

Ordine degli ingegneri della provincia di Lecce



Progetto di edifici antisismici in cemento armato con particolare riferimento alle zone con sismicità medio-bassa

Arthotel & Park Lecce, Via Giorgio De Chirico 1, Lecce

6 novembre 2025

Altre tipologie strutturali

Aurelio Gheresi

Altre tipologie strutturali

- Versione precedente del libro
 - È riferita esclusivamente alla tipologia a telaio
- Nuova edizione del libro

Include anche altre tipologie:

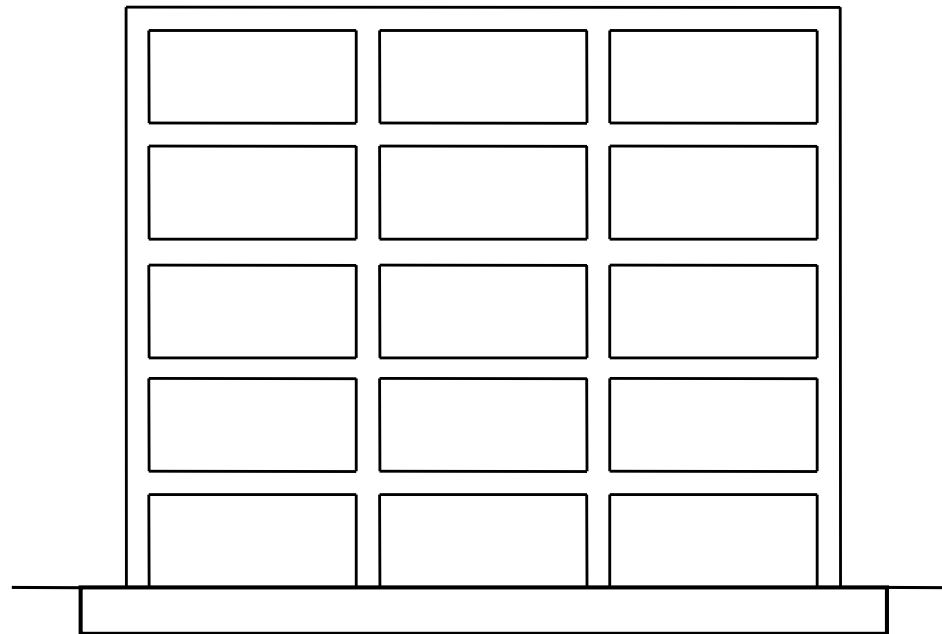
 - Edifici isolati alla base
 - Relativamente nuova (anche se in realtà le prime realizzazioni comparabili con le attuali sono di oltre 50 anni fa), ma ormai ben standardizzata
 - Fornisce una sicurezza molto maggiore, senza incremento significativo di costo
 - Edifici con pareti in c.a.
 - Vecchia tipologia, particolarmente adatta per edifici alti e per zone ad elevata sismicità, rivisitata (e un po' penalizzata) dalle norme attuali
 - Edifici in ca. con controventi in acciaio

Edifici isolati alla base

Edificio tradizionale

a base fissa

- I pilastri sono collegati rigidamente alla fondazione
- L'accelerazione sismica è trasmessa dal terreno direttamente alla base dei pilastri

