massimizzando l'efficacia del
miglioramento*

INTERVENTI SU 6 SCUOLE ZONA DEL CRATERE

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SULLE SCUOLE

- ✘ Interventi pubblici, tali da ottimizzare i costi massimizzando l'efficacia dell'intervento di miglioramento. Vi era un limite di spesa previsto)
- ✘ Gli interventi analizzati ai paragrafi precedenti devono rispettare, dal punto di vista economico l'ordinanza OPCM 3779, che fornisce un limite massimo di contributo in funzione del tipo di danno accertato
- ✘ Questo significa che spesso si tende ad effettuare interventi tali da massimizzare i costi (nei limiti previsti nelle succitate ordinanze) indipendentemente dall'ottimizzazione dell'intervento stesso

INTERVENTI SULLE SCUOLE- SCHEDA DI SINTESI

Località	S	S	A	A	A	A
Anno di costruzione	1958-1960 Ristr.'89	1960-1970	1950	1960-1980	1950-1960/ 1970-1980/ 2000	1960-1970
Fasi di costruzione	Diverse	Diverse	Diverse	Diverse	Diverse	Diverse
CUBATURA	34030	ND	55967	36000	ND	52000
Corpi di Fabbrica	4	6	4	4	4	6
Giunti strutturali	insufficienti/ assenti	insufficienti/ assenti		insufficienti/ assenti	insufficienti/ assenti	insufficienti/ assenti
Degrado rilevato	ND	ND		corrosione infiltrazioni	corrosione infiltrazioni	Corrosione infiltrazioni
Rcm	>9.5 < 22	16	15.35	18	>13.13 <22.42	>18.48 < 33
Pilastrì tozzi	SI			SI	SI	SI
Staffe	carenti in travi e pilastrì	carenti in travi e pilastrì	carenti in travi e pilastrì	carenti in travi e pilastrì	carenti in travi e pilastrì	assenti nei pilastrì
Nodi	staffe assenti	staffe assenti	staffe assenti	staffe assenti	staffe assenti	staffe assenti
STRUTTURA 3D	SI	NO	NO	SI/NO	SI	SI
Comportamento torsionale	SI	SI	SI	SI		SI
Coefficiente α	0,58	0,5	0,329	0,33	0,26	0,19

INTERVENTI SULLE SCUOLE- SCHEDA DI SINTESI

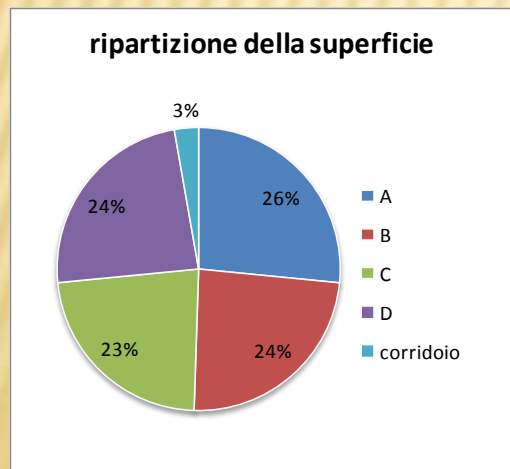
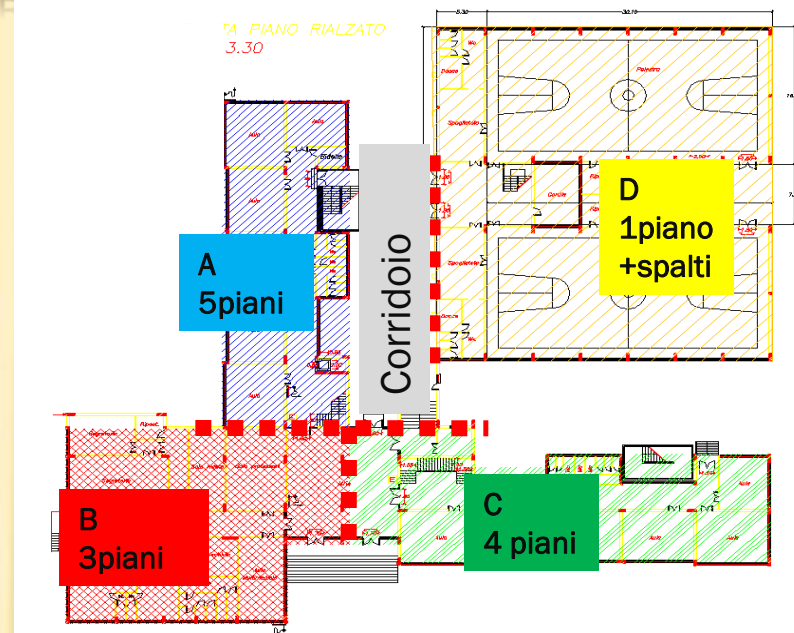
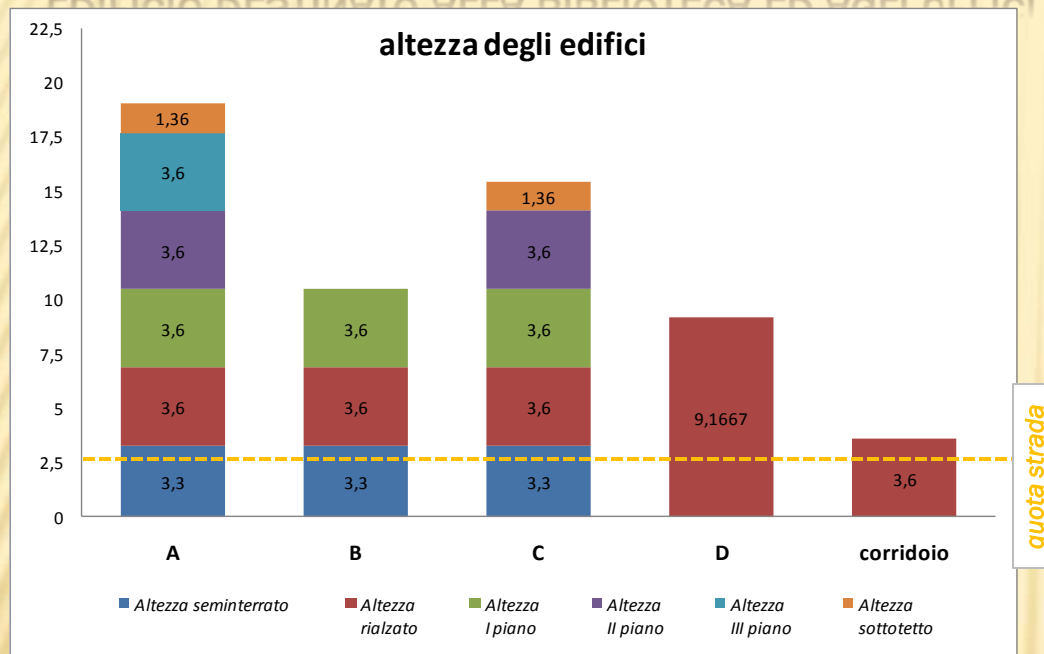
Località	S	S	A	A	A	A
Coefficiente α	0,58	0,5	0,329	0,33	0,26	0,19
Setti	X	X	X	INTERRATO	X	
Controventi	TRADIZIONALI			DISSIPATIVI	DISSIPATIVI	
Ringrossi	X	X				
Fasciatura nodi	FRP	FRP		ACCIAIO		FRP
Giunti	REALIZZAZIONE			RIPRISTINO	REALIZZAZIONE	REALIZZAZIONE
Interventi in fondazione	Si localizzati (attacco controventi)			Si (sulla struttura)		Si (per isolamento)
CAM/BP		Se FRP non sufficiente	X	(alternativa a FRP)	X	X
FRP pilastri		X		X	X	X
FRP travi		X		X		X
Isolamento						X
Demolizione						X
Carenze carichi vert.				X		
Soletta estradossale				X		
Costi	197 €/m ²	297 €/m ²	232 €/m ²	244 €/m ²	400 €/m ²	448 €/m ²

9 - Esempio di dettaglio alternative di progetto

CASO STUDIO: SCUOLA – CONTROVENTI DISSIPATIVI

SCUOLA PROVINCIA L'AQUILA

LA STRUTTURA È COSTITUITA DA QUATTRO CORPI DI FABBRICA: DUE EDIFICI AULE (A E C), UN EDIFICIO DESTINATO ALLA BIBLIOTECA ED AGLI UFFICI (B) ED UNO DESTINATO ALLE PALESTRE (D)



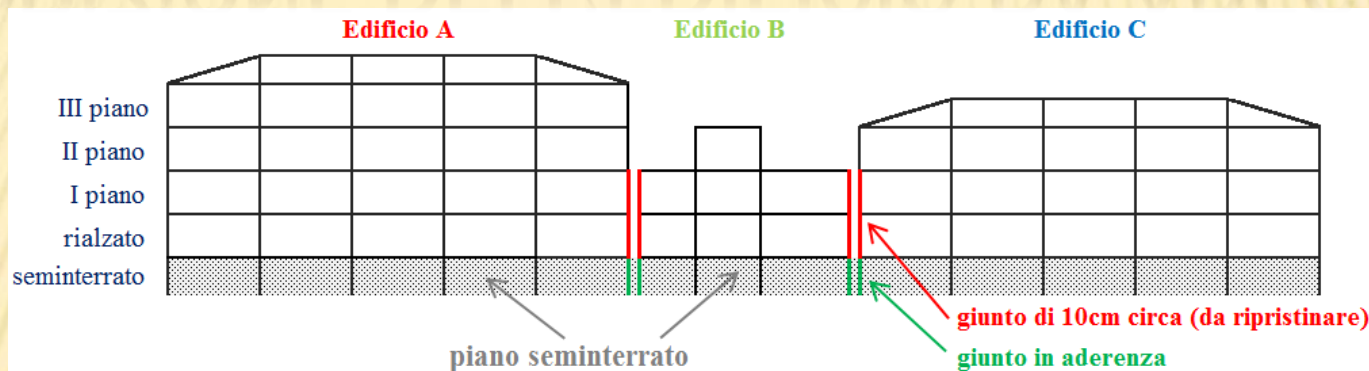
Edificio	Superficie Totale [m2]	Cubatura totale [m3]
A	3270	8483
B	2950	8495
C	2825	6881
D	2928	11540
corridoio	340	612
Tot	12313	36011



SCUOLA: SOLUZIONI TECNICHE E COSTI

- Progetto scelto con controventi dissipativi
- Alternativa con setti
- Alternativa con isolamento alla base

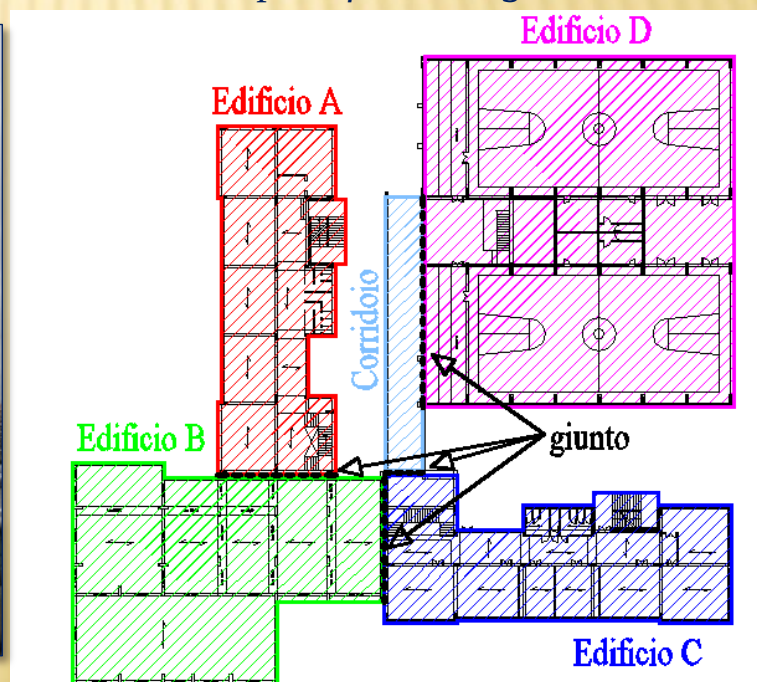
DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO DA ADEGUARE



Ed.B

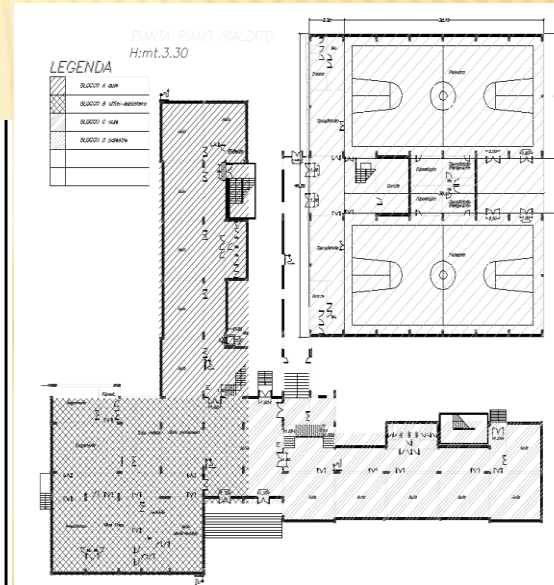
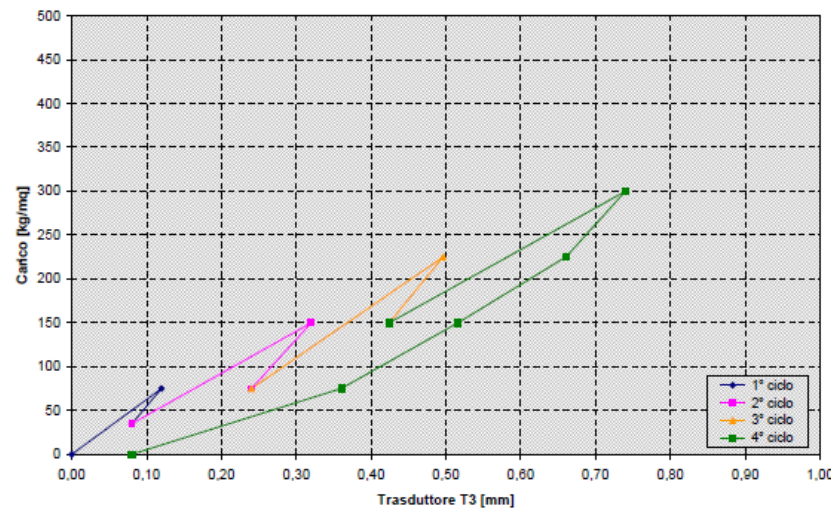
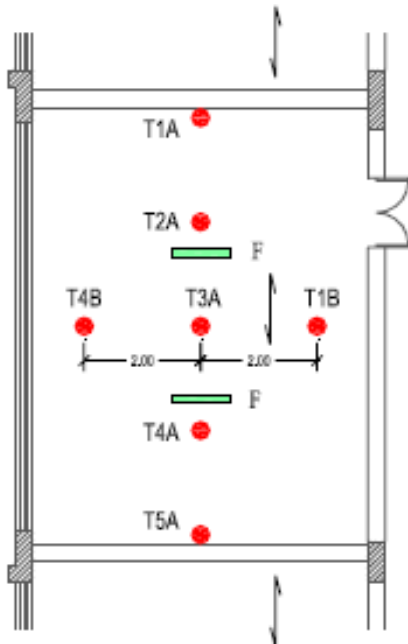
Ed.C

4 corpi di fabbrica giuntati



PROVE DI CARICO SUI SOLAI

SOLAIO TIPICO AULE EDIFICIO A



F_{eq} (forza concentrata) = 2240 kg [22,0 kN]
 q (sovraccarico distribuito) = 300 kg/m² [2,94 kN/m²]
 Cedimento massimo = 0,74 mm
 Cedimento residuo totale = 0,08 mm

Def. Residua pari a circa il 10%

NUOVA ANALISI DEI CARICHI

Sono state riscontrate importanti sottostime dei carichi permanenti analizzando quanto contenuto nella relazione di calcolo depositata dal progettista

UniRoma Tre		Relazione di calcolo depositata	
Solaio 22,5+4		Solaio 22,5+4	
	kN/mq		kN/mq
p.p.		p.p.	
Travetti (14cm; inter. 50cm)	1.575		
soletta (4 cm)	1		
pignatte	0.891		
Gk1	3.466	Gk1	1.74
finiture			
caldana	0.96	caldana	0.96
pavimento e intonaco	0.8	pavimento e intonaco	0.8
tramezzature	0.8	tramezzature	-
Gk2	2.56	Gk2	1.76
Totale	6.0	Totale	3.5
Accidentale	kN/mq	Accidentale	kN/mq
piano tipo	4	piano tipo	3.5
sottotetto	2	sottotetto	2
copertura	1.5	copertura	1.5

OSSERVAZIONI A SEGUITO DELLE PROVE

- Il passo delle staffe variabile e difforme dalle indicazioni progettuali

- Assenza di ancoraggi delle armature

- Bassa resistenza del cls

	travi	pilastrini
Rck medio	16 Mpa	17 Mpa
Rck min	12 Mpa	9 Mpa
Rck max	24 Mpa	34 Mpa

- Elevata corrosione delle armature

- Solai inadeguati a sostenere il carico di esercizio

- Assenza di dettagli costruttivi strutturali e non strutturali che garantiscano la durabilità e della struttura e la salubrità degli ambienti

CARENZE STRUTTURALI PRINCIPALI

- A. Solai inadeguati , travi inadeguate (carichi vert.) sia principali che secondarie
- B. Pilastri ammalorati (cls e acciaio) insufficienti ai carichi verticali, non duttili
- C. giunti: in elevazione sufficienti se ripristinati; in fondazione quasi nulli;
- D. sistema resistente alle azioni orizzontali: inadeguato (salvo palestra edif. D)
- E. Fondazioni: non presentano cedimenti ; resistenza e rigidezza strutturale dubbiae
- F. muri contro terra assenti (sono di forati, privi di intercapedini e dreni)

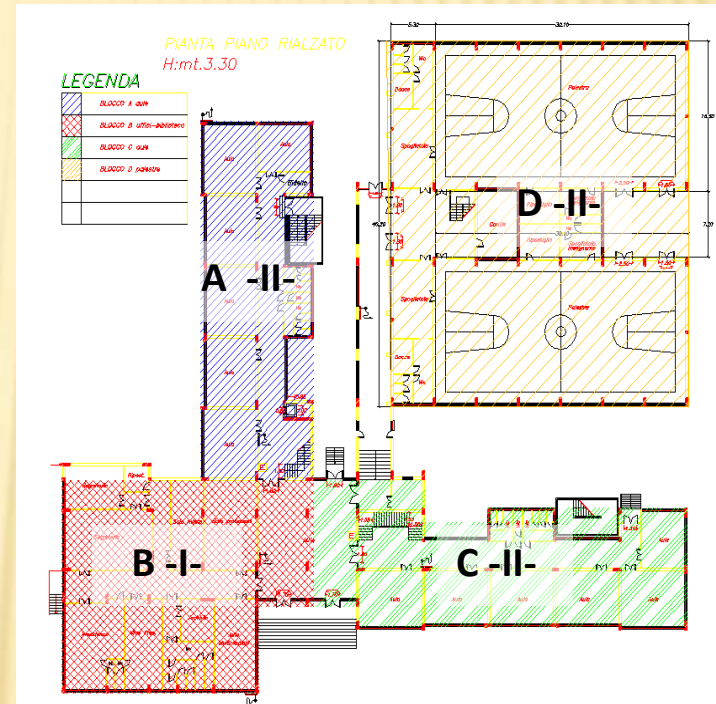
INTERVENTI

- **A1** -Inserimento di 2 travi rompitratta in acciaio per i solai inadeguati
- **A2** - Rinforzo travi secondarie taglio e flessione (FRP),ove saranno ancorate le travi rompitratta
- **B** - Rinforzo dei pilastri ammalorati o privi di opportuni dettagli costruttivi con fasciature in FRP
- **C1** – giunti in elevazione: ripristino
- **C2 – D1 – E – F**- struttura di fondazione rigida (intero piano interrato): trasformazione di maglie dei telai in pareti in c.a (indice vulnerabilità raddoppia: $a=2 \times 0.3=0.6$) +dreni
- **D2** -Rinforzo solai con soletta in c.a. per trasferire le azioni orizzontali ai controventi verticali
- **D3** - Telai con controventi dissipativi per gli edifici più alti (A e C)
- **D4** -Realizzazione di setti in c.a. per l'edificio B, più basso

SCELTA DEI FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base dell'analisi effettuata sulla geometria, sui dettagli costruttivi e sui materiali sono stati definiti i fattori di confidenza:

Corpo	Livello di Conoscenza	Fc
A,C,D	II	1.20
B	I	1.35



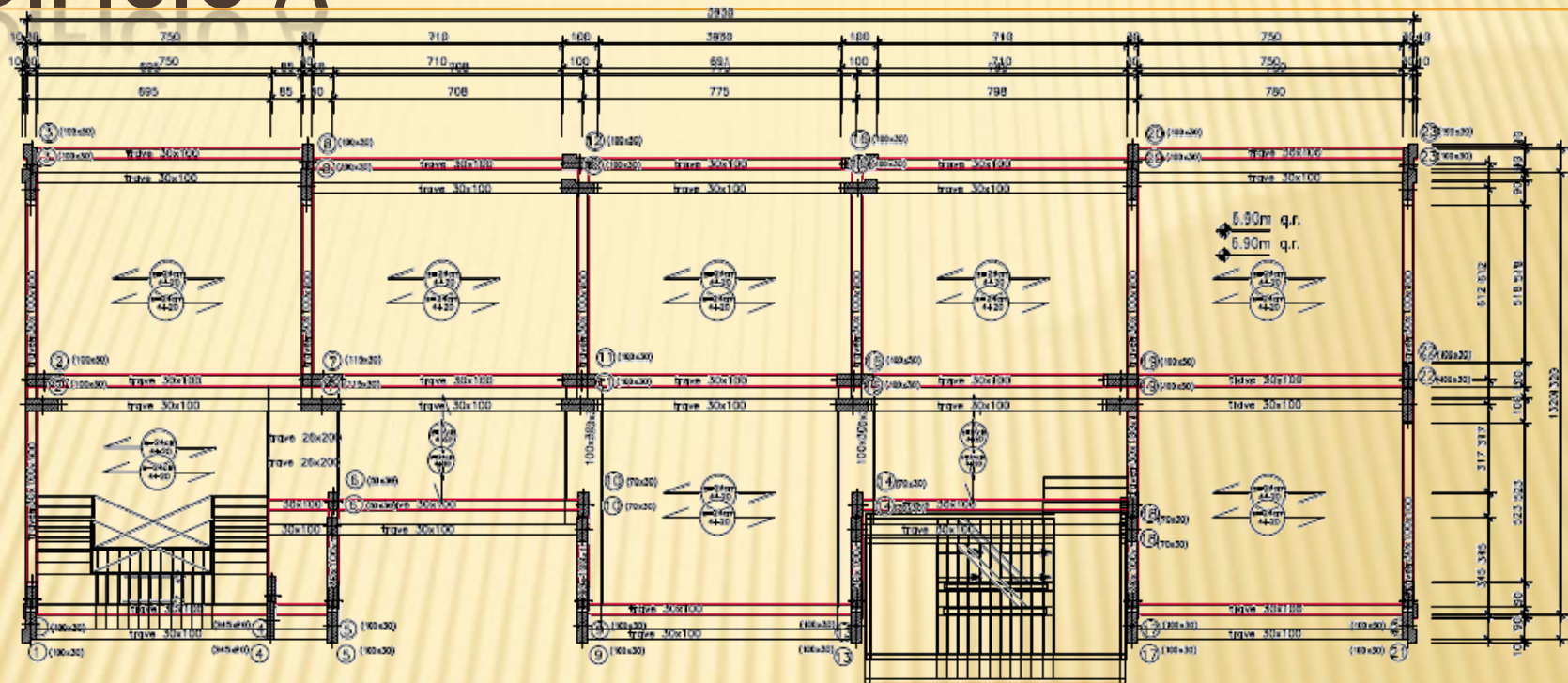
LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA § 8.5.4 NTC

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive, saranno individuati i "livelli di conoscenza"

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

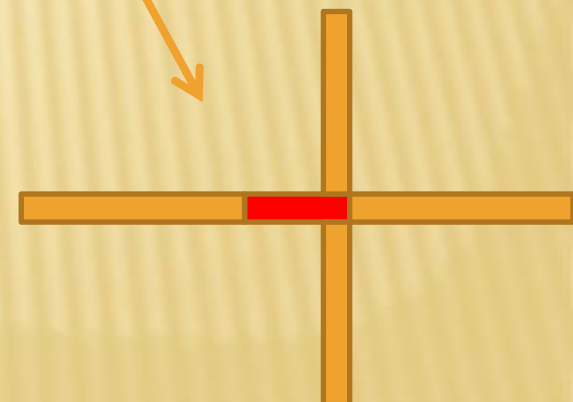
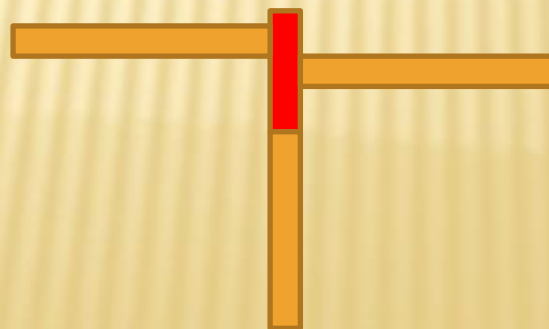
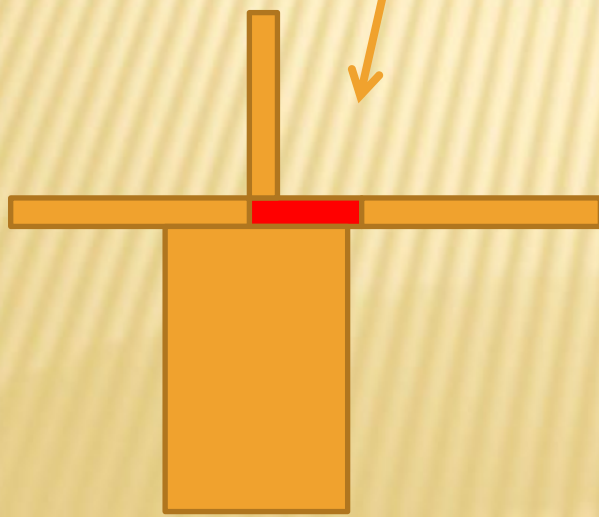
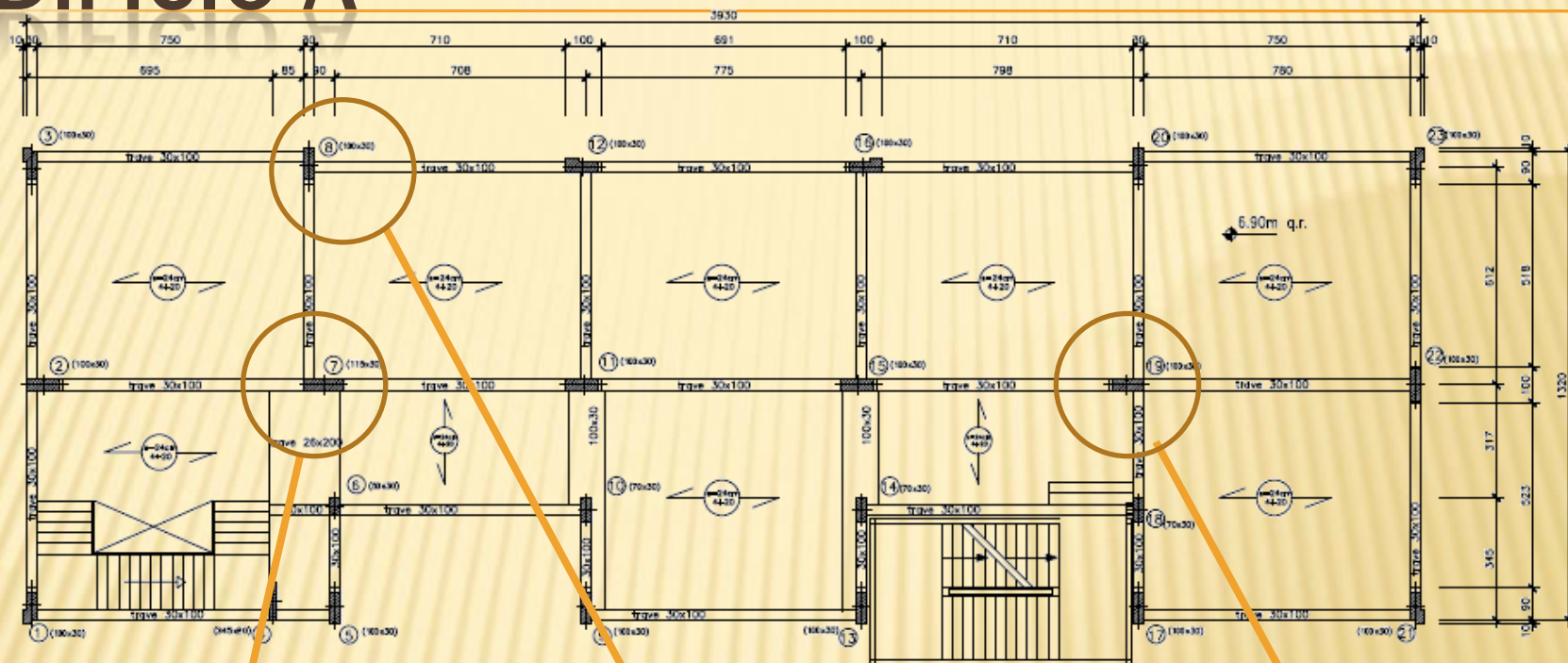
-LC1 Conoscenza Limitata:

-LC2 Conoscenza Adeguata:



Travi:	I livello	II livello	III livello	IV livello	V livello
	30x100 cm	30x100 cm	30x80 cm	30x80 cm	30x60 cm
TR10-11 TR15-14	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm
TR06-07	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm

EDIFICIO A



PILASTRI

DETTAGLI COSTRUTTIVI

PILASTRO 1
Scala 1:50

- I pilastri rastremano in elevazione
- Assenza di ancoraggio delle armature
- Assenza di dettagli per conferire duttilità (staffe carenti anche negli elaborati grafici)

Normativa tecnica:

Regio Decreto n. 2229/39

Materiali di progetto:

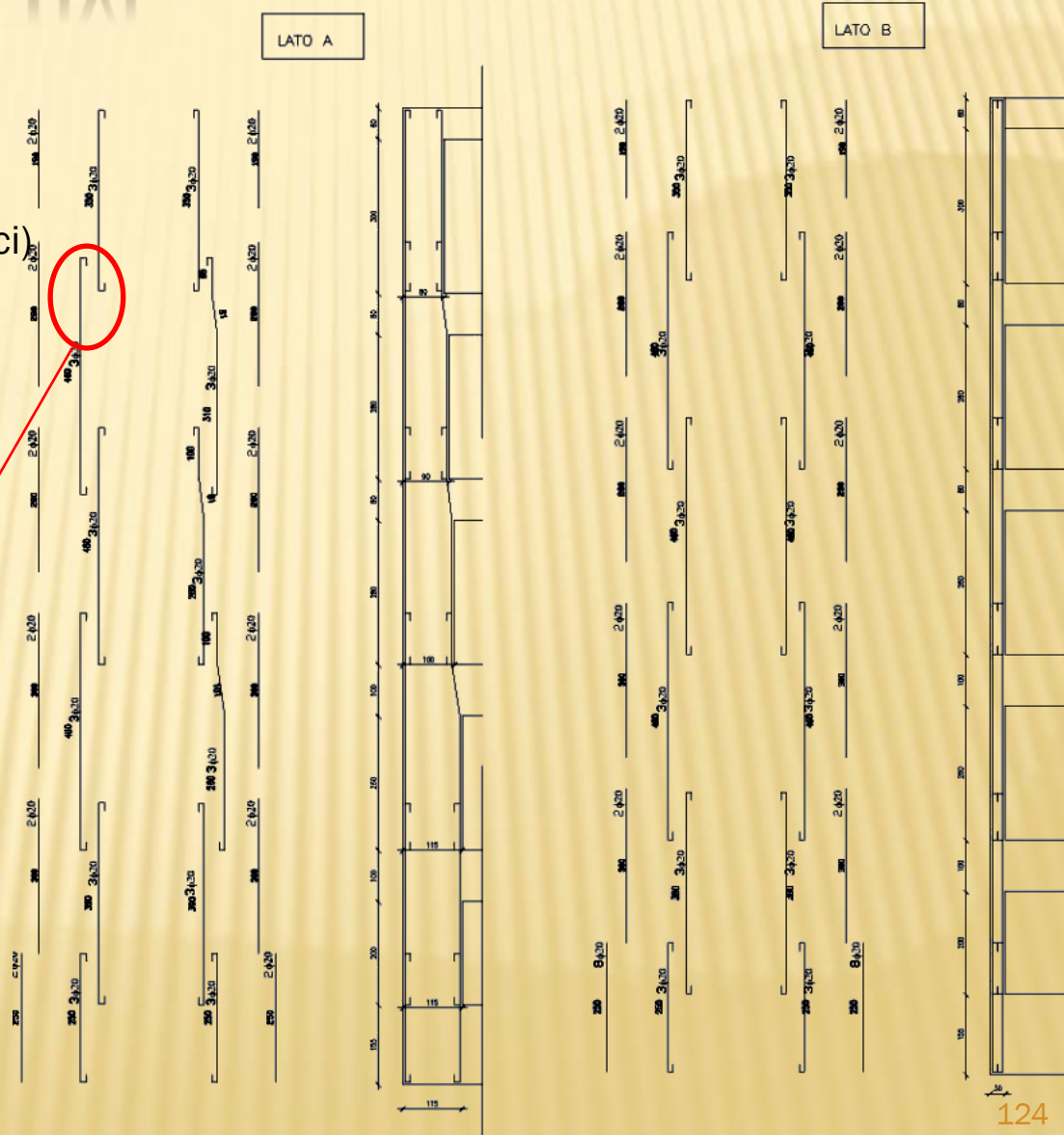
Resistenza caratteristica cls:

$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Armature:

barre lisce AQ/42

Sovrapposizioni
insufficienti



TRAVI

DETTAGLI COSTRUTTIVI

Normativa tecnica:

Regio Decreto n. 2229/39

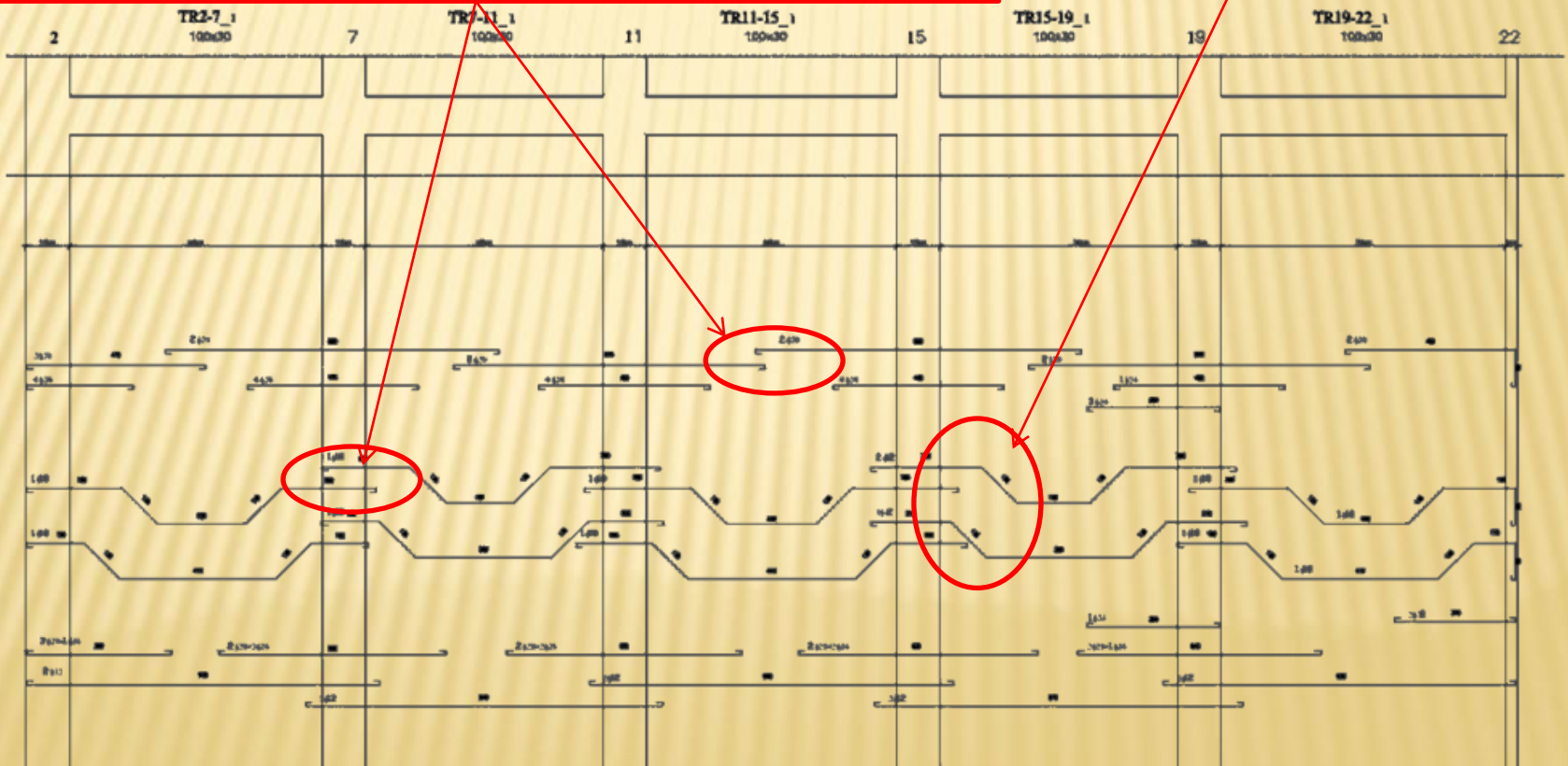
Materiali di progetto:

Resistenza caratteristica cls: $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Armature: barre lisce AQ/42

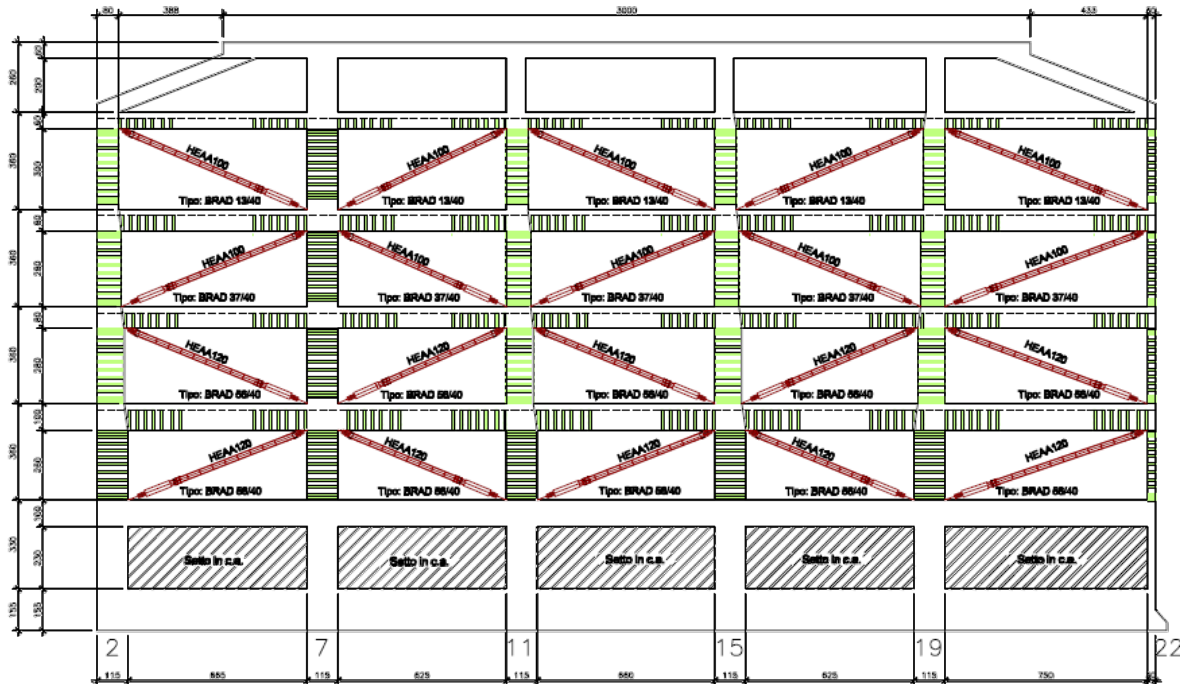
- Lunghezza di ancoraggio delle armature inappropriata
- Sovrapposizione barre armatura scarsa o persino assente

Resistenza al taglio affidata
apiegate e staffe



Interventi previsti:

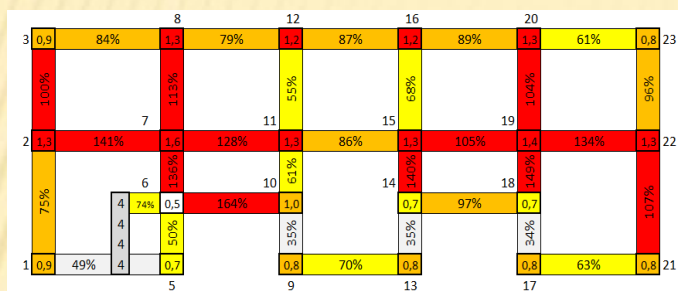
-



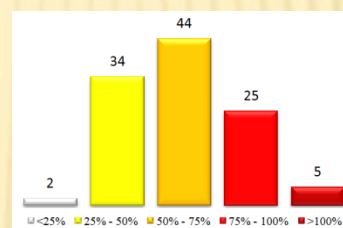
RISULTATI DELL'ANALISI DI VULNERABILITÀ

Vulnerabilità a flessione

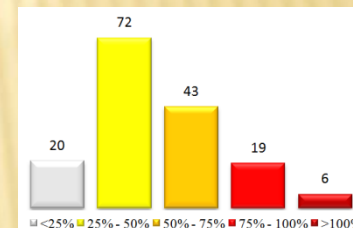
Pianta piano tipo



Pilastri

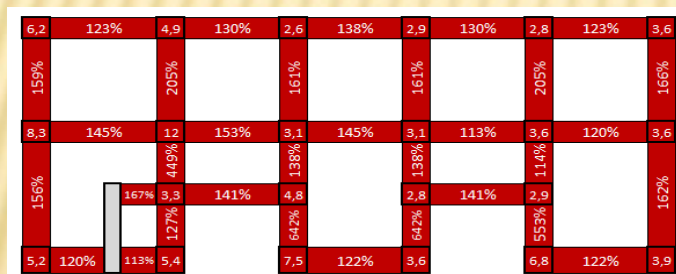


Travi

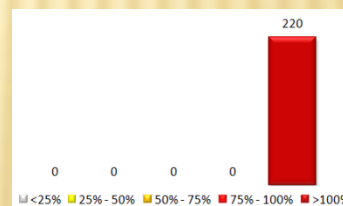


Vulnerabilità a taglio

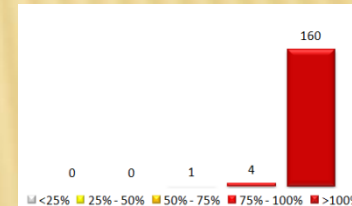
Pianta piano tipo



Pilastri



Travi



<50%

>50% - <75%

>75% - <100%

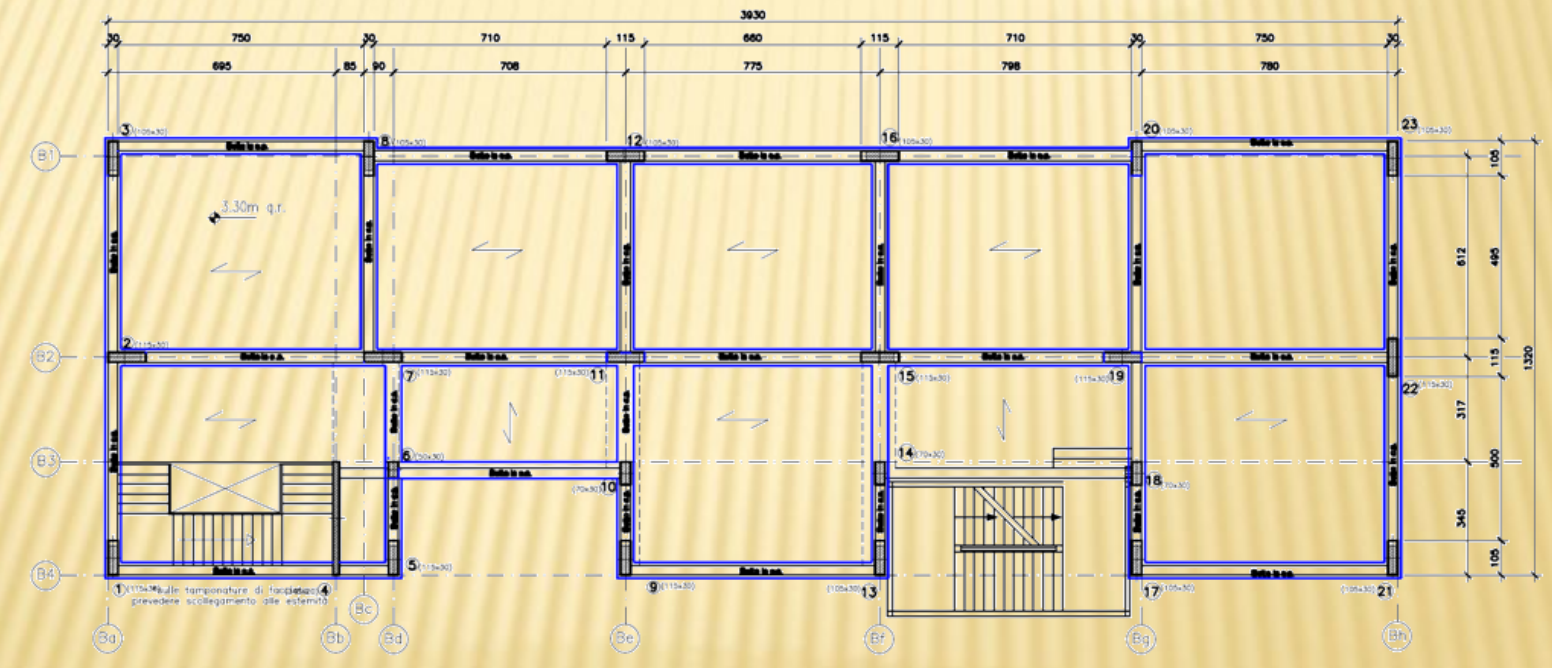
>100% - <200%

>200%

EDIFICIO A – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

SETTI IN C.A. ALL'INTERRATO:

- Irrigidimento in fondazione
- Distribuzione omogenea delle sollecitazioni in fondazione

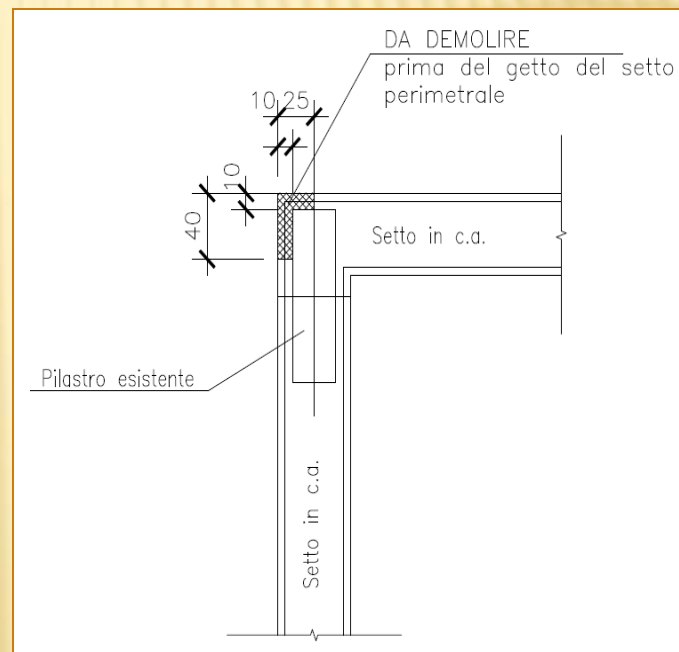
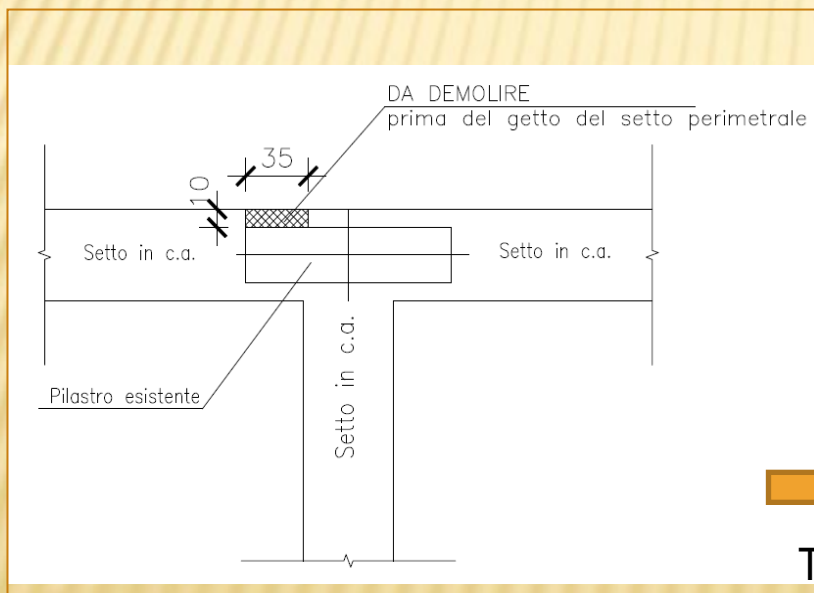


EDIFICIO A – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

INTERVENTI SUI PILASTRI:

I pilastri esterni, risultano gravemente danneggiati:

- elementi privi di copriferro
- barre di armatura esposte e molto corrose
- calcestruzzo di bassa qualità



Eliminazione copriferro pilastri esterni,

Trattamenti anti corrosione per i ferri di armatura

Rifacimento copriferro per tutta l'altezza del pilastro.

EDIFICIO A – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

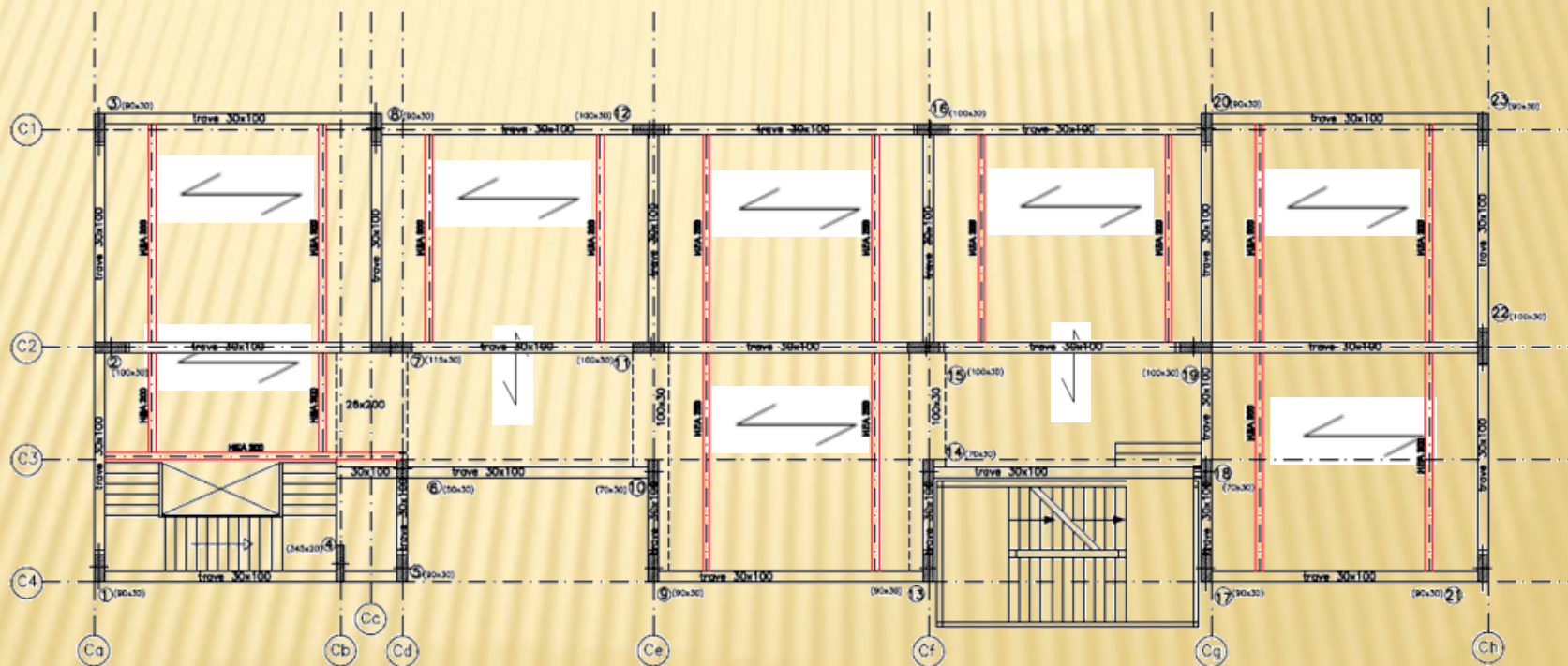
INTERVENTI SUI SOLAI:

Solai inadeguati



Travi rompi tratta in acciaio

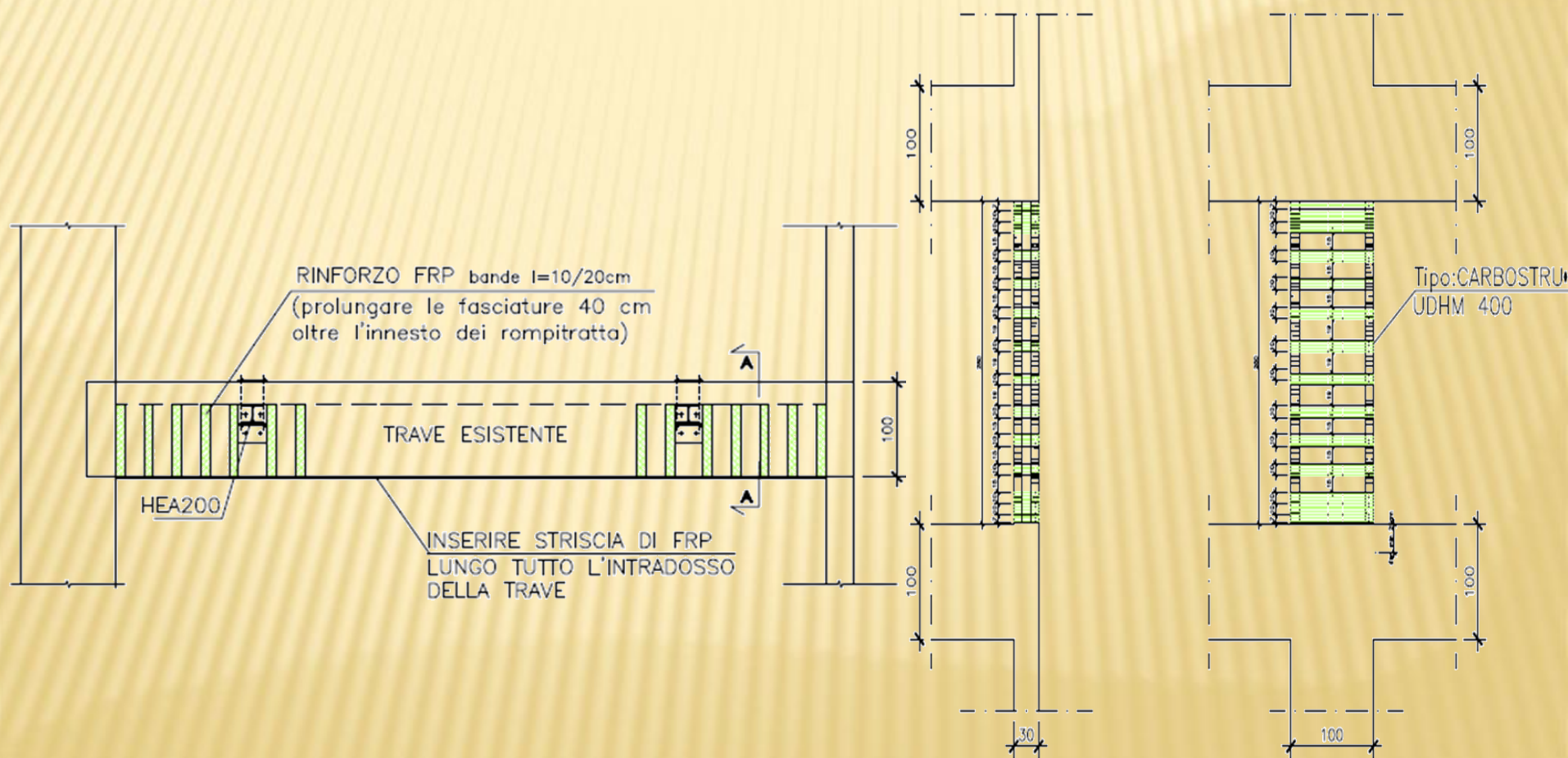
poste ad 1/6 della luce



Si sono disposte travi in acciaio HEA200 calandrate e montate a contrasto attraverso martinetti

EDIFICIO A – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

RINFORZO TRAVI SECONDARIE ED INCREMENTO DI DUTTILITÀ DEI PILASTRI:



PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

EDIFICIO A, C SETTI IN C.A. ALL'INTERRATO E CONTROVENTI DISSIPATIVI IN ELEVAZIONE

Finalità dell'intervento è quella di limitare le deformazioni interpiano e regolarizzare la deformata.

Obiettivo:

Impedire il martellamento tra le strutture adiacenti e scongiurare meccanismi di piano (regolarizzazione della deformata e limitare la deformazione interpiano)

L'ipotesi progettuale fatta risulta essere compatibile con un livello di deformazione tale da scongiurare meccanismi di interazione tra struttura e tamponature tali da generare “short columns”, severi danni alle tamponature, e spostamenti compatibili con la dimensione dei giunti in elevazione.

PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

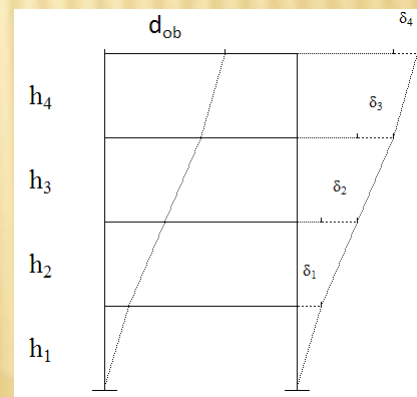
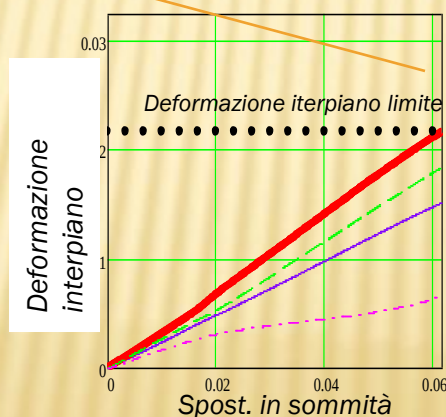
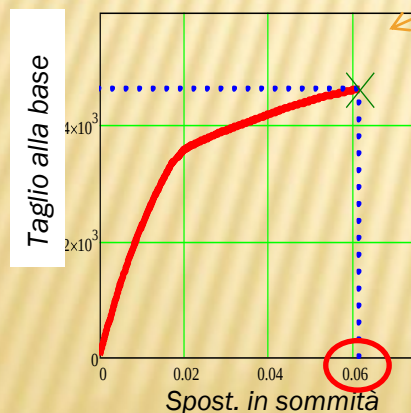
EDIFICIO A, C SETTI IN C.A. ALL'INTERRATO E CONTROVENTI DISSIPATIVI IN ELEVAZIONE

E' stata condotta una analisi statica non lineare adottando la 1° e la 2° forma modale sul modello 3D del corpo A e del corpo C

E' stato determinato sulla curva di capacità lo spostamento obiettivo, corrispondente con il raggiungimento del livello prestazionale limite prefissato

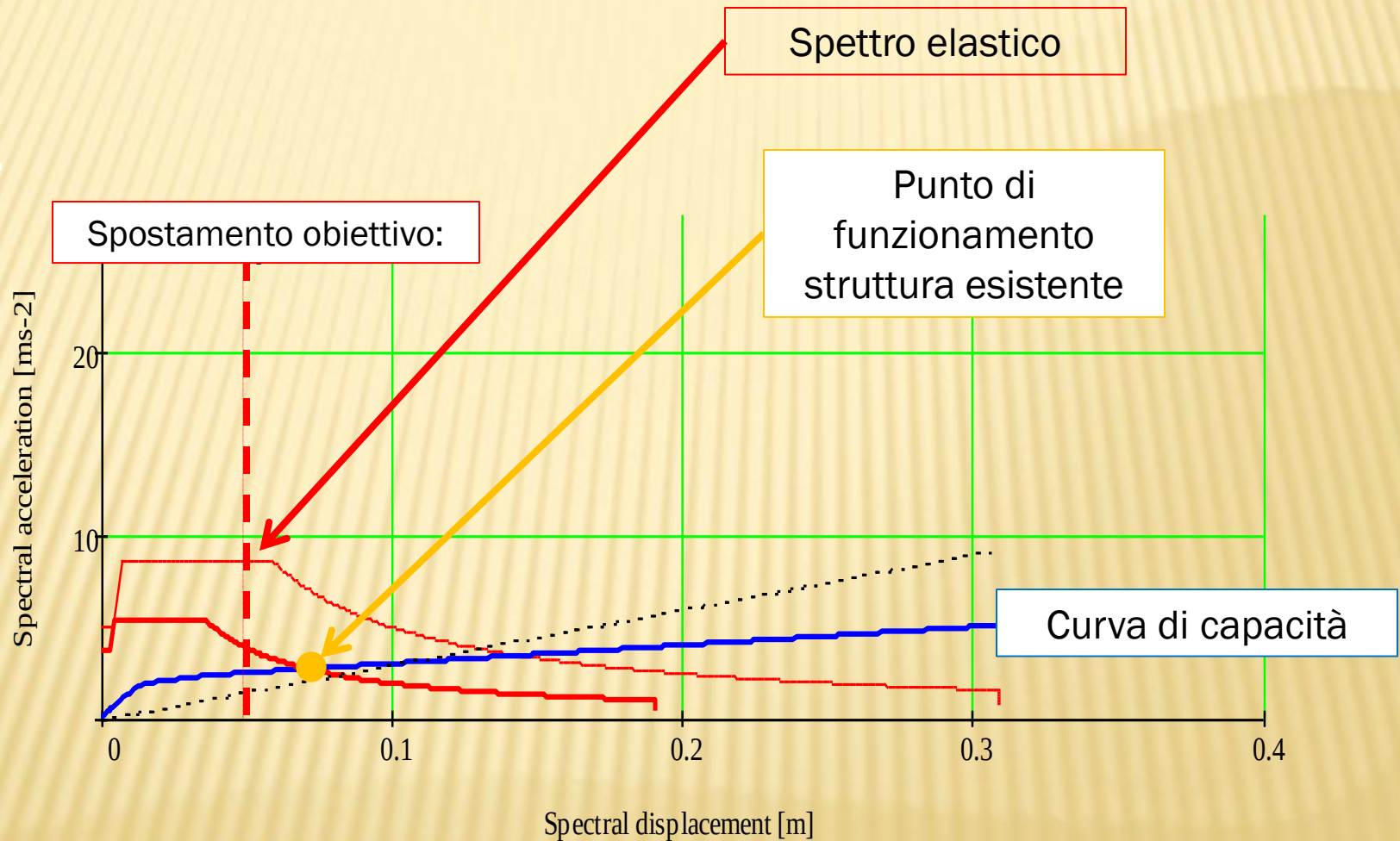
Definizione dello spostamento obiettivo

Raggiungimento dello SL



Spostamento corrispondente allo SL
(danno limitato alle tamponature def. Interpiano < 0.5%)

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI FUNZIONAMENTO DELLA STRUTTURA ESISTENTE

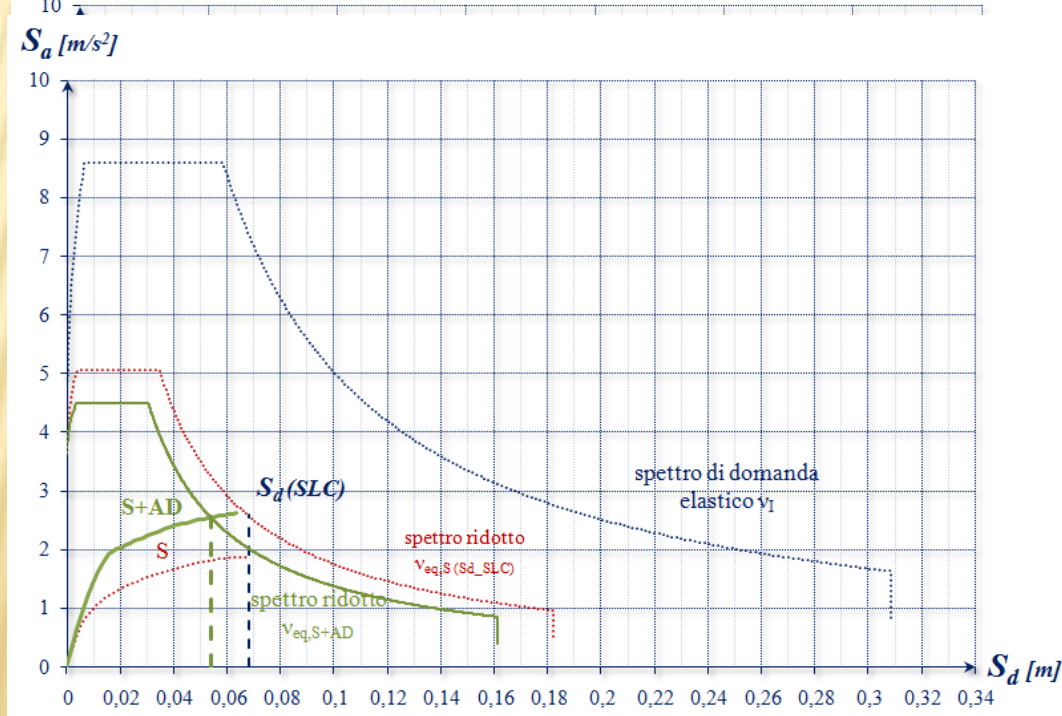


DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DISSIPATIVO

Scelta dei dissipatori

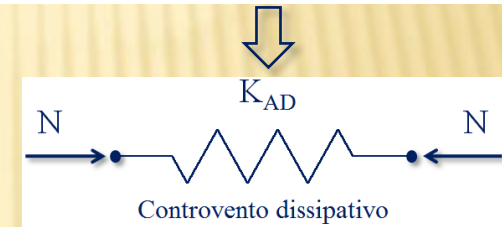
Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	Profilato Tipo	K_A kN/mm
V	36	13/40-b	100	62	HE 100 AA	74
IV	42	37/40-b	300	170	HE 120 AA	92
III	54	56/40-b	450	274	HE 120 A	94
II	90	56/40-b	450	274	HE 180 AA	174

$S_a [m/s^2]$ FORMATO ADRS (S_a - S_d): Spettro di domanda – Spettro di capacità

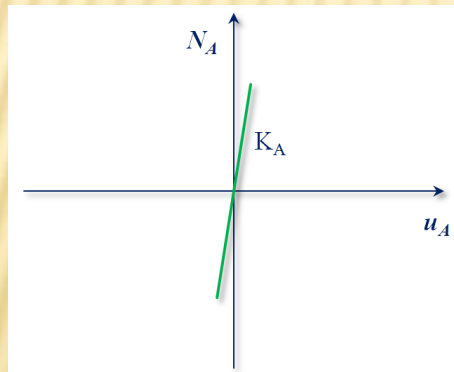


EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

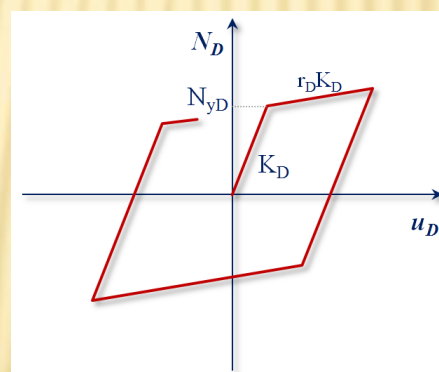
Comportamento della serie Asta di collegamento + Dissipatore (AD)



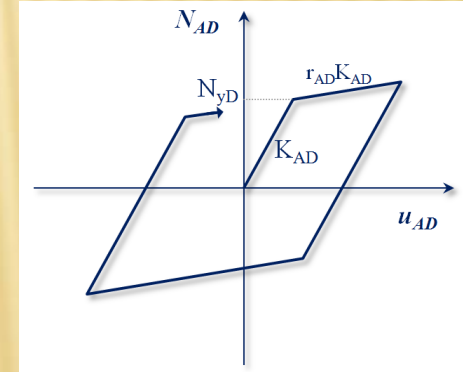
Asta di collegamento (A)



Dissipatore (D)



Controvento dissipativo (AD)



$$N_{AD} = N_A = N_D \Rightarrow \text{Se } N_{y,D} < N_{y,A} \text{ L'asta rimane in campo elastico} \Rightarrow E_D$$

$$u_{AD} = u_A + u_D \Rightarrow \frac{N}{K_{AD}} = \frac{N}{K_A} + \frac{N}{K_D} \Rightarrow K_{AD} = \frac{1}{1/K_A + 1/K_D} \Rightarrow E_S$$

EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

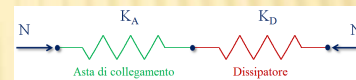
Comportamento della serie Asta di collegamento + Dissipatore (AD)

Spostamento assiale medio di snervamento dissipatori
BRAD marca FIP (poco variabile tra i vari modelli)

$$u_{y,D,medio} = 1,7\text{mm} \approx \text{cost}$$

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Essendo $u_{y,D} = \frac{N_y}{K_D}$ Diminuire K_D significa diminuire N_y



$$K_{AD} = \frac{K_A \cdot K_D}{K_A + K_D}$$

$K_{AD} \longrightarrow$ Fissata dalla
procedura
progettuale

$K_D \longrightarrow$ Fissata
scegliendo il
dissipatore

Soluzione A

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	37/40-b	300	170	56	3,0
III	54	56/40-b	450	274	67	4,1
II	90	56/40-b	450	274	134	2,0

Soluzione B

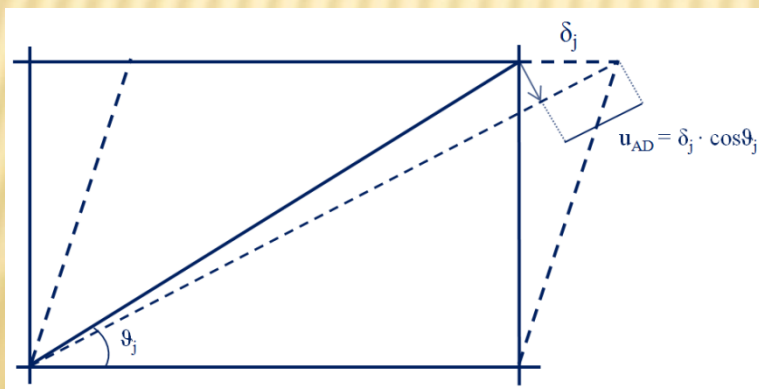
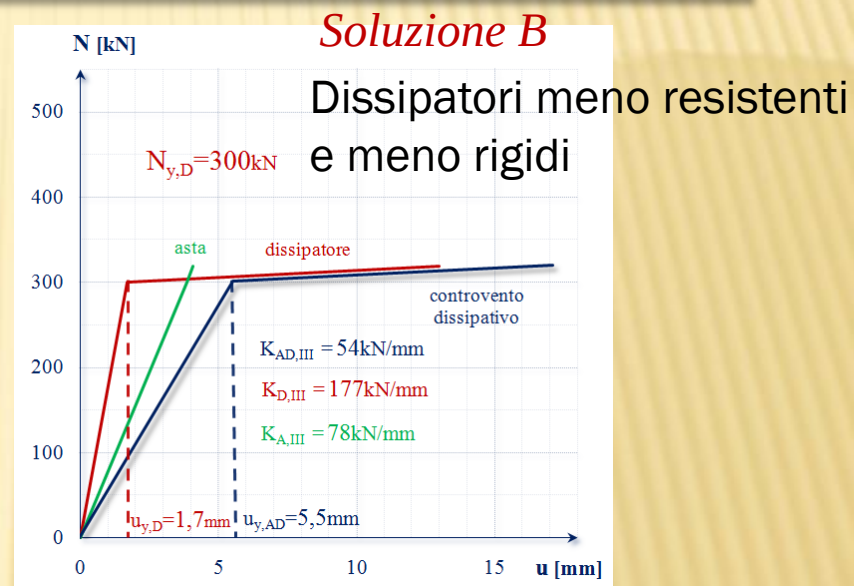
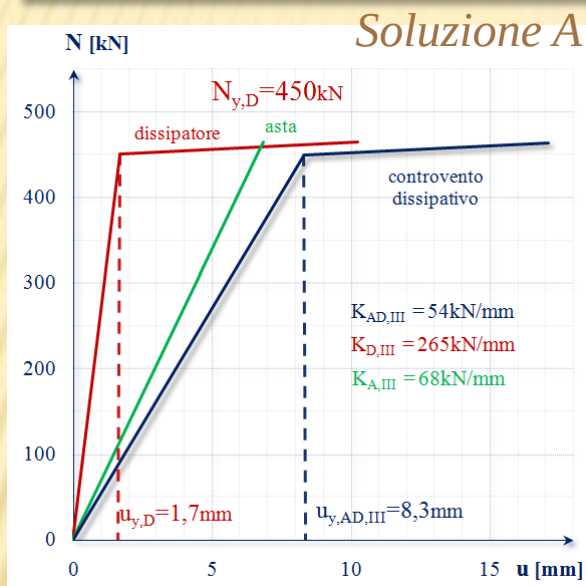
Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	33/40-b	250	149	58	2,5
III	54	37/40-b	300	170	79	2,1
II	90	37/40-b	300	170	191	0,9



$$K_A = \frac{K_A \cdot K_D}{K_D - K_{AD}}$$

EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Spostamento interpiano che attiva i cicli di isteresi del dissipatore D al III piano



$K_{AD,III}$: rigidezza elastica di progetto della serie asta+dissipatore al III piano

$K_{AD,III}$ kN/mm	N_y kN	$u_{y,AD}$ mm	$\cos \theta$ -	δ mm
54	450	8,3	0,918	9,0
54	300	5,5	0,918	6,0

Diminuendo il rapporto di rigidezza K_D^* tra dissipatore e asta $d < i$ collegamento è possibile anticipare l'attivazione dei cicli di isteresi

EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

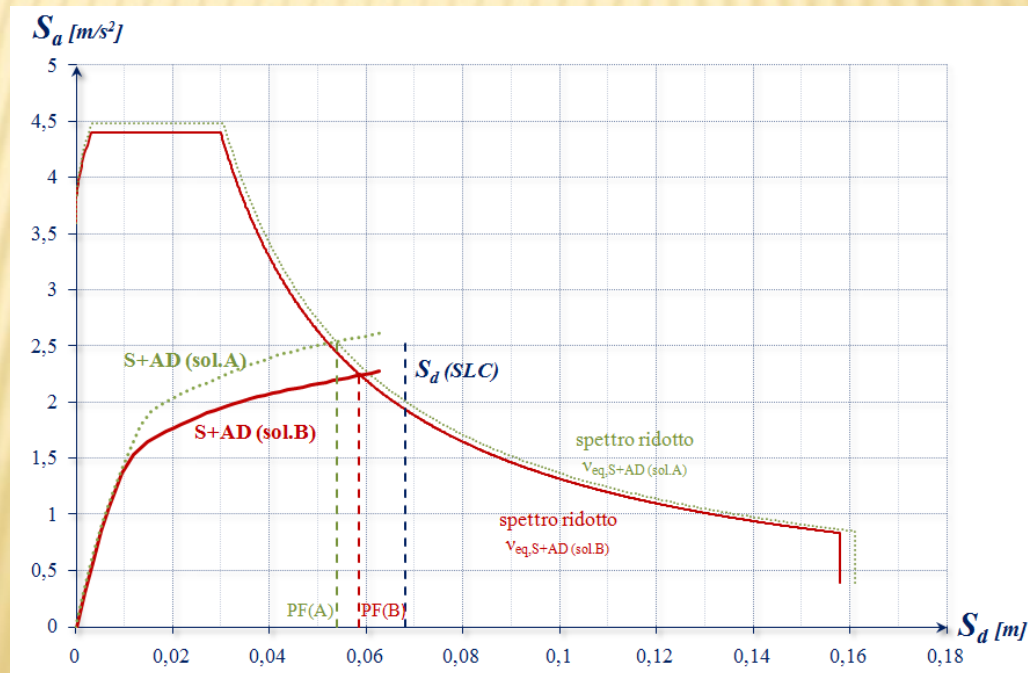
Punto di Funzionamento Soluzione B

Soluzione A

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	37/40-b	300	170	56	3,0
III	54	56/40-b	450	274	67	4,1
II	90	56/40-b	450	274	134	2,0

Soluzione B

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	33/40-b	250	149	58	2,5
III	54	37/40-b	300	170	79	2,1
II	90	37/40-b	300	170	191	0,9

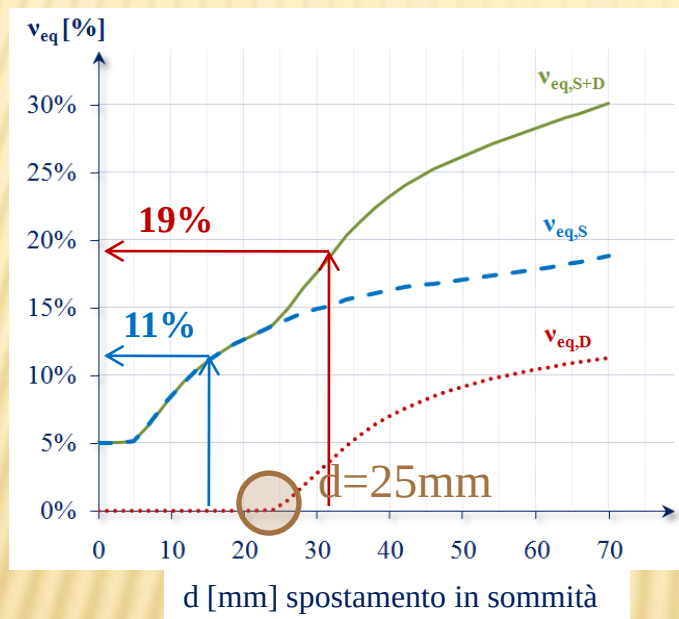


EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

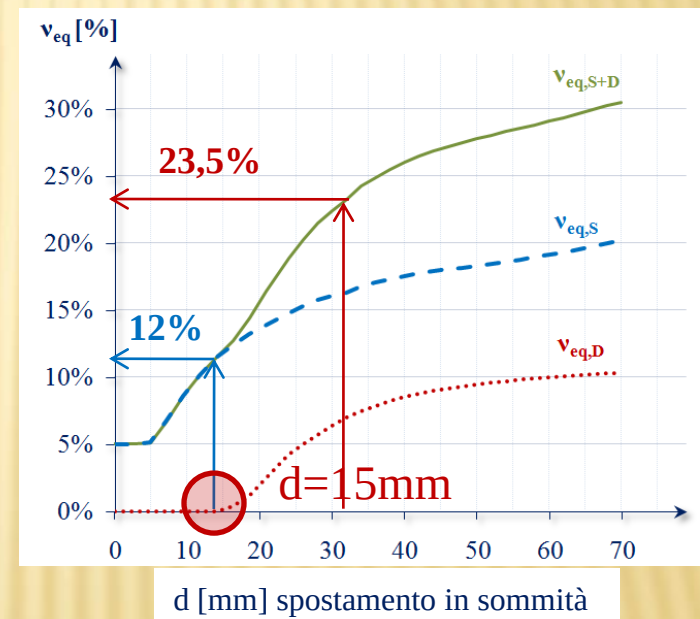
Attivazione dello smorzamento

Andamento dello smorzamento viscoso equivalente
all'aumentare dello spostamento in sommità

Soluzione A (450-450-300-100)



Soluzione B (300-300-250-100)

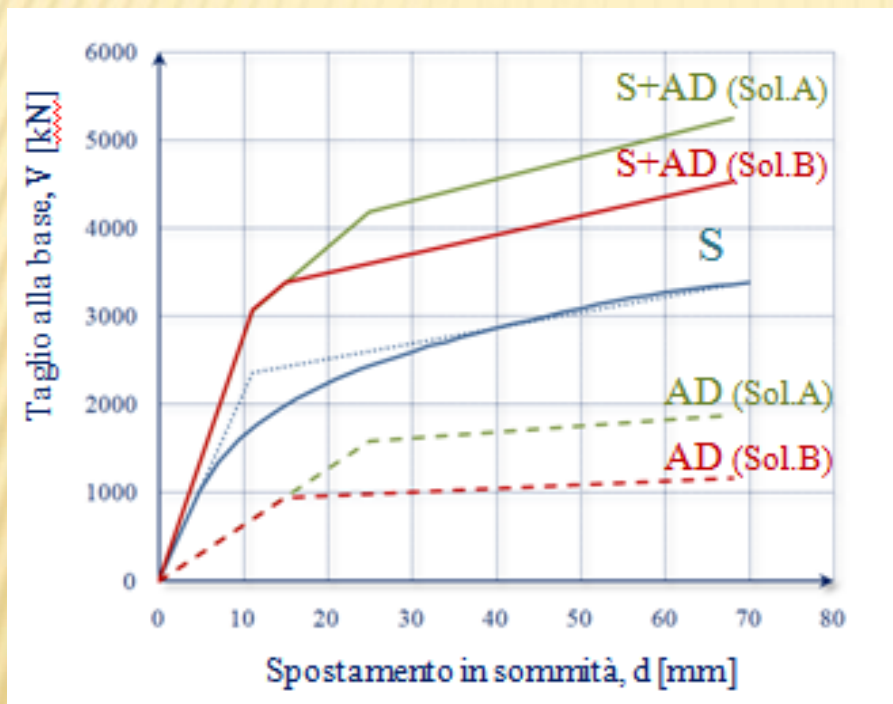


$d=15$ mm spostamento in sommità per cui non si attivano i controventi

$d=32$ mm spostamento in sommità per cui i controventi contribuiscono
allo smorzamento complessivo

VALUTAZIONI ECONOMICHE DELL'OTTIMIZZAZIONE

Incremento della performance della struttura controventata



Riduzione dei costi
dell'intervento

Costo intervento dissipatori

Soluzione A 206.500 €

Soluzione B 196.700 €

$\Delta \text{costi} \approx 5\%$

EDIFICIO A: OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Costi

	Sol.A	Sol.B
Piano	N _y	N _y
V	100	100
IV	300	250
III	450	450
II	450	300

Costo intervento dissipatori

Soluzione A 206.500 €

Soluzione B 196.700 €

Prove di qualificazione	n.3 a rottura		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Prove a rottura	0	2	0
Prove elastiche	0	0	0
Costo dispositivo	938	1271	1544
Costo prove	2450	2450	2450
7441 €	0	7441	0

Prove di accettazione:	n.3 a rottura + n.8 elastiche		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Prove a rottura	1	1	1
Prove elastiche	2	2	4
Costo dispositivo	938	1271	1544
Costo prove	1230	1230	1230
17283 €	4628	4961	7694

Prove di qualificazione	n.3 a rottura		
Tipo Brad	13/40-b	33/40-b	37/40-b
Prove a rottura	0	2	0
Prove elastiche	0	0	0
Costo dispositivo	938	1184	1271
Costo prove	2450	2450	2450
7268 €	0	7268	0

Prove di accettazione:	n.3 a rottura + n.8 elastiche		
Tipo Brad	13/40-b	33/40-b	37/40-b
Prove a rottura	1	1	1
Prove elastiche	2	2	4
Costo dispositivo	938	1184	1271
Costo prove	1230	1230	1230
16923 €	4628	4874	7421

Dissipatori	n.9 / piano		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Costo d'appalto	1680	2275	2764
n°dissipatori	9	9	18
85350 €	15120	20472	49758

Dissipatori	n.9 / piano		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Costo d'appalto	1680	2120	2275
n°dissipatori	9	9	18
75142 €	15120	19078	40945

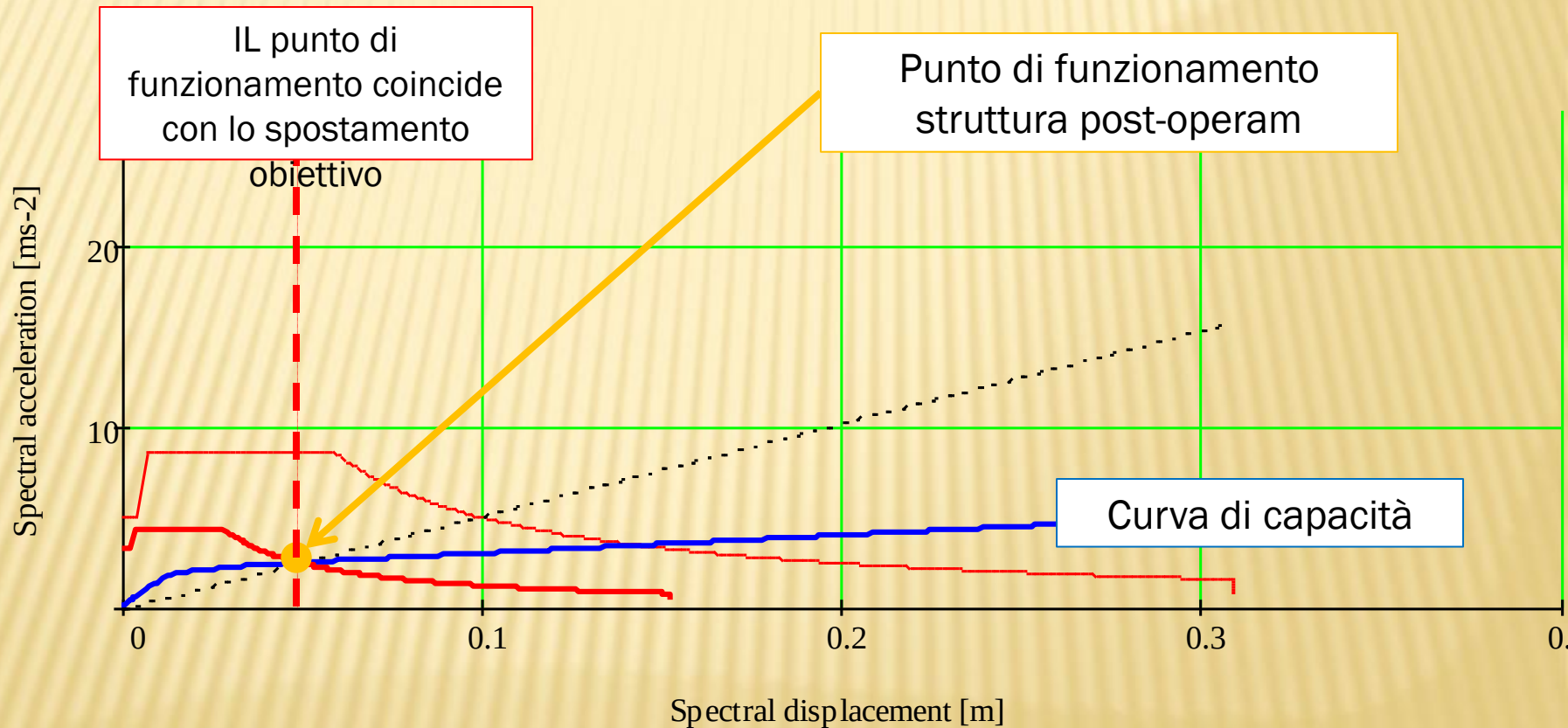
Collegamenti	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3
Costo attacco	727	933	1255
n° attacchi	16	9	10
32579 €	11632	8397	12550

Collegamenti	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3
Costo attacco	727	933	1255
n° attacchi	16	9	10
32579 €	11632	8397	12550

Aste in serie	II piano	III piano	IV piano	V piano
Profilato	HE 180 AA• HE 100 B	HE 120 AA• HE 100 AA•		
kg/m	28,7	20,4	14,6	12,2
lung. (m)	5,4	5,7	5,8	6,0
kg asta	156	115	84	73
kg piatti	7,2	7,2	7,2	7,2
€/kg	2,14	2,14	2,14	2,14
€	350	262	196	172
n° aste	9	9	9	9
8823 €	3146	2361	1764	1552

Aste in serie	II piano	III piano	IV piano	V piano
Profilato	HE 200 AA• HE 160 AA•	HE 120 AA• HE 100 AA•		
kg/m	34,6	23,8	14,6	12,2
lung. (m)	5,4	5,6	5,8	6,0
kg asta	187	134	84	73
kg piatti	7,2	7,2	7,2	7,2
€/kg	2,14	2,14	2,14	2,14
€	416	302	195	172
n° aste	9	9	9	9
9765 €	3740	2715	1757	1552

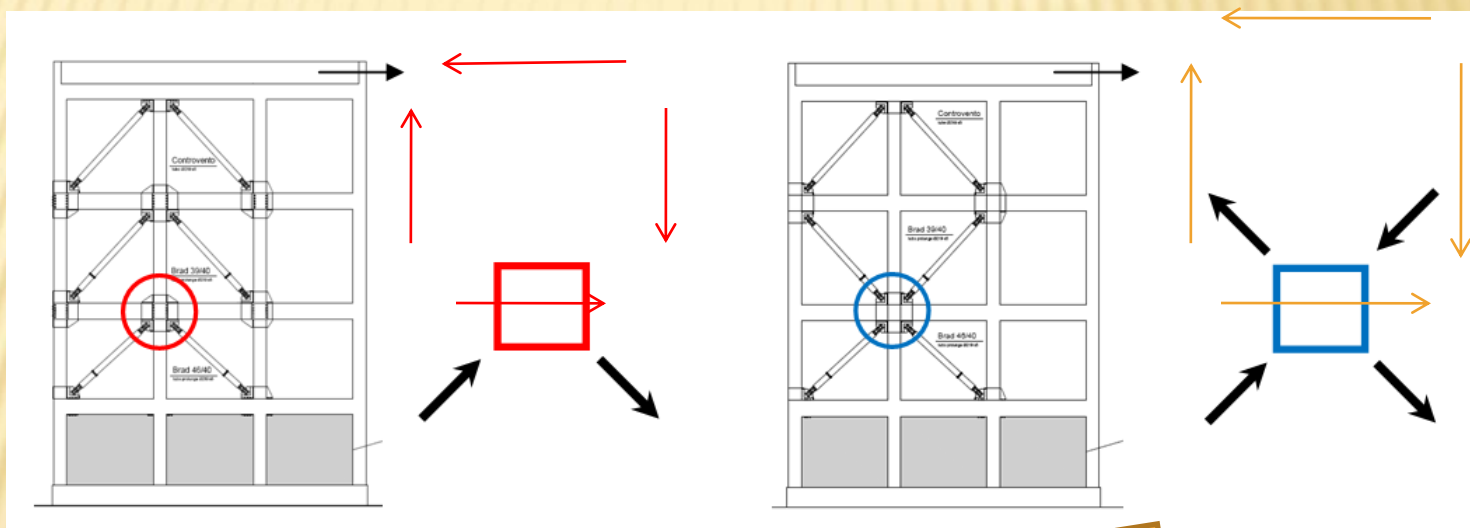
DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI FUNZIONAMENTO DELLA STRUTTURA CON CONTROVENTI



INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

DISPOSIZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

La distribuzione dei controventi è stata pensata in modo che gli sforzi che essi inducono sui nodi si bilancino il più possibile tra loro



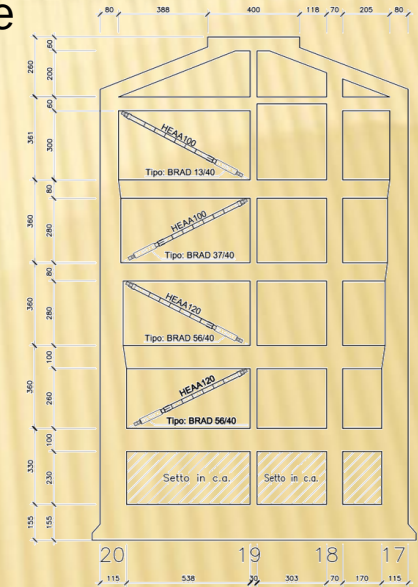
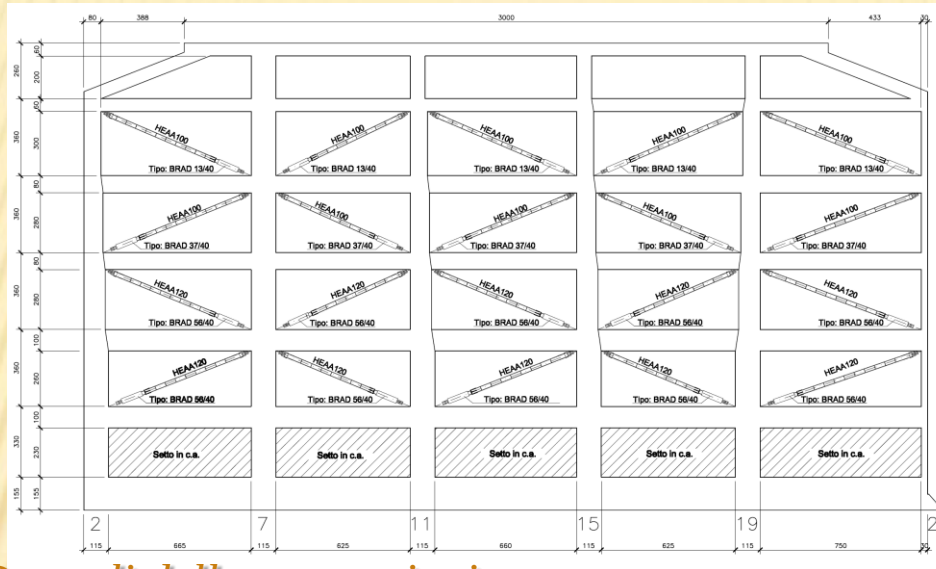
Soluzione adottata

	1.80	3.00	3.00	4.33	6.00
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					
6.00					
7.00					
8.00					
9.00					
10.00					
11.00					
12.00					
13.00					
14.00					
15.00					
16.00					
17.00					
18.00					
19.00					
20.00					
21.00					
22.00					
23.00					
24.00					
25.00					
26.00					
27.00					
28.00					
29.00					
30.00					
31.00					
32.00					
33.00					
34.00					
35.00					
36.00					
37.00					
38.00					
39.00					
40.00					
41.00					
42.00					
43.00					
44.00					
45.00					
46.00					
47.00					
48.00					
49.00					
50.00					
51.00					
52.00					
53.00					
54.00					
55.00					
56.00					
57.00					
58.00					
59.00					
60.00					
61.00					
62.00					
63.00					
64.00					
65.00					
66.00					
67.00					
68.00					
69.00					
70.00					
71.00					
72.00					
73.00					
74.00					
75.00					
76.00					
77.00					
78.00					
79.00					
80.00					
81.00					
82.00					
83.00					
84.00					
85.00					
86.00					
87.00					
88.00					
89.00					
90.00					
91.00					
92.00					
93.00					
94.00					
95.00					

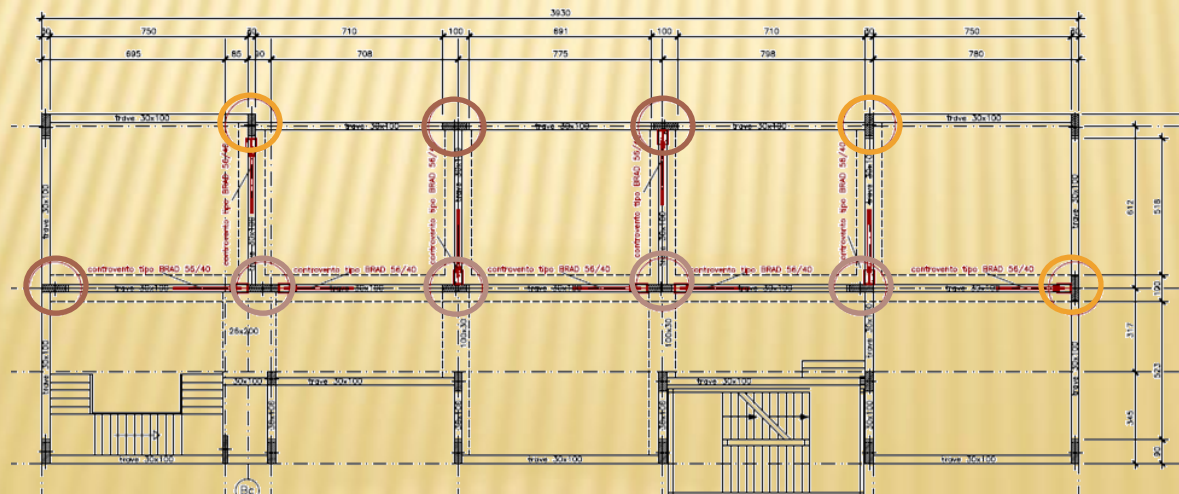


CONTROVENTI DISSIPATIVI

Sono stati inseriti sia in direzione longitudinale che trasversale

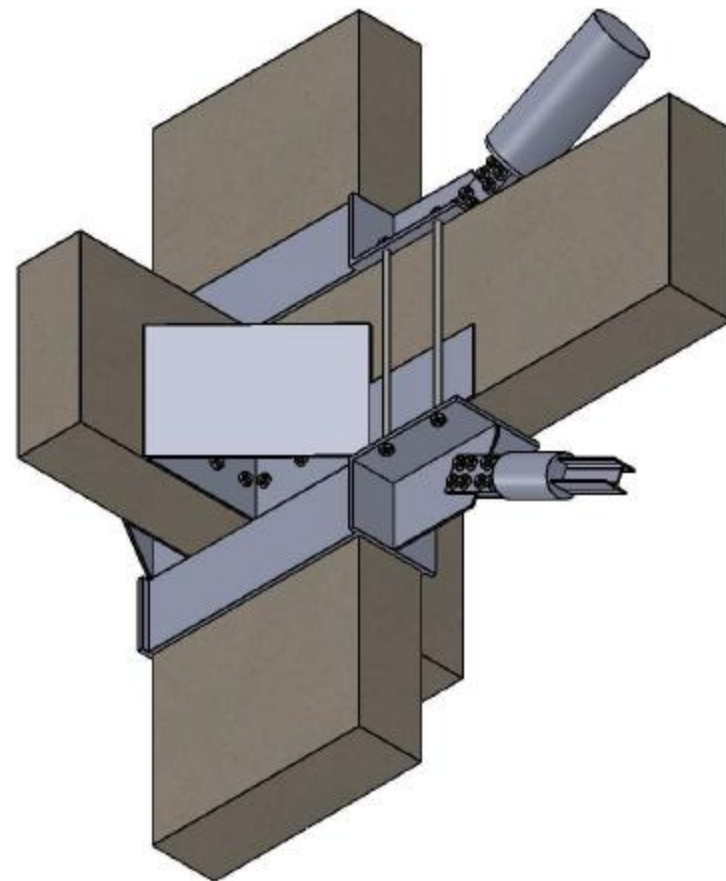
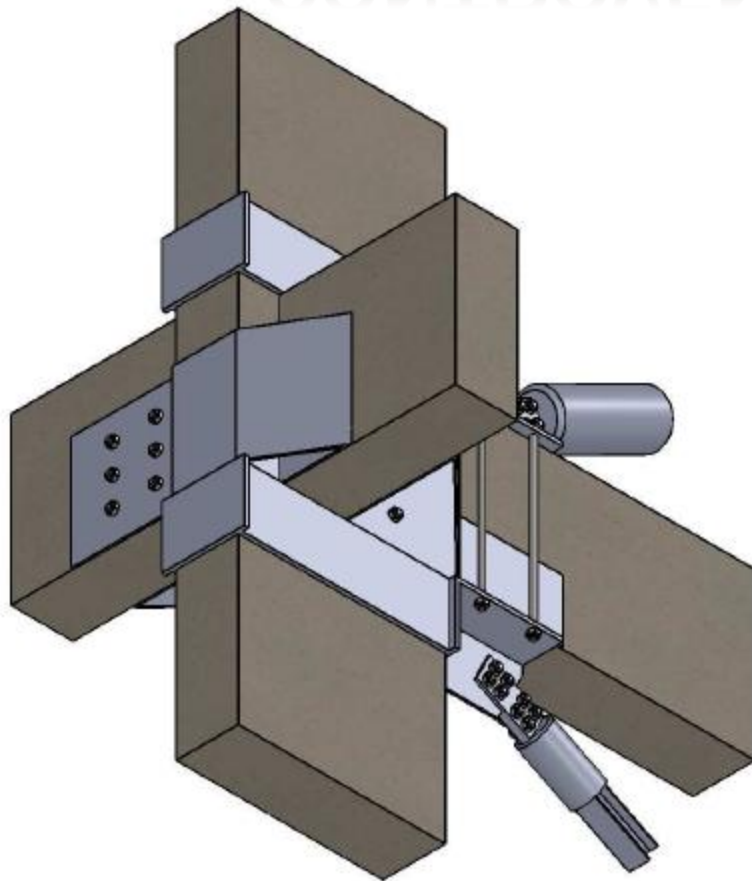


Dettagli delle connessioni

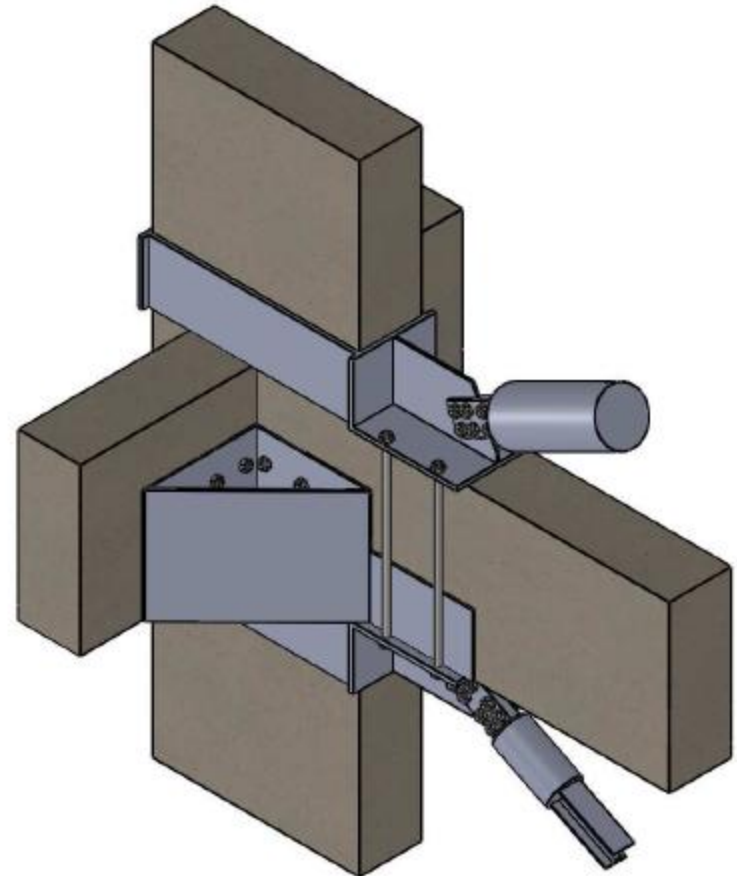
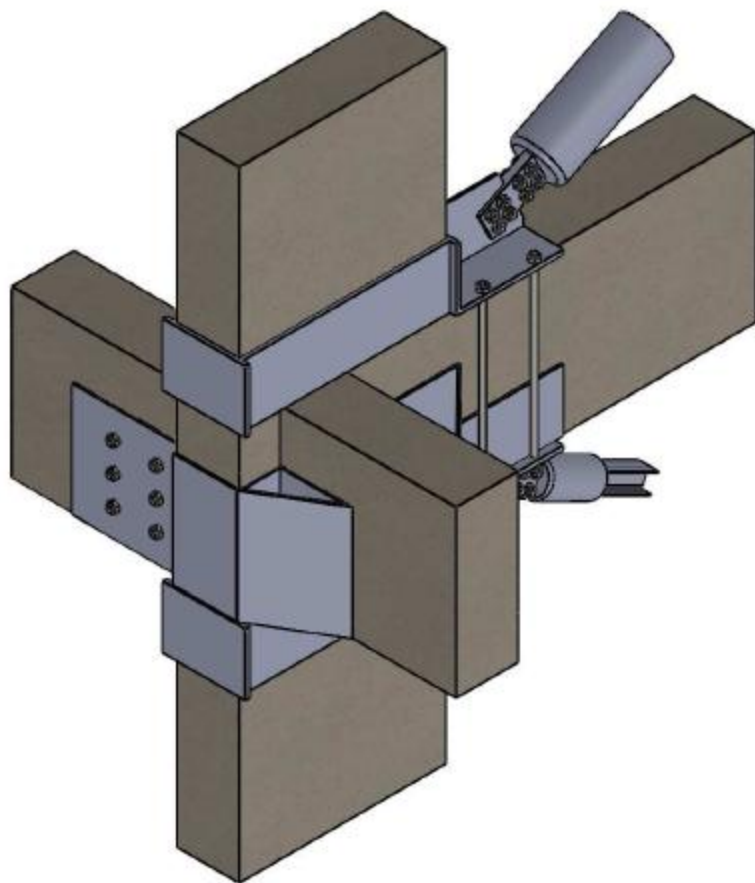


Si sono individuate
3 tipologie di attacco.

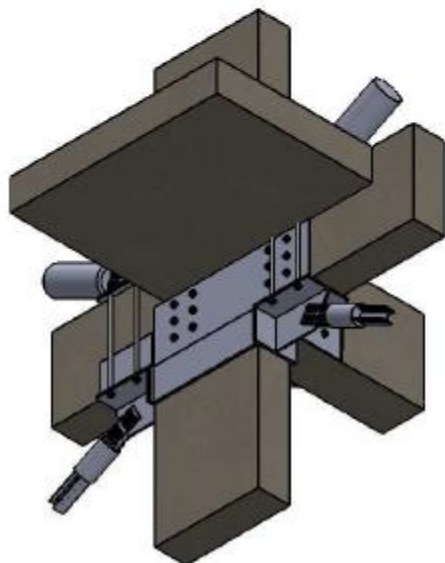
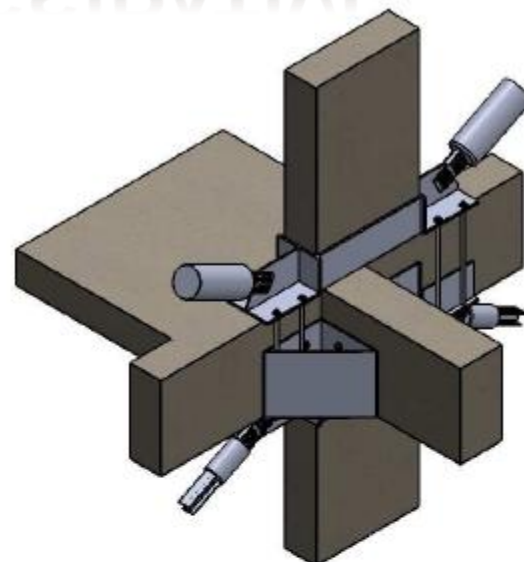
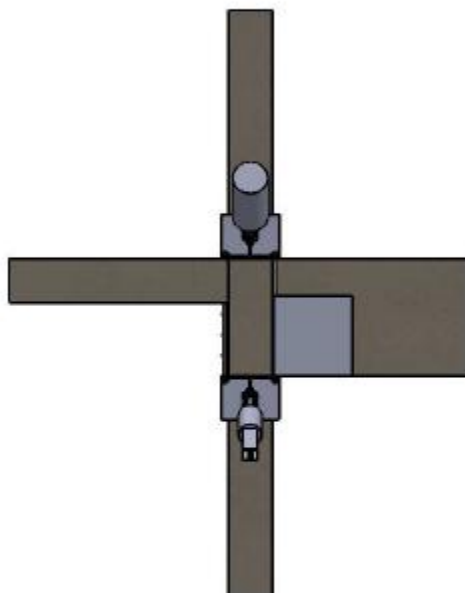
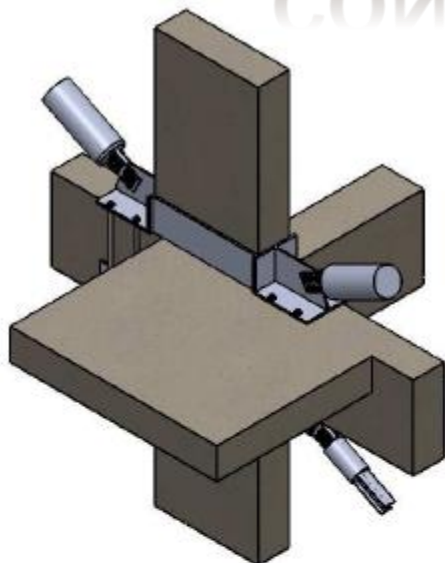
CONTROVENTI DISSIPATIVI



CONTROVENTI DISSIPATIVI



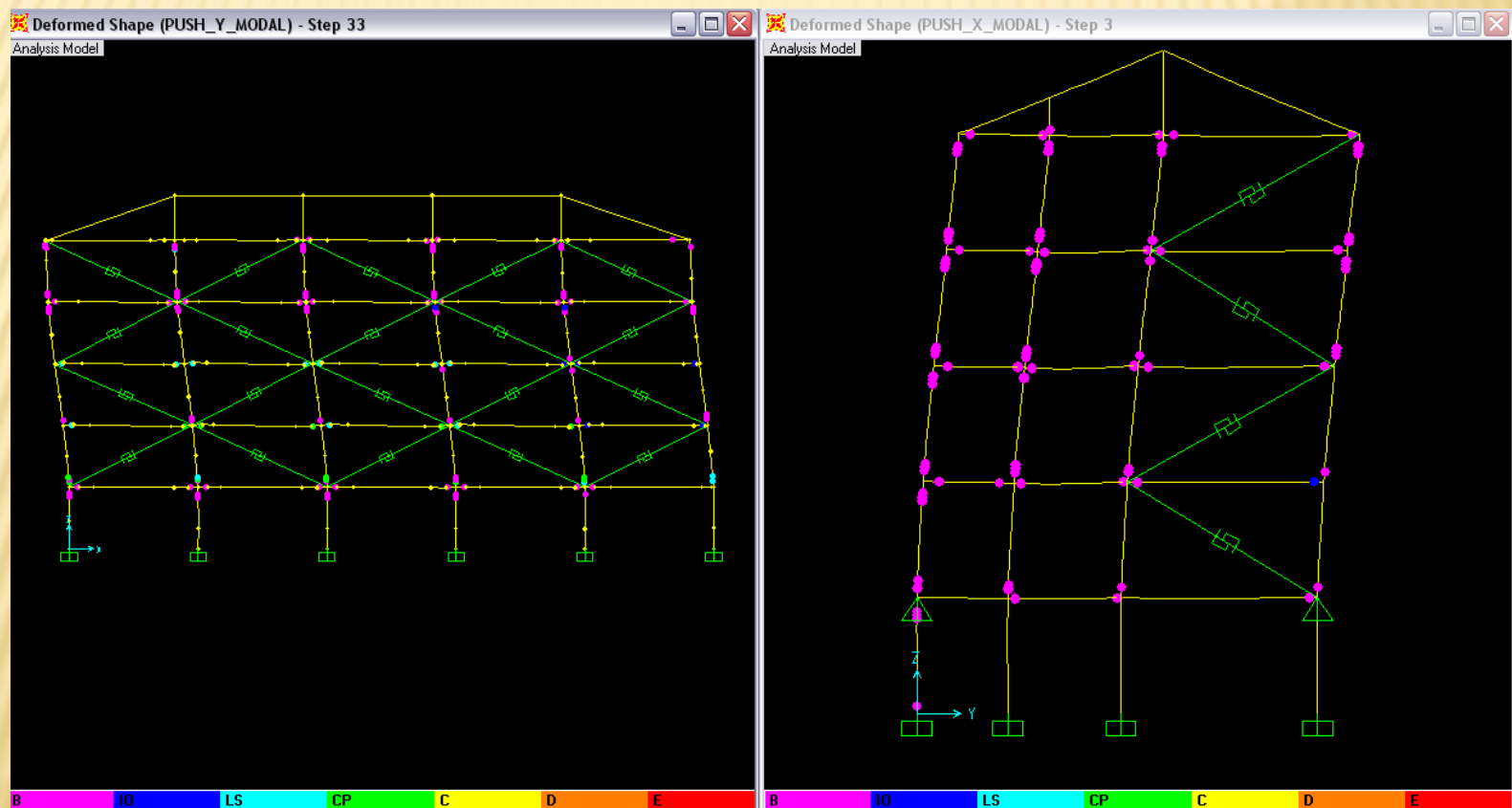
CONTROVENTI DISSIPATIVI



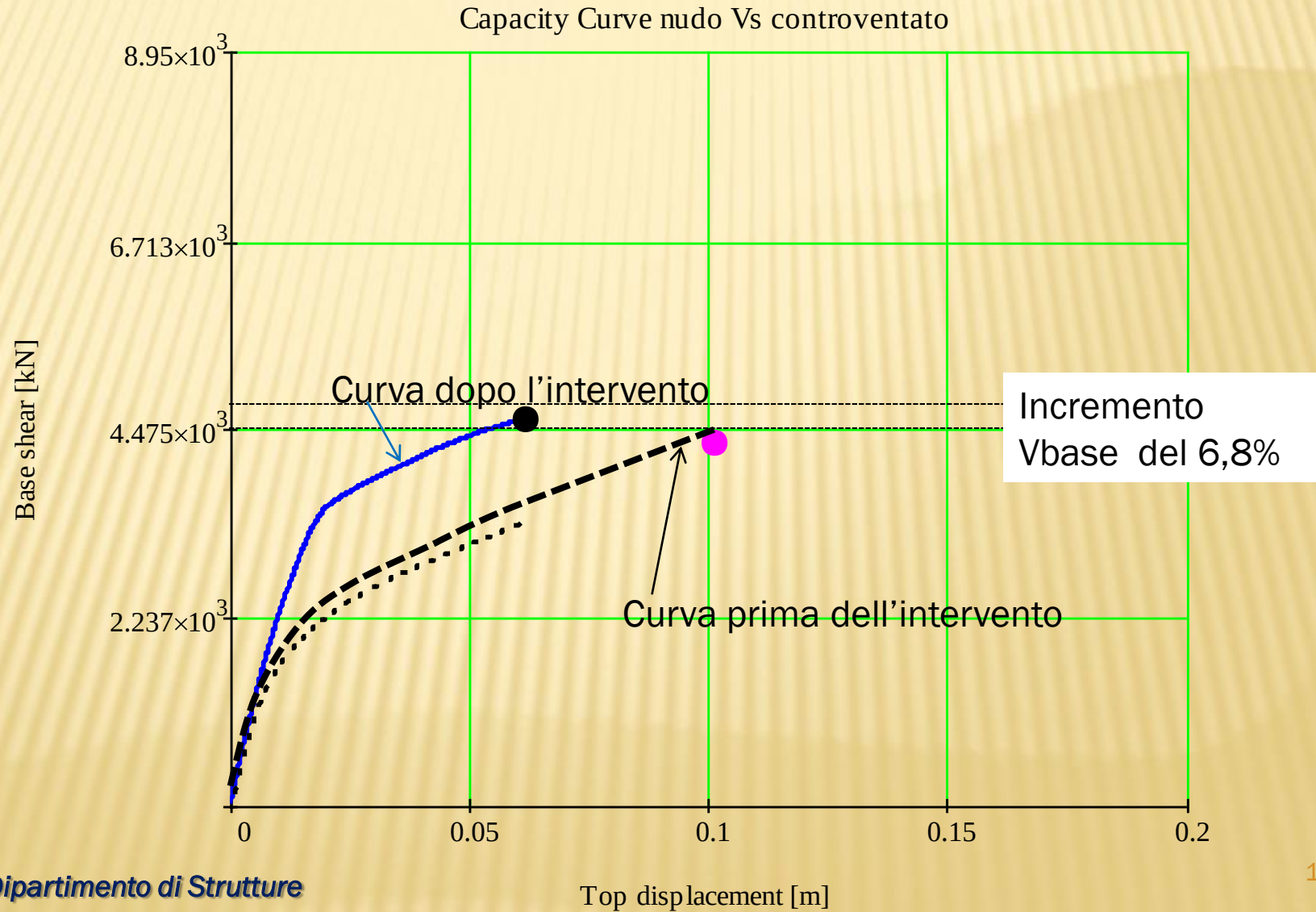
UNIVERSITY OF PADOVA DEPARTMENT OF ARCHITECTURE ARCHITECTURE STRUCTURAL ENGINEERING ARCHITECTURE				FIRE		CHIEF AND ARCHITECT		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHECKED											
APPROVED											
AND											
G.A.											
						MATERIAL		DWG. NO.		C2C2	

EFFETTO DELL'INTERVENTO SULLA RISPOSTA STRUTTURALE

Caso tipo edificio a (analogo all'edificio C) in direzione longitudinale e trasversale



EFFETTO DELL'INTERVENTO SULLA RISPOSTA STRUTTURALE – EDIFICIO A (DIR. LONGITUDINALE)



EDIFICIO B

INTERVENTI CON SETTI IN C.A.:

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA

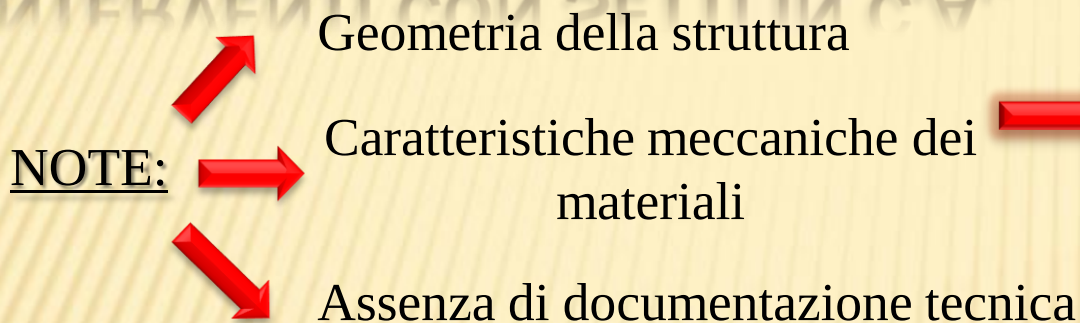


PRINCIPALI CARENZE RILEVATE

- A. Solai e travi inadeguate (sia principali che secondarie) per carichi verticali
- B. Sistema inadeguato a resistere alle azioni orizzontali

EDIFICIO B

INTERVENTI CON SETTI IN C.A.:

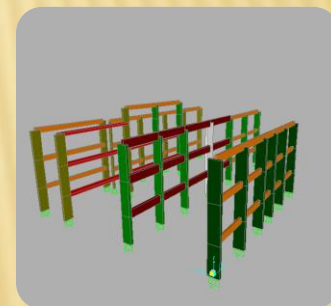
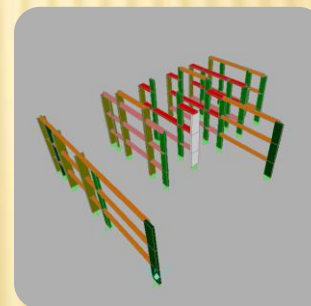


PROGETTO SIMULATO

Modellazione



Telai nelle direzioni principali X-Z e Y-Z



Normativa di riferimento



Regio Decreto del 1939

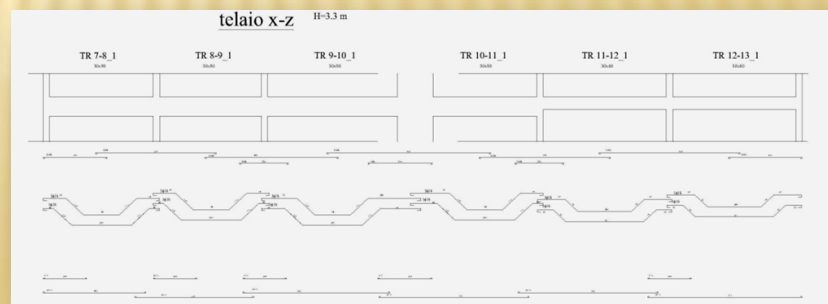
Azione sismica



$F_0 = 0.1(G_{tot} + Q_{tot}/3)$

Progetto armatura travi

Progetto armatura pilastri

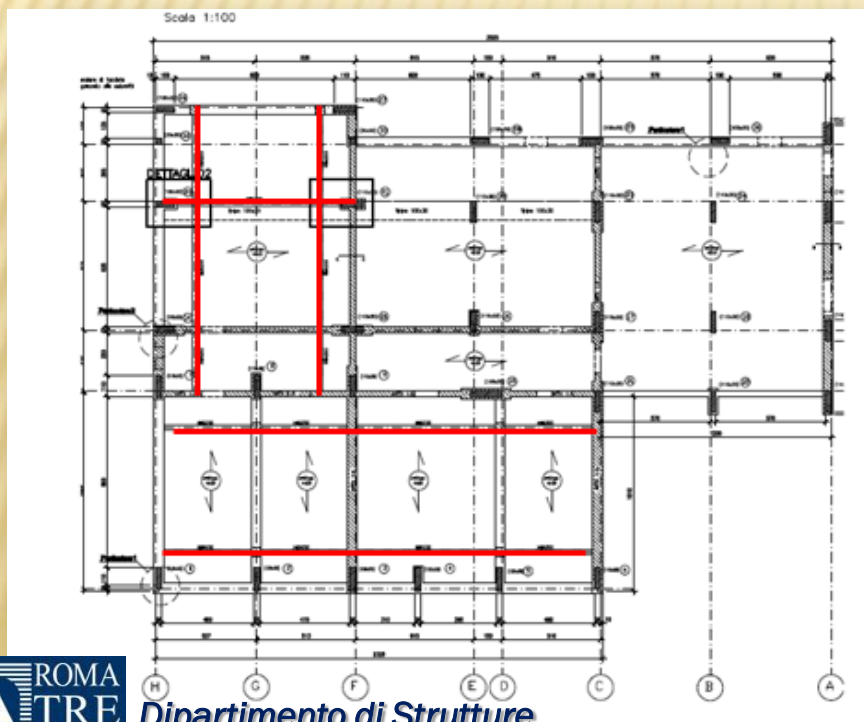


EDIFICIO B: INTERVENTI CON SETTI IN C.A.:

A. INTERVENTI per rinforzo dei solai e delle travi

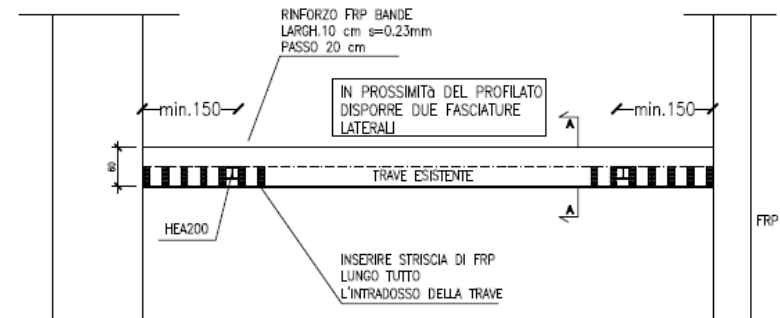
Inserite due travi rompi tratta in acciaio

Rinforzo travi secondarie a taglio e flessione con FRP dove vengono ancorate le travi rompi tratta



Particolare fasciatura trave esistente

Scala 1:50



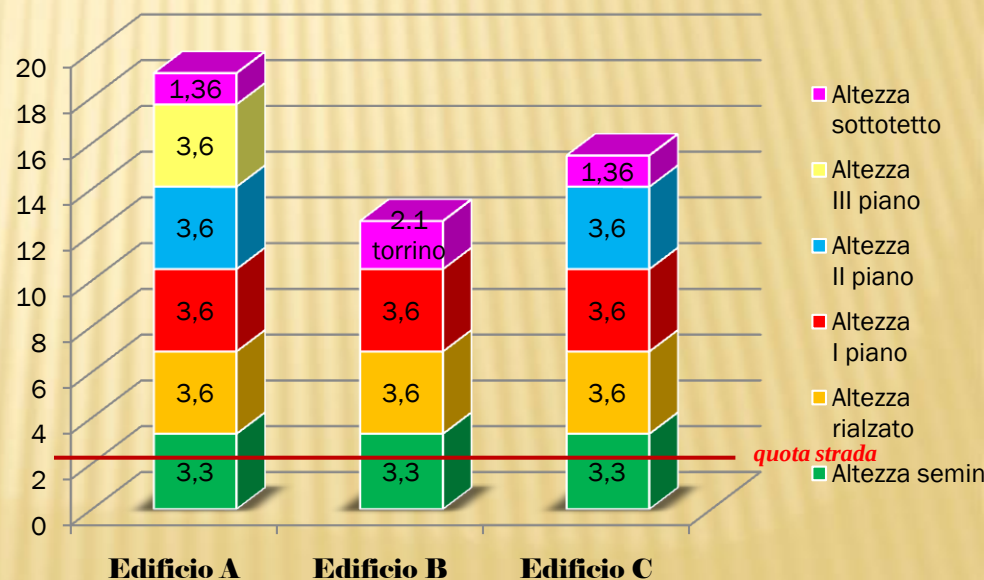
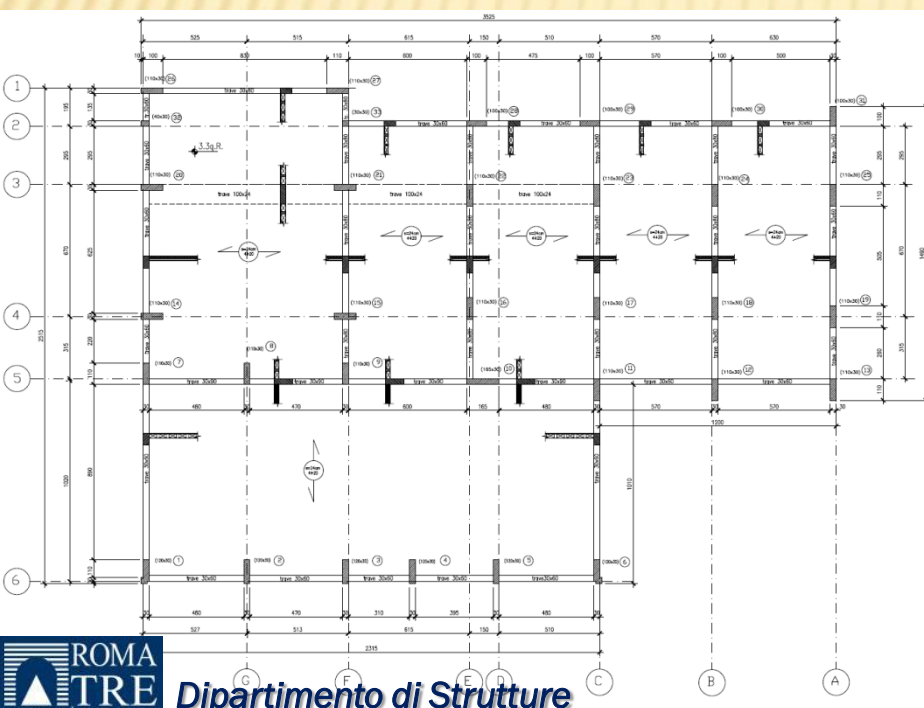
EDIFICIO B

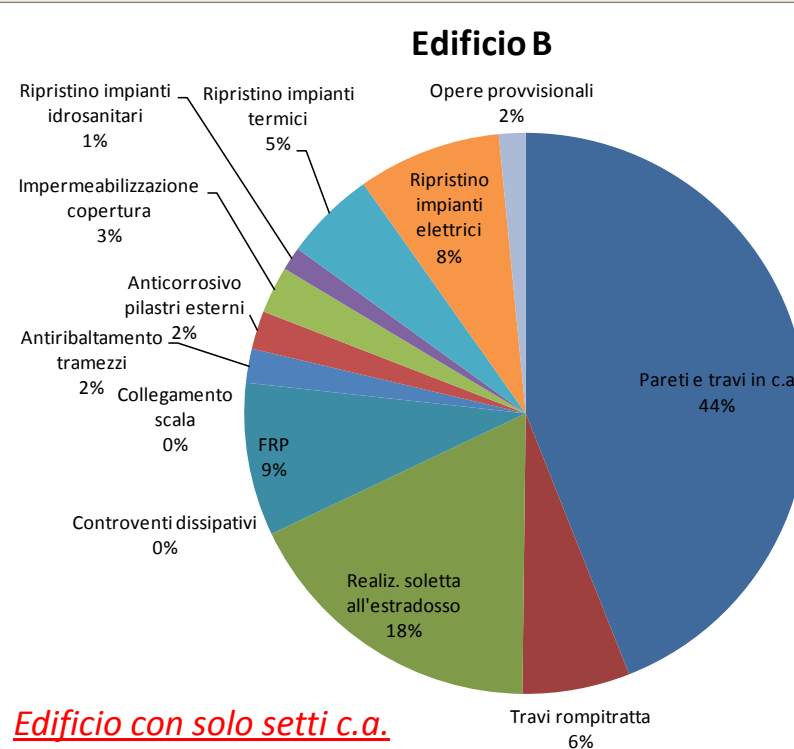
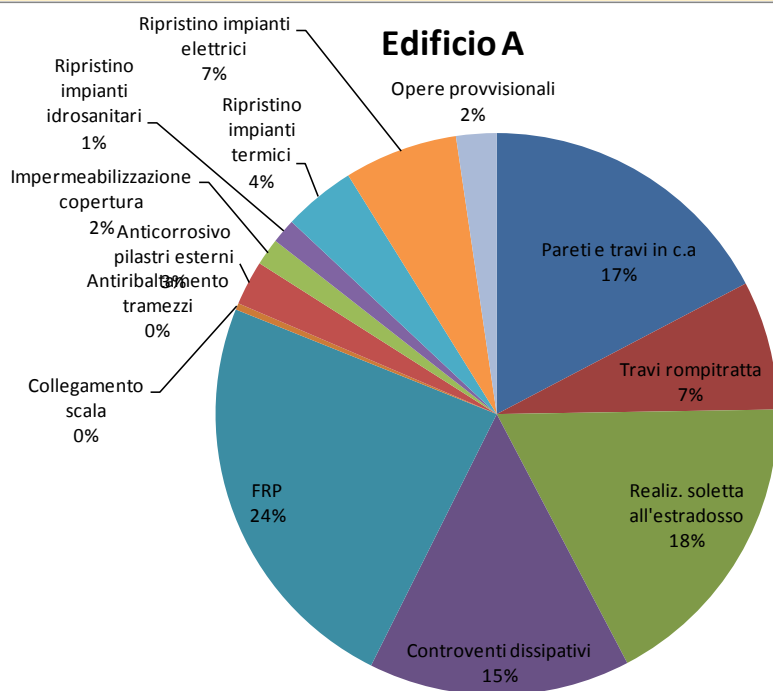
INTERVENTI CON SETTI IN C.A.:

PERCHÈ non inserire i controventi dissipativi nell'edificio B



- Maglia planimetrica e forma sono irregolari
- Assenza di intelaiatura 3D
- È più basso rispetto agli altri edifici





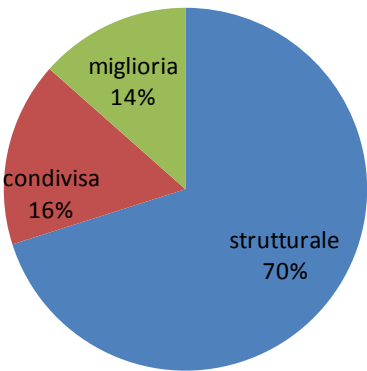
Edificio con controventi dissipativi

Edificio con solo setti c.a.

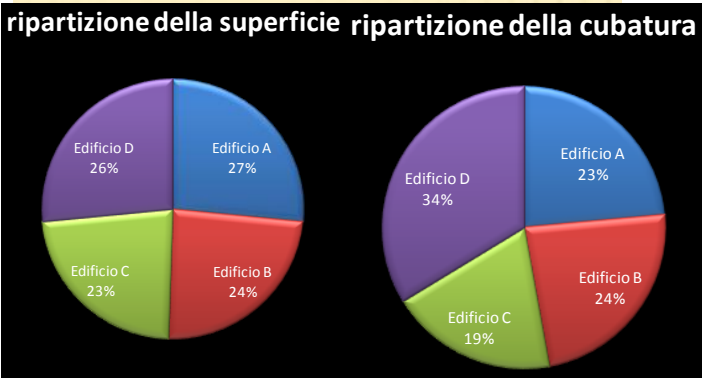
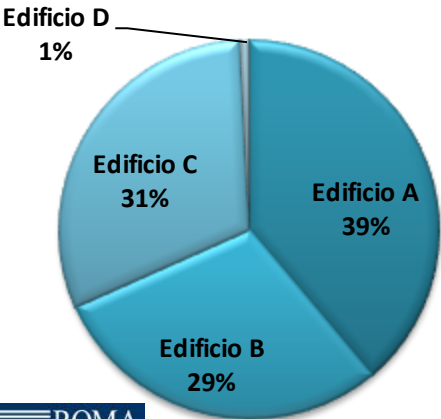
	Intera struttura				Edificio A					Edificio B				
	Spesa	Incidenza			Spesa		Incidenza			Spesa		Incidenza		
Voci di costo	€	€/m2	€/m3	€ i / € tot	€	€ i / € tot	€/m2	€/m3	i / totA	€	€ i / € tot	€/m2	€/m3	i / totA
Pareti e travi in c.a	902238	73	25	26,4%	229620	6,7%	70	27	17,3%	443206	13,0%	150	52	44,0%
Travi rompitratta	234732	19	7	6,9%	98577	2,9%	30	12	7,4%	62390	1,8%	21	7	6,2%
Realiz. soletta all'estradosso	586911	48	16	17,2%	233136	6,8%	71	27	17,6%	178924	5,2%	61	21	17,8%
Controventi dissipativi	325181	26	9	9,5%	199779	5,9%	61	24	15,1%	0	0,0%	0	0	0,0%
FRP	643616	52	18	18,8%	314356	9,2%	96	37	23,7%	88568	2,6%	30	10	8,8%
Collegamento scala	10000	1	0	0,3%	5000	0,1%	2	1	0,4%	0	0,0%	0	0	0,0%
Antiribaltamento tramezzi	19718	2	1	0,6%	0	0,0%	0	0	0,0%	19718	0,6%	7	2	2,0%
Anticorrosivo pilastri esterni	86041	7	2	2,5%	34060	1,0%	10	4	2,6%	22167	0,6%	8	3	2,2%
Impermeabilizzazione copertura	96113	8	3	2,8%	20664	0,6%	6	2	1,6%	27276	0,8%	9	3	2,7%
Ripristino impianti idrosanitari	46500	4	1	1,4%	18800	0,6%	6	2	1,4%	13600	0,4%	5	2	1,3%
Ripristino impianti termici	151978	12	4	4,5%	55136	1,6%	17	6	4,2%	52920	1,5%	18	6	5,3%
Ripristino impianti elettrici	238822	19	7	7,0%	86642	2,5%	26	10	6,5%	83160	2,4%	28	10	8,3%
Opere provvisionali	72605	6	2	2,1%	30815	0,9%	9	4	2,3%	15481	0,5%	5	2	1,5%
	€	€/m2	€/m3		€	€ i / € tot	€/m2	€/m3		€	€ i / € tot	€/m2	€/m3	
Costi totali (euro)	3414455	277	95		1326585	38,9%	406	156		1007410	29,5%	341	119	
ROMA TRE	Superficie (m2)	12313	m2		Sup. Ed.A	3270	m2			Sup. Ed.B	2950	m2		
	Cubatura (m3)	36011	m3		Vol. Ed.A	8483	m3			Vol. Ed.B	8495	m3		156

Edificio	Incidenza		Spesa Strutturale	Incidenza		Spesa Condivisa	Incidenza		Spesa di Miglioria	Incidenza	
	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3
Edificio A	406	156	958.436	293	113	205.707	63	24	162.442	50	19
Edificio B	341	119	684.578	232	81	186.752	63	22	136.080	46	16
Edificio C	373	153	749.995	265	109	169.350	60	25	133.606	47	19
Edificio D	8	2	-	-	-	-	-	-	27.509	8	2
Tot	277	95	2.393.009	194	66	561.809	46	16	459.637	37	13

Distribuzione dei costi



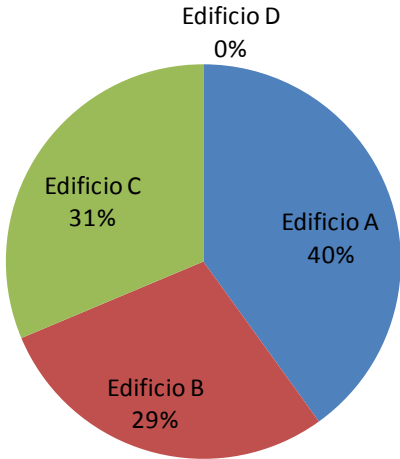
ripartizione spesa complessiva



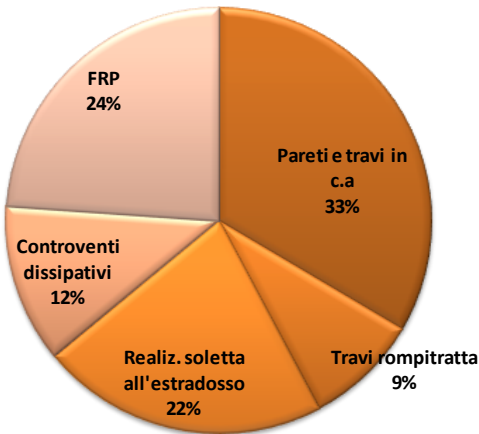
lavori	€
Costi totali (euro)	3414455
Superficie (m2)	12313
Cubatura (m3)	36011

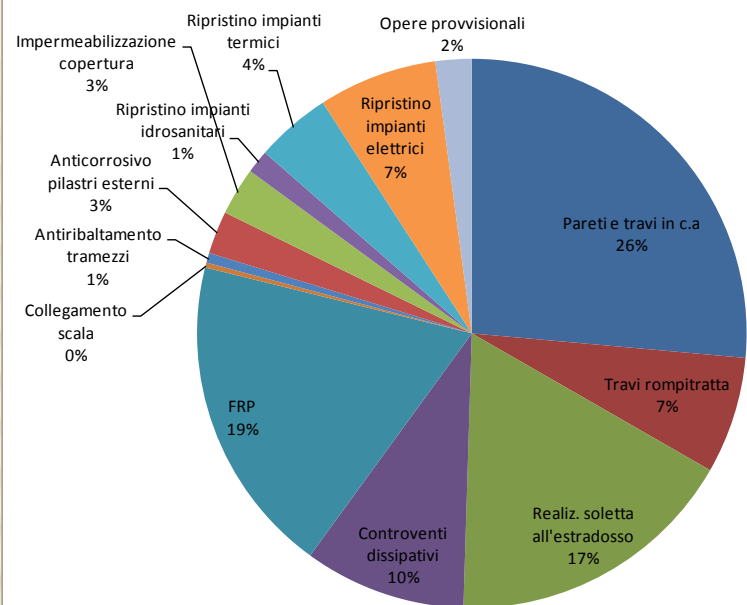
Somme a disposizione dell'Amministrazione:	
Imprevisti (compresa IVA): 25%	861890,0825
Spese tecniche (3%)	103426,8099
IVA (10% su lavori e 20% spese tecniche)	365441,395
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	1330758,287
TOTALE FINANZIAMENTO	4778318,617

ripartizione spesa per interventi strutturali



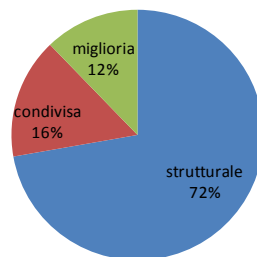
rilevanza voci di di spesa per interventi strutturali sul totale



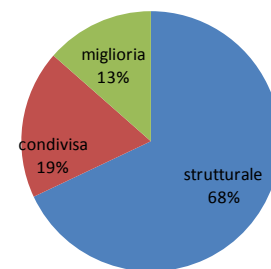


Distribuzione costi €/m²

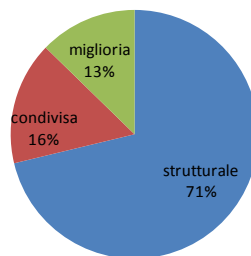
edificio A: distribuzione dei costi



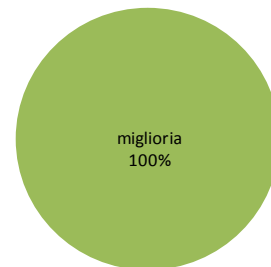
edificio B: distribuzione dei costi



edificio C: distribuzione dei costi



edificio D: distribuzione dei costi



Voci di costo	Intera struttura			
	Spesa	Incidenza		
	€	€/m2	€/m3	€i / €tot
Pareti e travi in c.a.	902238	73	25	26,4%
Travi rompitratta	234732	19	7	6,9%
Realiz. soletta all'estradosso	586911	48	16	17,2%
Controventi dissipativi	325181	26	9	9,5%
FRP	643616	52	18	18,8%
Collegamento scala	10000	1	0	0,3%
Antiribaltamento tramezzi	19718	2	1	0,6%
Anticorrosivo pilastri esterni	86041	7	2	2,5%
Impermeabilizzazione copertura	96113	8	3	2,8%
Ripristino impianti idrosanitari	46500	4	1	1,4%
Ripristino impianti termici	151978	12	4	4,5%
Ripristino impianti elettrici	238822	19	7	7,0%
Opere provvisionali	72605	6	2	2,1%
	€	€/m2	€/m3	
Costi totali (euro)	3414455	277	95	
Superficie (m2)	12313	m2		
Cubatura (m3)	36011	m3		

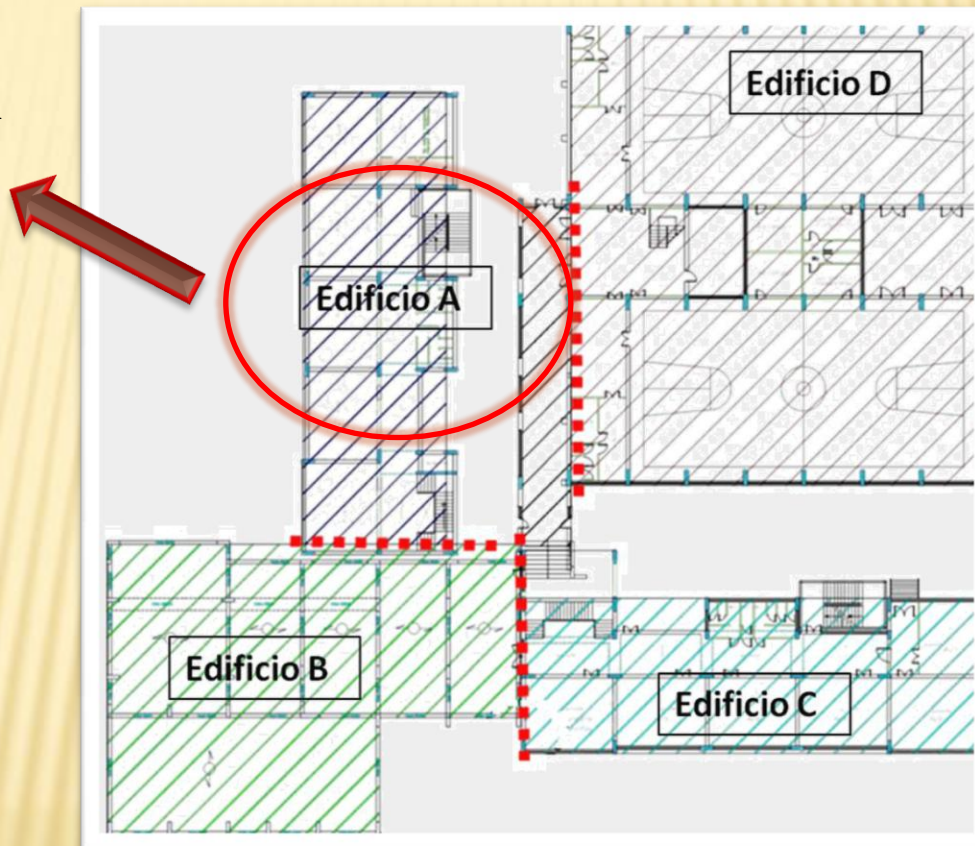
EDIFICIO A

ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - SETTI

Edificio A adeguato con
controventi dissipativi



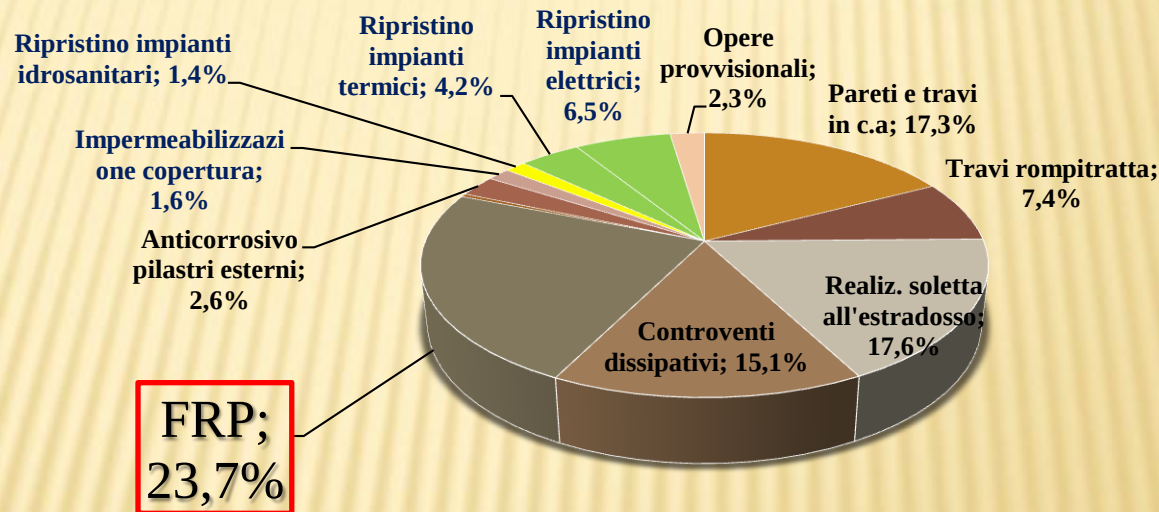
Adeguamento con
SETTI IN C.A.



EDIFICIO A ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - SETTI

PERCHÉ STUDIARE QUEST'ALTERNATIVA?

DISTRIBUZIONE COSTI EDIFICIO A



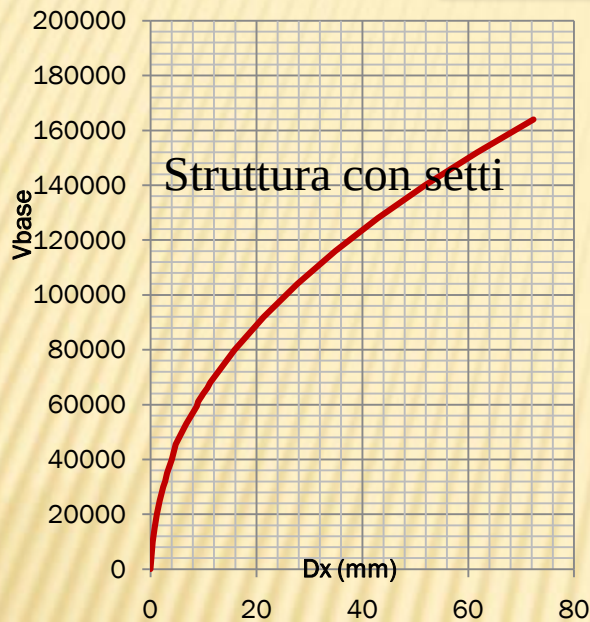
Elevata incidenza di Interventi di rinforzo per travi e pilastri (FRP)



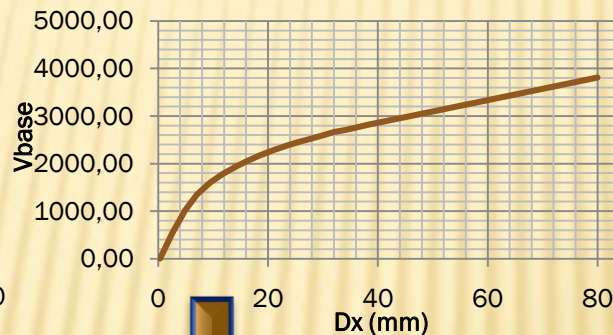
La presenza dei setti evita rinforzi con FRP

EDIFICIO A ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO

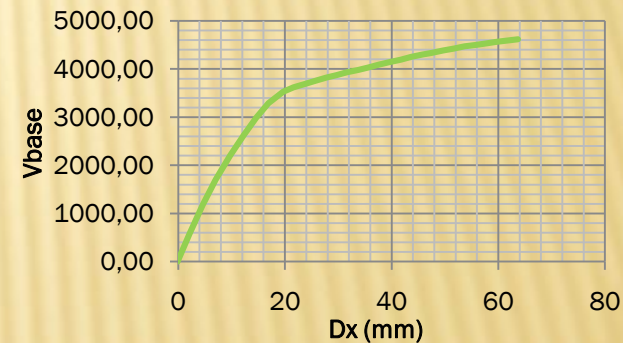
CONFRONTO TECNICO: CURVE DI CAPACITÀ



Struttura esistente



Struttura con controventi



Il taglio alla base aumenta drasticamente

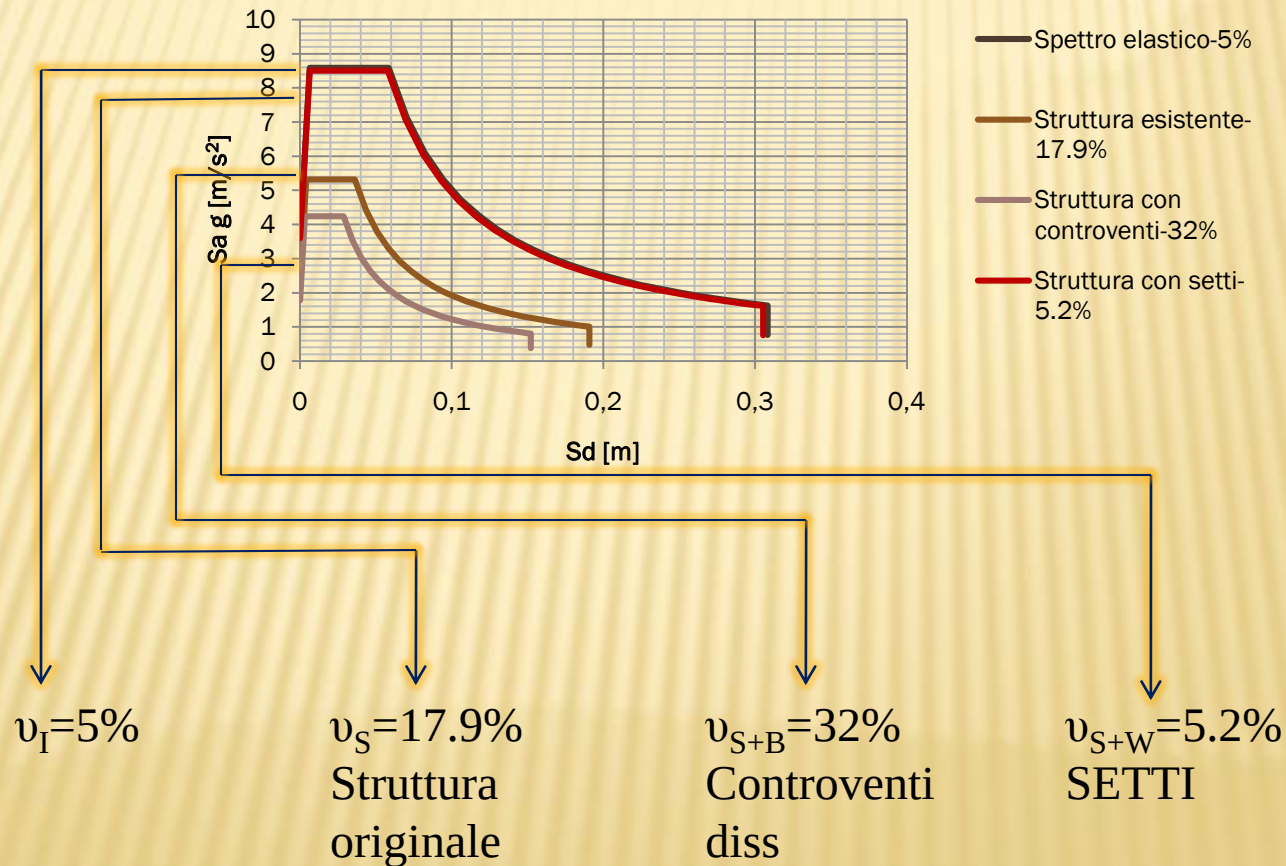
FORTI PROBLEMI IN FONDAZIONE

NON SONO SUFFICIENTEMENTE NOTE LE CARATTERISTICHE DELLE
FONDAZIONI ED EVENTUALI INTERVENTI SAREBBERO MOLTO INVASIVI

EDIFICIO A

ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - SETTI

Confronto Tecnico: Spettri di domanda



EDIFICIO A ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - SETTI

OSSERVAZIONI

Vantaggi Tecnico soluzione con setti

- ➡ Struttura rimane elastica, non subisce danni agli elementi strutturali e non strutturali
- ➡ Si risolvono problemi di dettaglio dei nodi che vengono inglobati dai setti
- ➡ Si evitano interventi di rinforzo sulle travi con FRP

EDIFICIO A ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO

Svantaggi Tecnici soluzione con setti

- ➔ Impatto architettonico
- ➔ Complessità fasi realizzative
- ➔ Irrigidimento della struttura



La struttura non è in grado di dissipare energia, aumentano le sollecitazioni sismiche

Problemi in fondazione

- ➔ Incremento carichi verticali
- ➔ Incremento del taglio in fondazione



Necessità di intervenire in fondazione

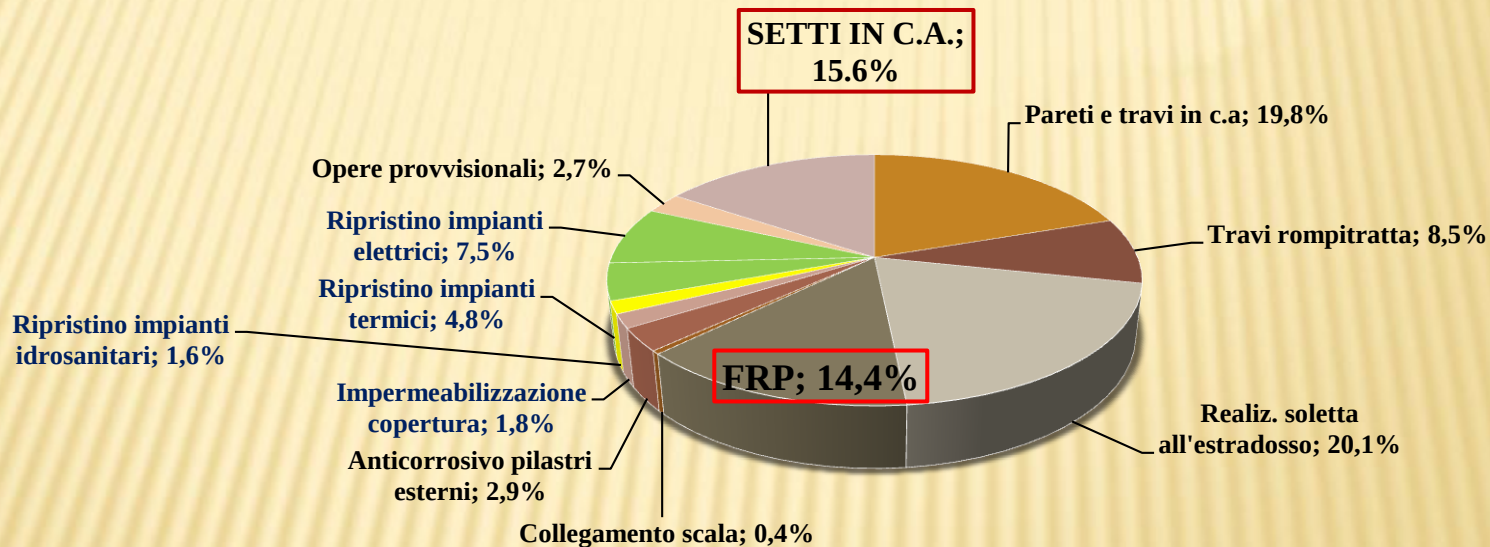
- portanza
- resistenza

EDIFICIO A

ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - SETTI

COSTI

Distribuzione costi Edificio A CON SETTI



Riduzione costo intervento **IN ELEVAZIONE 12,5%**
RESTA DA VALUTARE LA CONDIZIONE DELLE FONDAZIONI ???????

~~406 €/m²~~



**355 +fondaz ?
€/m²**

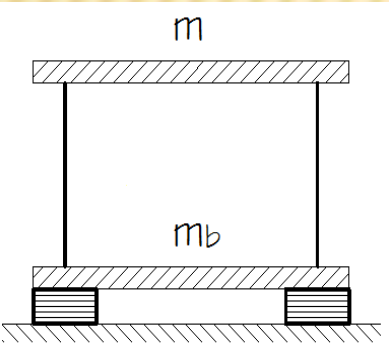
EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO SISMICO



LINEE TEORICHE

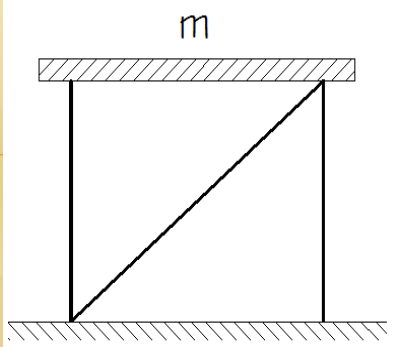
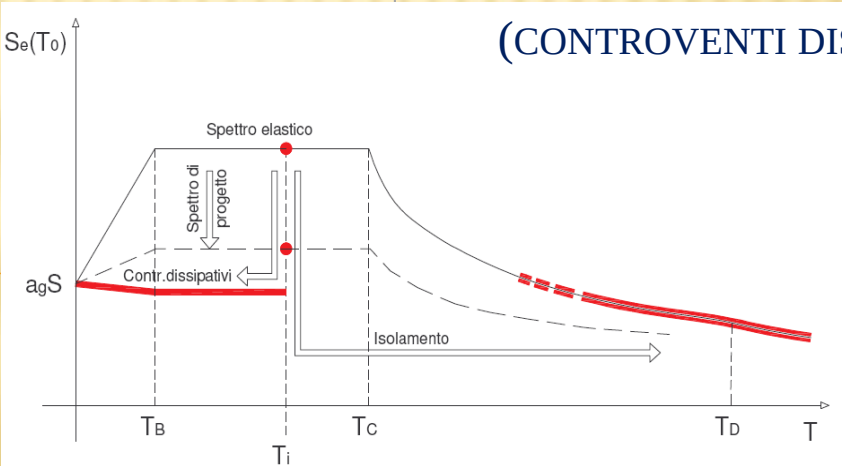
INCREMENTO DEL PERIODO DELLA STRUTTURA CON CONSEGUENTE DIMINUZIONE DELL'ENERGIA DI INPUT



CONTROVENTI DISSIPATIVI



L'ENERGIA FORNITA DAL SISMA ALLA STRUTTURA RESTA IMMUTATA, LA MAGGIOR PARTE VIENE ASSORBITA DAI DISSIPATORI (CONTROVENTI DISSIPATIVI)



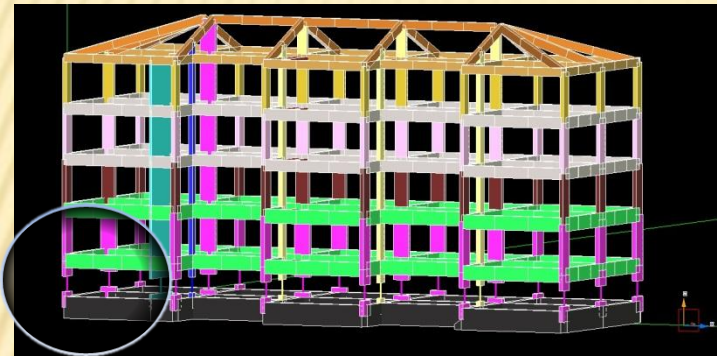
EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO ALLA BASE

CONTROVENTI DISSIPATIVI

MODELLAZIONE DEI DISPOSITIVI

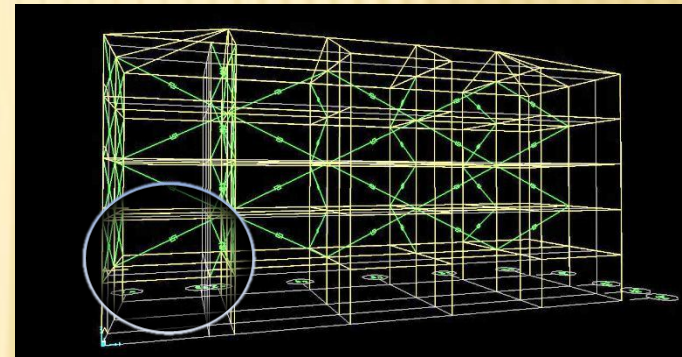
NOLIAN



ELEMENTI BOUNDARY (MOLLE):

- COMPORTAMENTO ELASTICO
- RIGIDEZZA ORIZZONTALE

SAP 2000



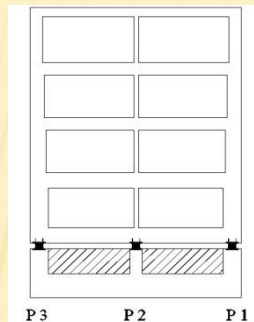
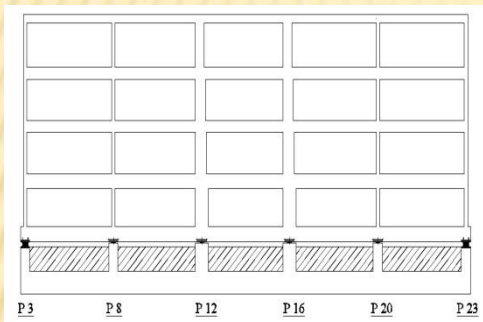
LINK TRA I DUE NODI :

- COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO
- DEFORMAZIONE LUNGO IL PROPRIO ASSE

EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO ALLA BASE

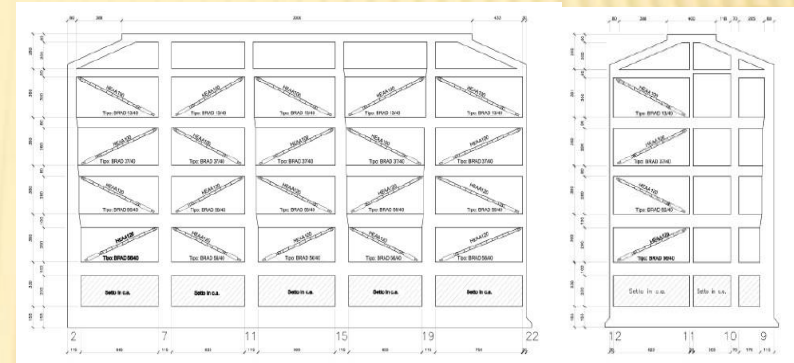
INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI



- COLLOCATI TRA LE FONDAZIONI E LA SOVRASTRUTTURA



CONTROVENTI DISSIPATIVI



- INSERITI ALL'INTERNO DELLA STRUTTURA DA ADEGUARE



TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO CASO DI STUDIO

ISOLAMENTO ALLA BASE

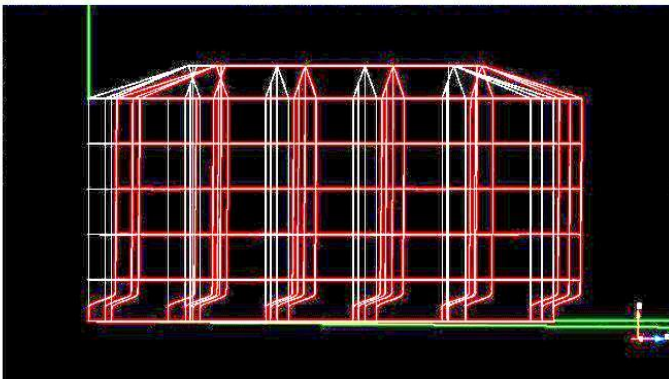
CONTROVENTI DISSIPATIVI

ANALISI MODALE

MODO 1

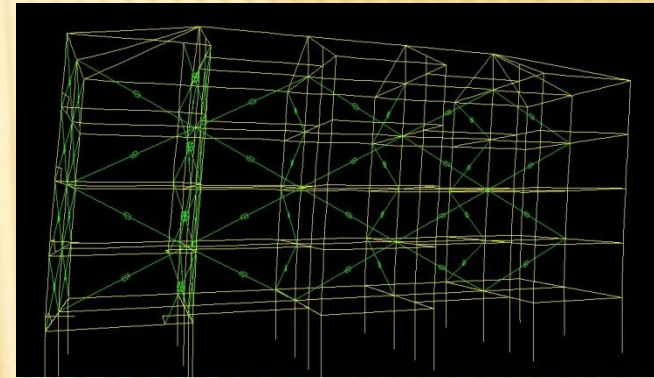
SAP 2000

NOLIAN

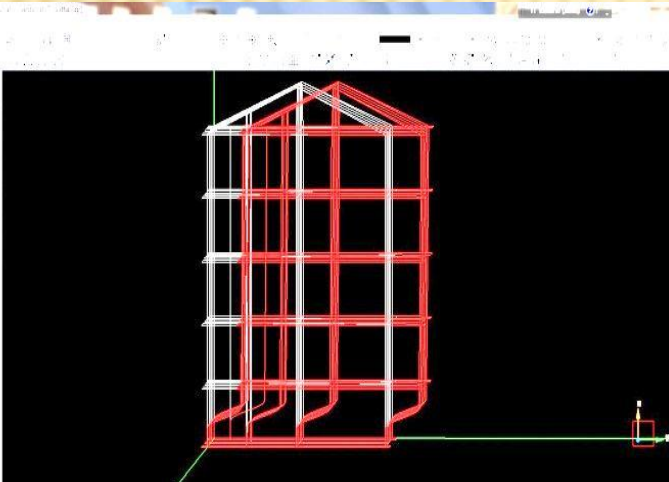


$T=2.64 \text{ SEC.}$
 $M_x=99\%$

$T=0.50 \text{ SEC.}$
 $M_x=59\%$

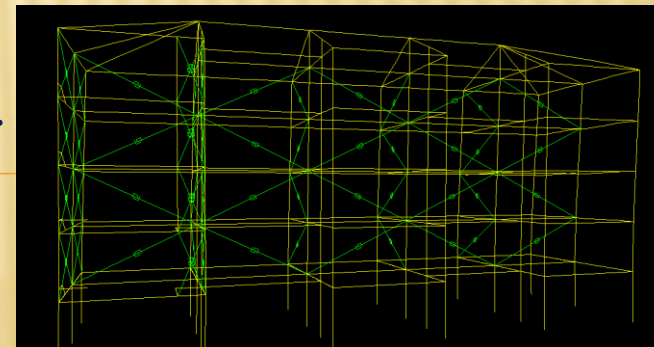


MODO 2



$T=2.62 \text{ SEC.}$
 $M_y=99\%$

$T=0.46 \text{ SEC.}$
 $M_y=46\%$

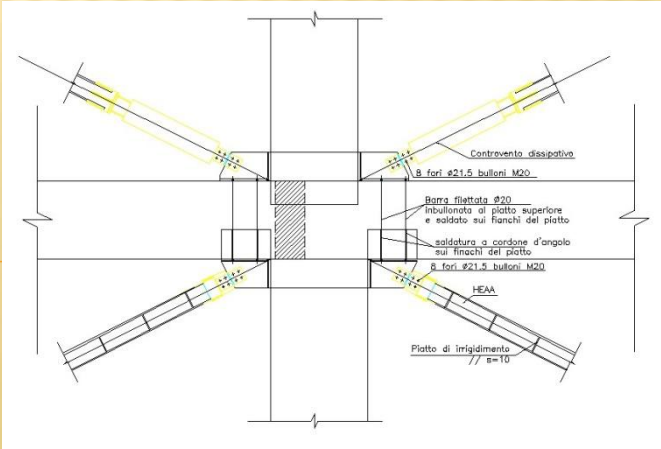
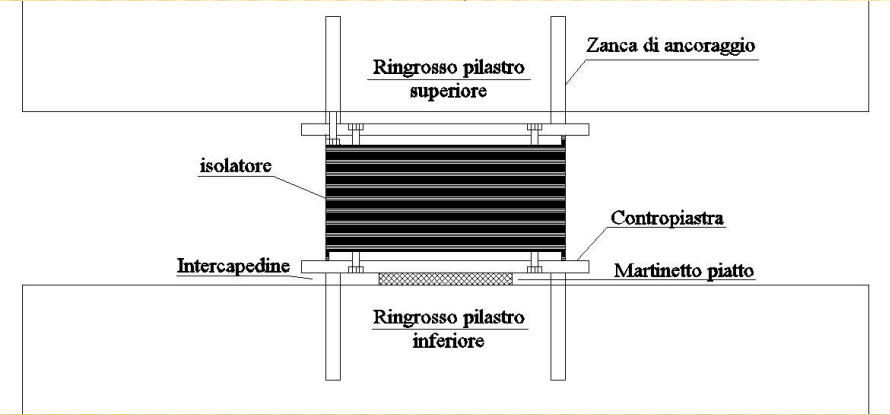
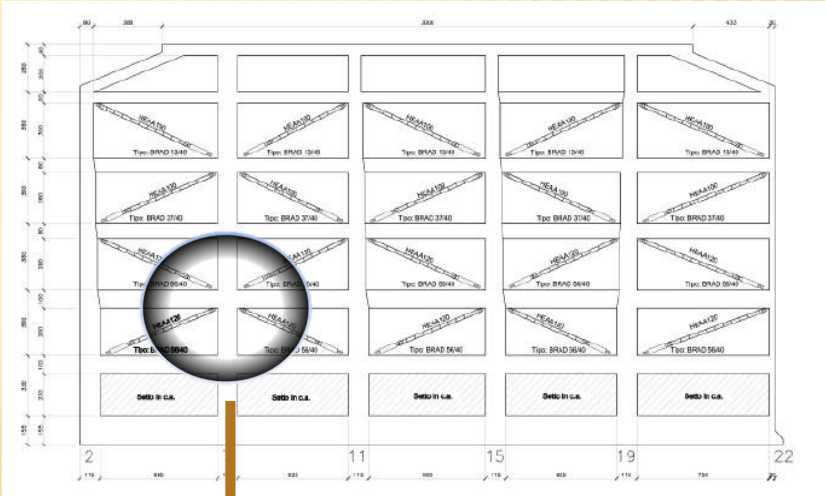
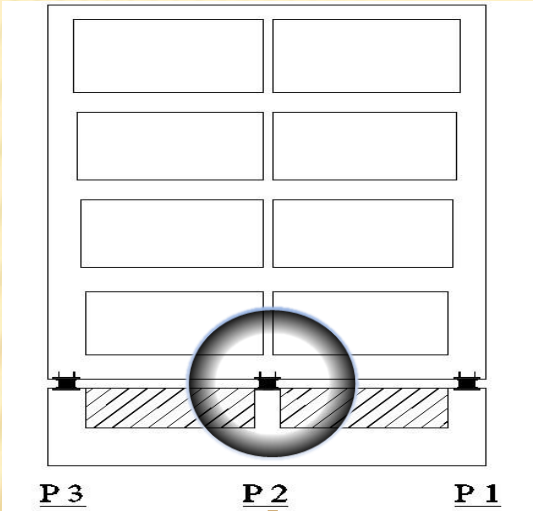


EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO ALLA BASE

CONTROVENTI DISSIPATIVI

PARTICOLARE INSERIMENTO DISPOSITIVI

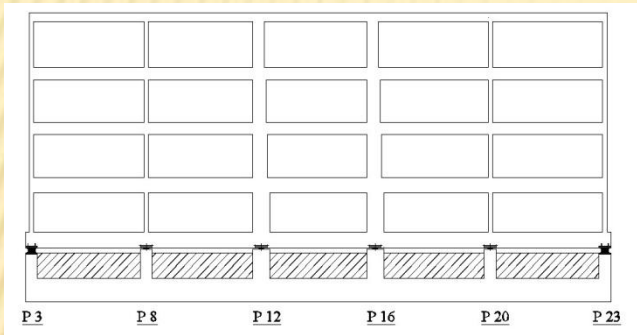


EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

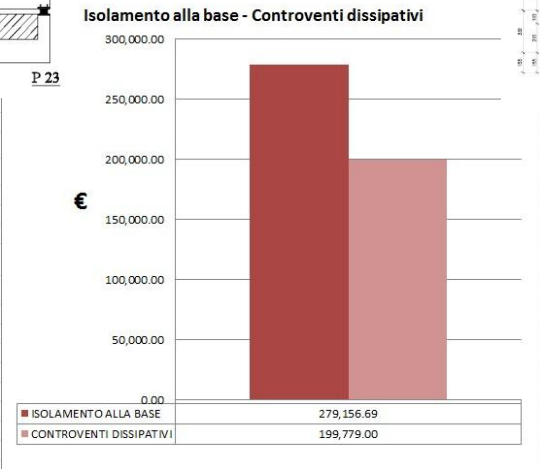
ISOLAMENTO ALLA BASE

CONTROVENTI DISSIPATIVI

COSTO DI INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI



■ ISOLAMENTO ALLA BASE
279,156. €
(INCLUSO AMPLIAMENTO
GIUNTO CON ED B)



■ CONTROVENTI DISSIPATIVI
199,779.00€

Δ COSTI

79,377. €

EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO ALLA BASE

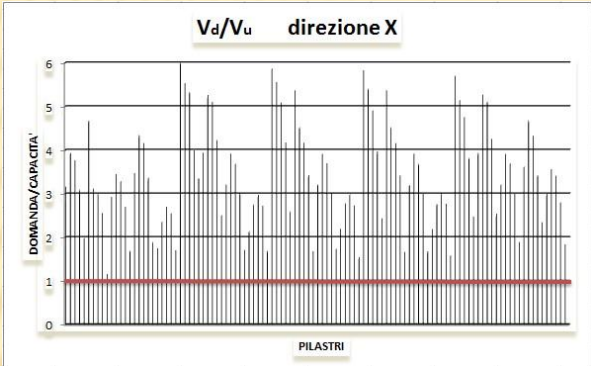
CONTROVENTI DISSIPATIVI

ANALISI DINAMICA LINEARE
DOMANDA/CAPACITA'

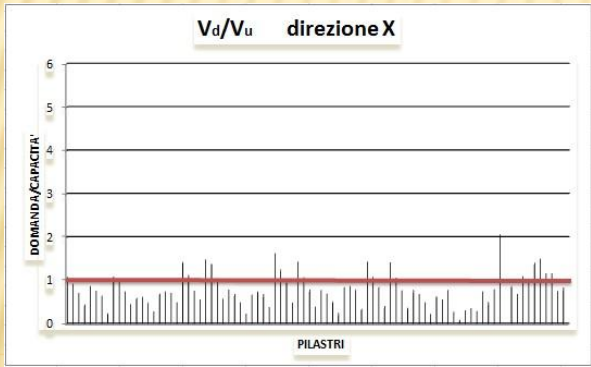
ANALISI PRE-POST INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

ANALISI STATICA NON LINEARE

EDIFICIO A BASE FISSA

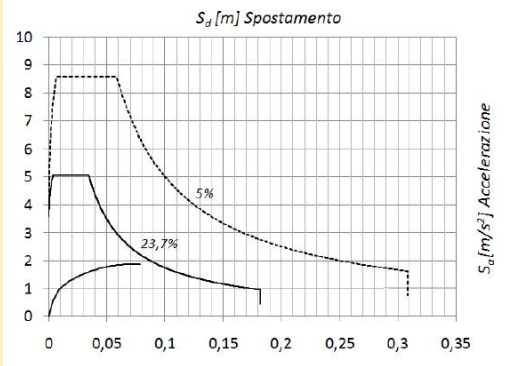


EDIFICIO A BASE ISOLATA

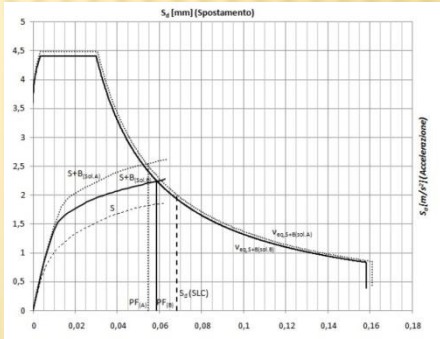


RIDUZIONE DI OLTRE IL 60% DELLA DOMANDA A TAGLIO AGENTE SUI PILASTRI
LA CAPACITÀ DEGLI ELEMENTI RIMANE INVARIATA A MENO CHE NON SI INTERVENGA LOCALMENTE SU DI ESSI (FRP)

EDIFICIO ESISTENTE



EDIFICIO CONTROVENTATO



DIMINUZIONE DELLA DOMANDA DOVUTO ALLO SMORZAMENTO OFFERTO DAI DISPOSITIVI
AUMENTO DELLA CAPACITÀ : A PARITÀ DI SPOSTAMENTO IN SOMMITÀ SI HA UN AUMENTO DELLA FORZA CHE LA STRUTTURA È IN GRADO DI SOPPORTARE GRAZIE AL CONTRIBUTO AL TAGLIO OFFERTO DAI DISSIPATORI

EDIFICIO A: ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO - ISOLAMENTO

ISOLAMENTO ALLA BASE

CONSIDERAZIONI

- RIDUZIONE DELLE ACCELERAZIONI E DELLE FORZE DI INERZIA IN ELEVAZIONE
- RIDUZIONE DEL DANNO IN CASO DI EVENTO SISMICO
- L'INSTALLAZIONE SU EDIFICI ESISTENTI HA UN COSTO SUPERIORE RISPETTO A EDIFICI DI NUOVA PROGETTAZIONE N GENERE SUPERIORE A UNA SOLUZIONE CON CONTROVENTI DISSIPATIVI
- MINORI SOLLECITAZIONI TORSIONALI NELL'INTERA STRUTTURA

CONTROVENTI DISSIPATIVI

- SIGNIFICATIVA RIDUZIONE DI SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI
- L'INSERIMENTO DEI CONTROVENTI DETERMINA UN INCREMENTO DI RIGIDEZZA E RESISTENZA
- L'INSTALLAZIONE SU EDIFICI ESISTENTI HA UN COSTO INFERIORE RISPETTO A QUELLO DELL'ISOLAMENTO ALLA BASE
- FACILITÀ DI POSA IN OPERA CON MINIMO DISTURBO ALLA FUNZIONALITÀ DELL'EDIFICIO
- MINIMA AGGIUNTA DI PESO
- ADATTABILITÀ ALLE APERTURE

CONCLUSIONI SCUOLA

- La soluzione con controventi dissipativi sembra la migliore tecnicamente e per i costi
- L'esempio reale illustrato può generalizzarsi ai casi analoghi:
 - telai in c.a. alti non più di 5-6 piani
 - Edifici tra loro divisi da giunti modesti
 - Terreni di buona consistenza – fondazioni adeguate
- Diversa è la situazione di edifici completamente isolati (distanti da altri)
- Edifici di 8-10 e più piani (a l'Aquila non presenti)

ESEMPIO DI SITUAZIONE NON PRESENTE A L'AQUILA EDIFICI PIÙ ALTI

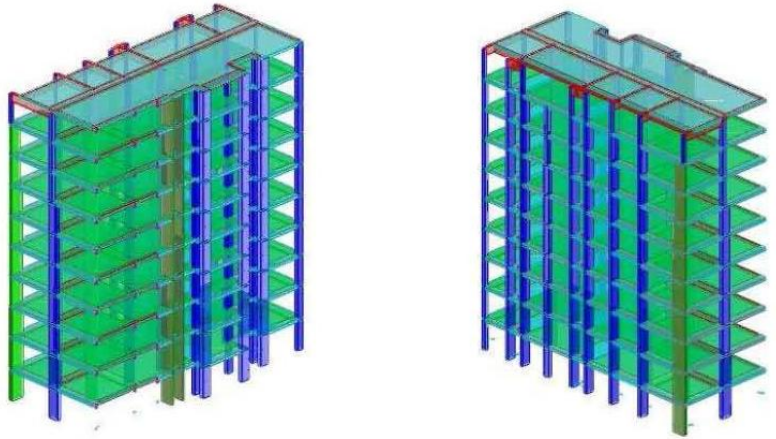


Fig. 21 – Viste assonometriche dello schema strutturale del Corpo C1

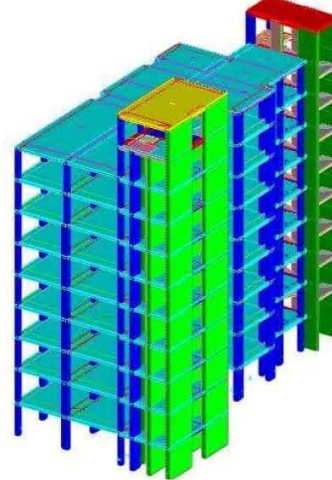


Fig. 25 – Viste assonometriche dello schema strutturale del Corpo C2

Tabella 14 – Corpo C1 – Periodi e masse partecipanti

Modo	Periodo (Sec)	Massa X	Massa Y
1	3,831	0,00%	66,89%
2	3,120	2,36%	5,17%
3	2,499	72,49%	0,00%
4	1,053	0,00%	12,77%
5	0,929	0,15%	1,03%
6	0,757	11,23%	0,00%
7	0,482	0,01%	5,63%
8	0,387	4,93%	0,03%
9	0,223	0,49%	5,25%
10	0,190	5,21%	0,50%
		96,95%	97,38%

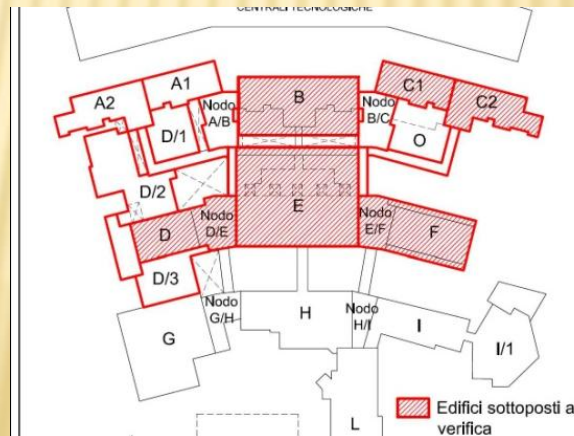


Tabella 15 – Corpo C2 – Periodi e masse partecipanti

Modo	Periodo (Sec)	Massa X	Massa Y
1	2,673	2,54%	60,38%
2	1,721	41,35%	9,94%
3	1,300	25,10%	3,69%
4	0,803	0,22%	9,49%
5	0,479	6,13%	3,31%
6	0,428	0,74%	2,96%
7	0,284	9,73%	0,41%
8	0,278	0,62%	2,65%
9	0,151	1,89%	4,46%
10	0,141	5,98%	0,83%
		94,34%	98,15%

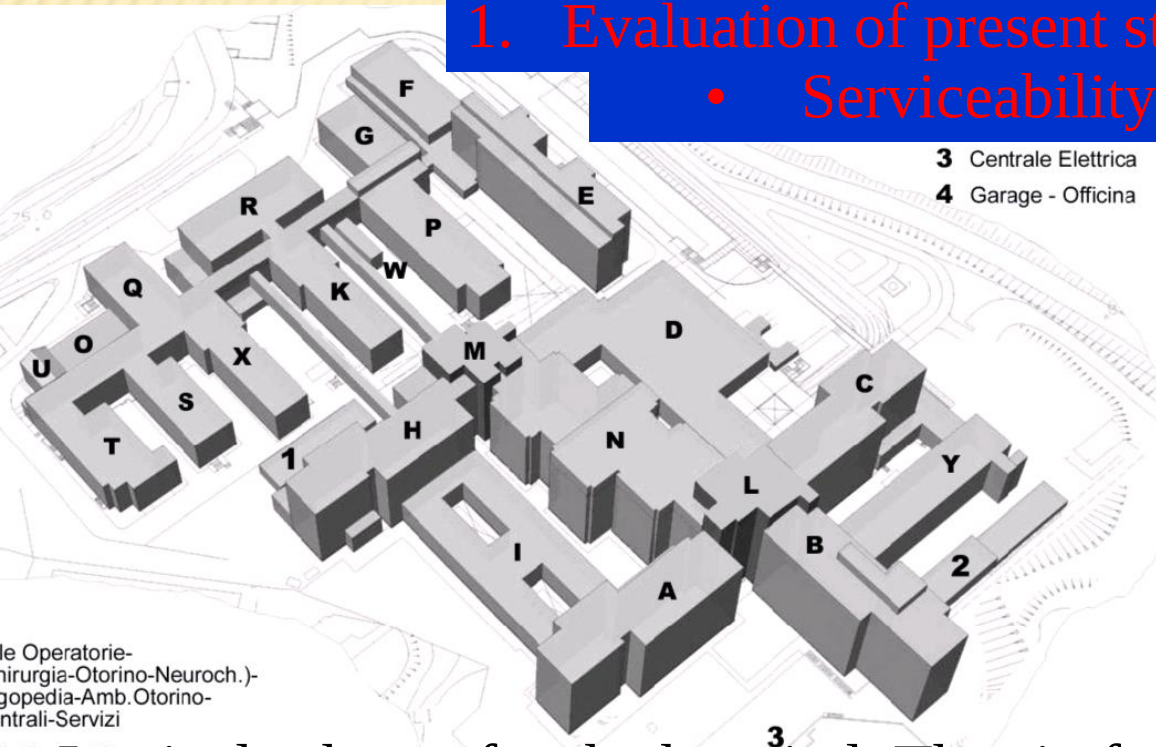
10 – Aspetti tecnici - Interventi su Ospedali

COME SCEGLIERE L'INTERVENTO? CASO DI UN OSPEDALE

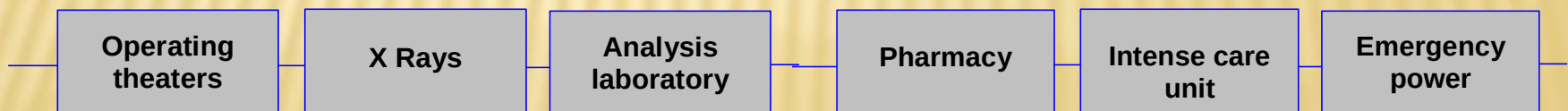
COME SI STIMA SINO A CHE LIVELLO RINFORZARE :OSPEDALI ESISTENTI (DA 1998 AD 2005)

1. Evaluation of present state: fragility and risk
2. Which building to retrofit

1. Evaluation of present state: fragility and risk ments:
 - Serviceability: $T > 72$, Stability $T > 500$

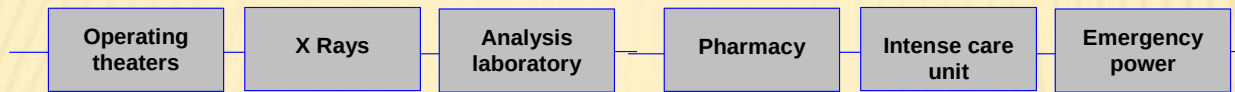


. Logical scheme for the hospital. The six functions are arranged in series

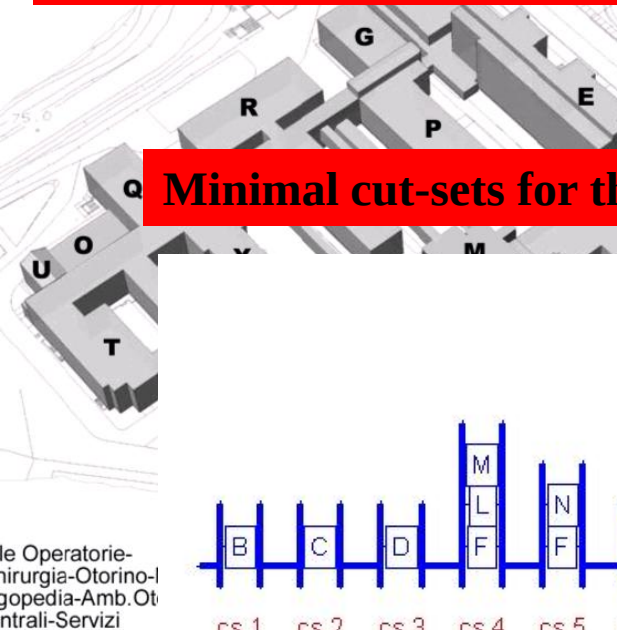


PRACTICE IMPLEMENTATION: EXISTING HOSPITALS

EVALUATION OF PRESENT STATE: FRAGILITY AND RISK

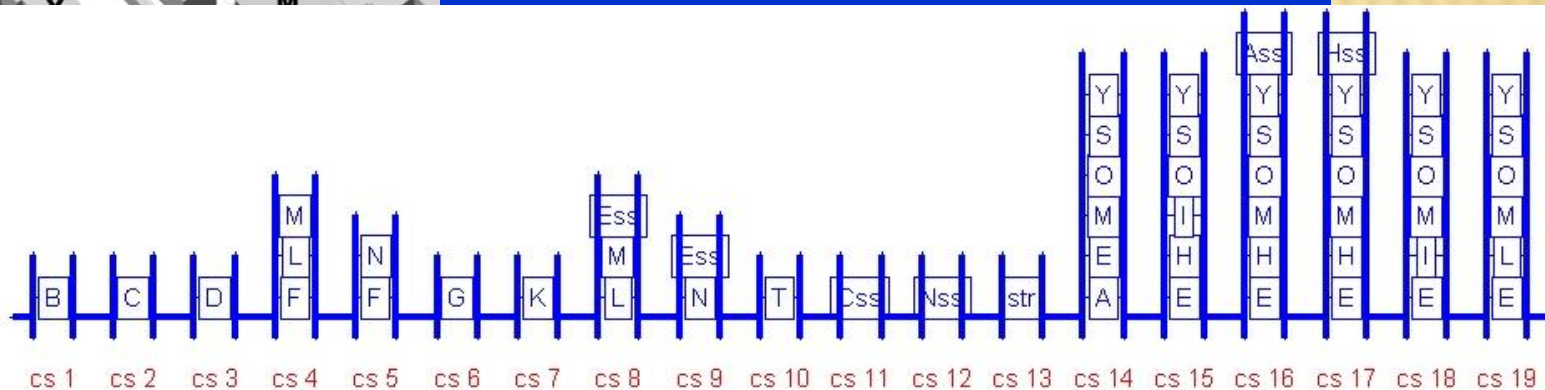


Which buildings must remain functional or stable to have a function available?



Function	Buildings
Pharmacy	K - G

Minimal cut-sets for the Bianchi-Melacrino hospital 38 buildings considered



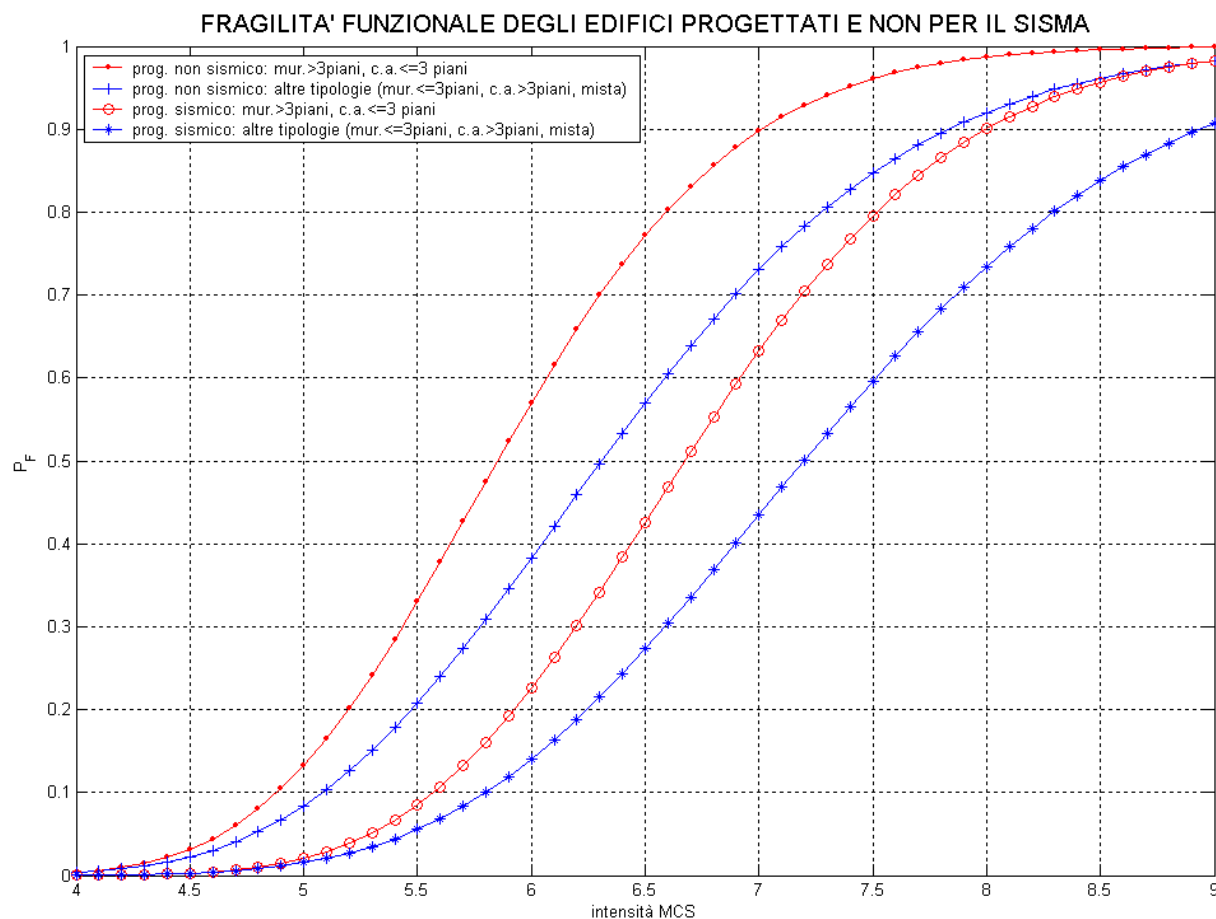
Operating theaters (F-E₀) // (N-D-L) // (N-D-M) // (new building-N-D-L-
H₀-A₀-N₀-M₀)

Intense care unit (A-L-D) // (A) // (C-D) // (I-M-D) // (N-D-L) // (N-D-M)

FRAGILITY OF THE BUILDINGS:

NUTI, C., SANTINI, S., VANZI, I., SEISMIC RISK OF THE ITALIAN HOSPITALS, EUROPEAN EARTHQUAKE ENGINEERING, N.1/2001, PATRON EDITORE, BOLOGNA, 2001

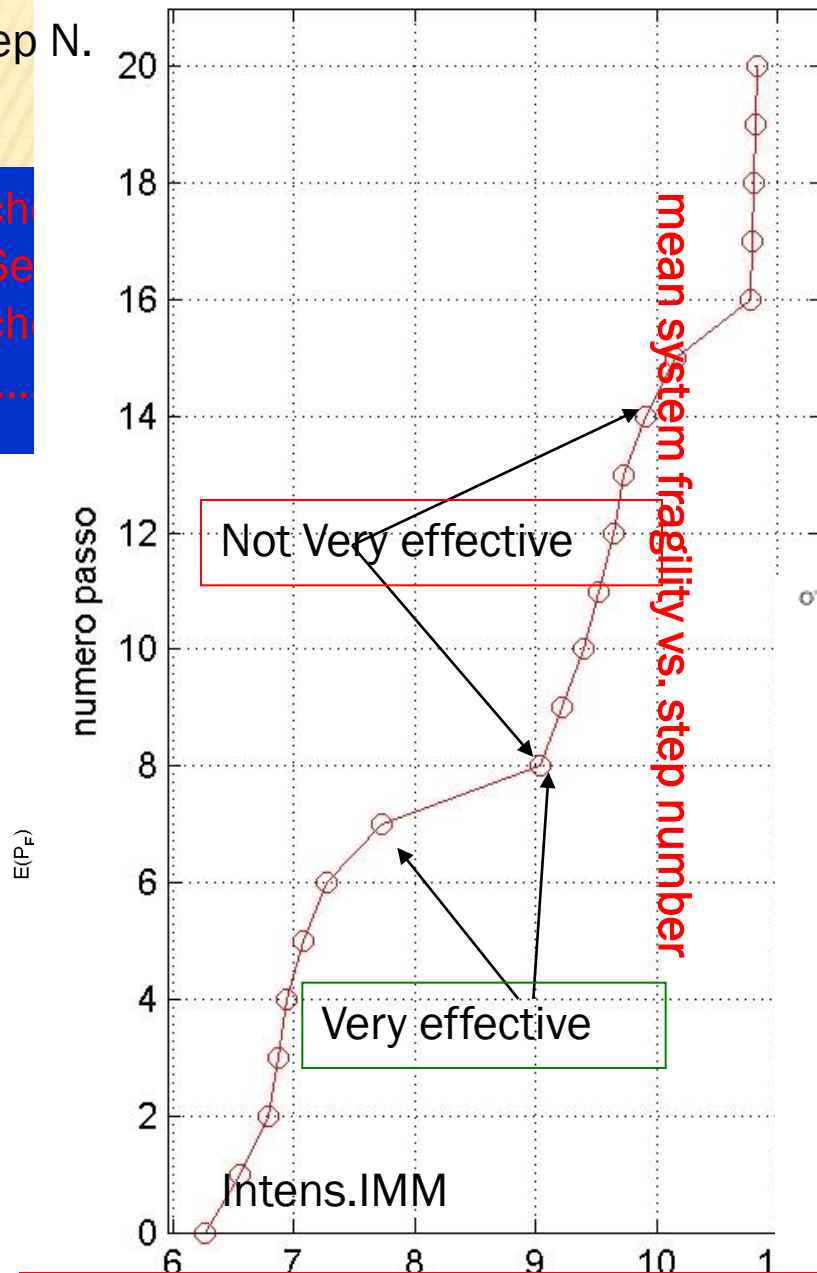
Fragility curves for buildings in the Bianchi-Melacrino hospital



$E(P_F)$ sistema dopo ottim.

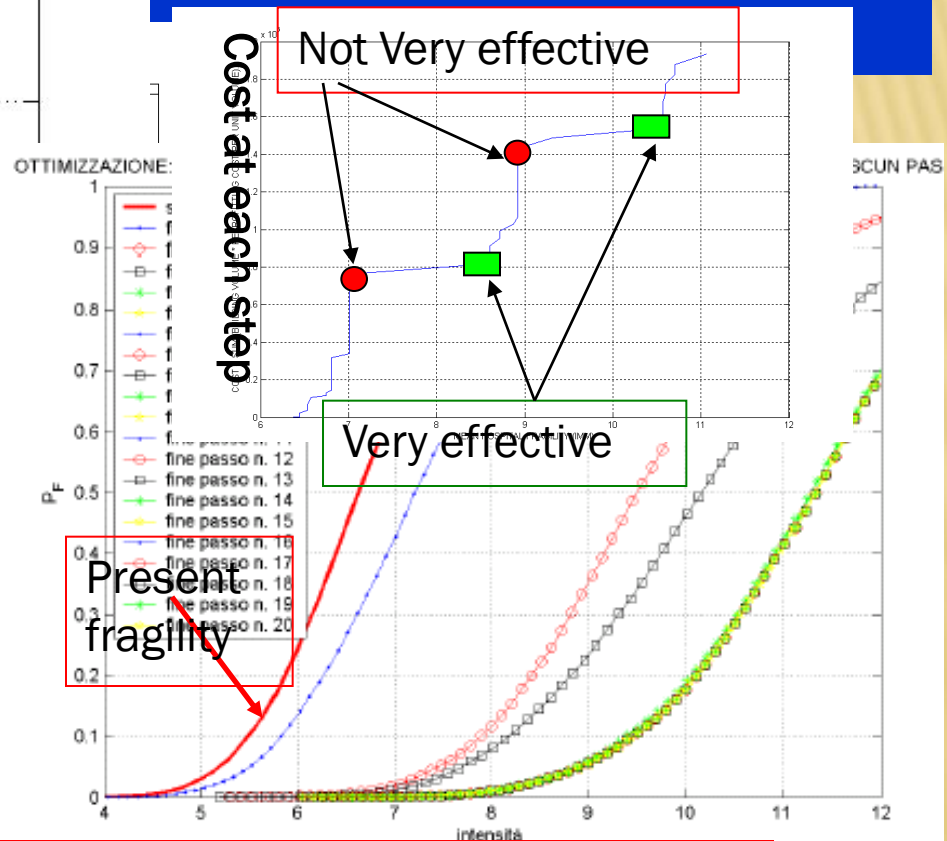
Step N.

1. ch
2. Se
3. ch
4.



EXISTING HOSPITALS IT AMONG THE 38?

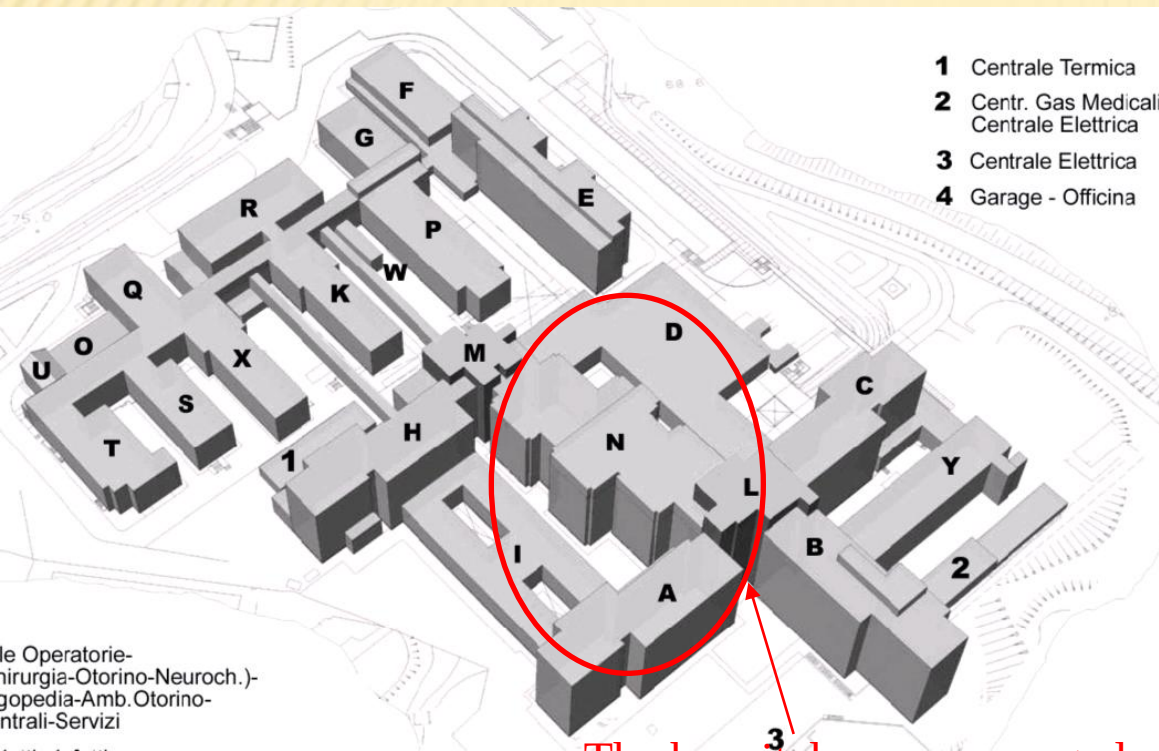
very building $\Delta IMM=2$
length
of every building $\Delta IMM=2$



building number chosen at each step and system fragility curves

PRACTICE IMPLEMENTATION: EXISTING HOSPITALS

WHICH BUILDING TO RETROFIT?



- The hospital was rearranged concentrating essential functions
- in buildings D,I,L,A,N : DILAN.
- Retrofitting was needed for four building only: D, I, A, N.
- Building L is strong enough as yet :
- Mean final resistance is approximately 8.5-9 IMM.

11 – aspetti economici (finanziari?)

COME SCEGLIERE L'INTERVENTO? LE SINERGIE

INVESTIMENTI SUGLI IMMOBILI

Gli investimenti sugli immobili possono essere realizzati per le seguenti principali finalità:

1. Conservare il livello funzionale delle strutture (interventi da effettuare necessariamente: indispensabili)
2. Aumentare / adeguare il livello di sicurezza (interventi da effettuare necessariamente: indispensabili)
3. Aumentare l'efficienza gestionale (da effettuare discrezionalmente: opzionali)

CONSERVARE IL LIVELLO FUNZIONALE (indispensabili)

Questi interventi vengono realizzati per ripristinare il livello funzionale degli edifici (strutture, impianti, attrezzature, arredi, ...) che viene riducendosi nel tempo come conseguenza del loro stesso utilizzo, o a seguito di eventi quali un sisma.

Tali spese vengono sostenute per:

- *Manutenzione ordinaria*, che viene effettuata con continuità con interventi di modesta entità (spese che vengono imputate a costi di gestione)
- *Manutenzione straordinaria*, che viene effettuata ad ampi intervalli temporali (molti anni) con interventi di importo elevato (investimenti che vengono patrimonializzati)

AUMENTARE IL LIVELLO DI SICUREZZA (indispensabili/opzionali)

Questi interventi vengono realizzati per elevare / adeguare il livello di sicurezza degli edifici intervenendo sia sulle strutture sia sugli impianti a fronte, in generale, di obblighi normativi (es.: adeguamento impianti elettrici, ascensori, scale antincendio, porte tagliafuoco, consolidamento antisismico, ...)

Al di sopra di certi livelli l'intervento diviene opzionale.

AUMENTARE L'EFFICIENZA GESTIONALE (opzionali)

Questi interventi vengono realizzati al fine di ridurre i costi di gestione degli edifici, con particolare riferimento ai costi energetici: illuminazione, condizionamento ambientale (riscaldamento / raffrescamento), altre utenze elettriche e termiche, minimizzazione dei danni funzionali.

- Una attenta programmazione degli interventi delle tre tipologie ricordate:
 1. Mantenimento del livello funzionale
 2. Aumento del livello di sicurezza
 3. Aumento dell'efficienza funzionale
- può consentire di fare emergere *sinergie*:
 - alcuni costi di cantiere sono presenti in tutti gli interventi e possono quindi essere condivisi
 - più interventi realizzati contemporaneamente richiedono meno capitali rispetto alla loro realizzazione disgiunta.

ATTRIBUZIONE DELLE SINERGIE

- costi condivisi (*sinergie*) possono essere attribuiti, in fase di valutazione economico-reddituale, ad una particolare tipologia di intervento:
- è infatti possibile imputare pienamente i costi degli interventi che debbono comunque essere effettuati (manutenzione / adeguamenti per sicurezza) ed attribuire anche le sinergie a questi
- quelli discrezionali (ottimizzazione energetica, incremento di sicurezza strutturale oltre soglia) avendo escluso i costi delle sinergie, hanno un più elevato livello reddituale, in tal modo viene raggiunto un livello di redditività che rende conveniente la loro realizzazione.

approccio metodologico più efficace nel valutare l'insieme degli interventi da effettuare su di un edificio sembra quindi il seguente:

- Massimizzare il costo del singolo intervento in funzione della sua capacità di attivazione di contributi.
 - Vengono cioè attribuiti i costi pieni, senza tenere conto di sinergie, per l'ottenimento dei contributi / finanziamenti pubblici disponibili sull'importo pieno del singolo intervento, come se fosse realizzato autonomamente e non in concomitanza con altri
- Le sinergie (minori costi) che poi si possono ottenere verranno attribuite pienamente, in fase di valutazione reddituale, agli interventi discrezionali (ottimizzazione energetica) per verificare la possibilità di raggiungere un soddisfacente livello di redditività.
- l'entità dei costi condivisi dovrà essere calcolata anche per definire l'entità dell'impegno finanziario complessivo per la realizzazione non disgiunta degli interventi previsti

CONCLUSIONI Sulla Valutazione dei Costi e loro ammortamento - Esempio Scuola

Il costo degli interventi è: 2.400.000

Strutturale: 70%=2.300.000€

Condivisi: 16%=560.000 €

Migliorie: 14% (infissi impianti ecc)= 460.000€

Totale=3.400.000 (risp energetico (ipotetico)=10-15%)

Se i costi condivisi si attribuiscono alle strutture si riduce sensibilmente il costo delle migliorie.

Sesi triplicano i costi delle migliorie, i costi condivisi aumentano, mantenendosi tuttavia attorno al 16% del totale, comunque da attribuire ai costi per il rinforzo

Una possibile alternativa impianti x 3 stessa incidenza costi comuni:

Strutturale: 52%=2.300.000

Condivisi: 16%=707.000

Migliorie: 32% (infissi impianti ecc)= 1.428.000

Totale=4.435.000 (risp energetico (ipotetico) 40%)

Se il risparmio energetico è significativo, la seconda soluzione può risultare più conveniente della prima

In modo analogo si può trattare l'incremento di resistenza non obbligatorio, e non finanziato.

CONCLUSIONI

1. Molte sono le tipologie di intervento
 1. Convenzionali
 2. Innovative
2. I criteri di intervento dipendono:
 1. da aspetti tecnici
 2. ma anche da aspetti legislativi non strettamente tecnici
3. La sostenibilità degli interventi impone una attenta valutazione sia degli aspetti strettamente tecnici ma anche di quelli economici che sono parte essenziale nella scelta progettuale
4. Il giudizio dei progetti non può essere decontestualizzato
5. L'AICAP deve considerare tutti gli aspetti che intervengono nella realizzazione delle opere

RINGRAZIO: RELUIS, Prof. Gaetano Manfredi, Ing. Andrea Prota, Ing. Antonio Longo, Ing. Antonio Sabino, Ing. Stefania Imperatore, Ing. Massimo Calda e la Prass (Roma), e molti altri che forse scordo ora ma che mi hanno consigliato.