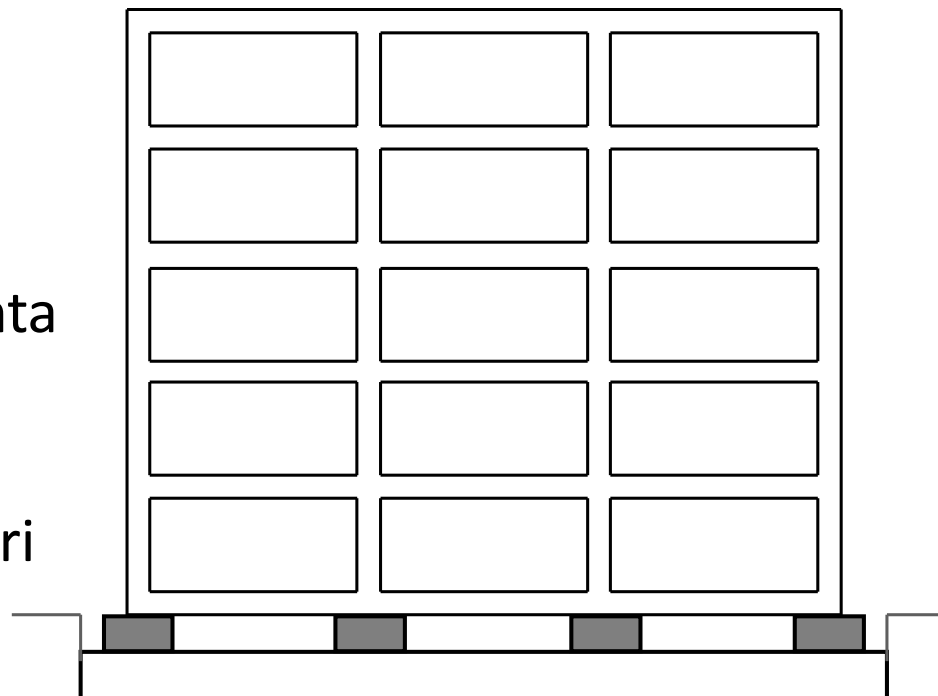


Edificio isolato

con elementi di isolamento disposti alla base

- Tra i pilastri e la fondazione sono interposti elementi deformabili orizzontalmente (isolatori)
- L'accelerazione sismica viene filtrata dagli isolatori nella trasmissione dal terreno alla base dei pilastri

– Si noti l'aggiunta di un ulteriore impalcato alla base dei pilastri



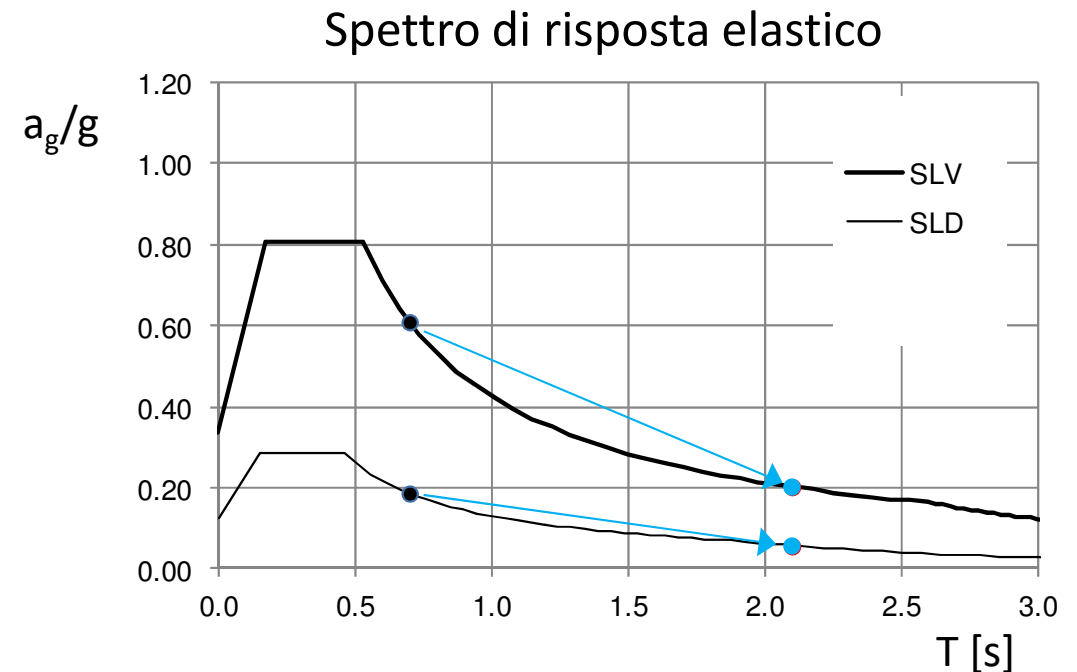
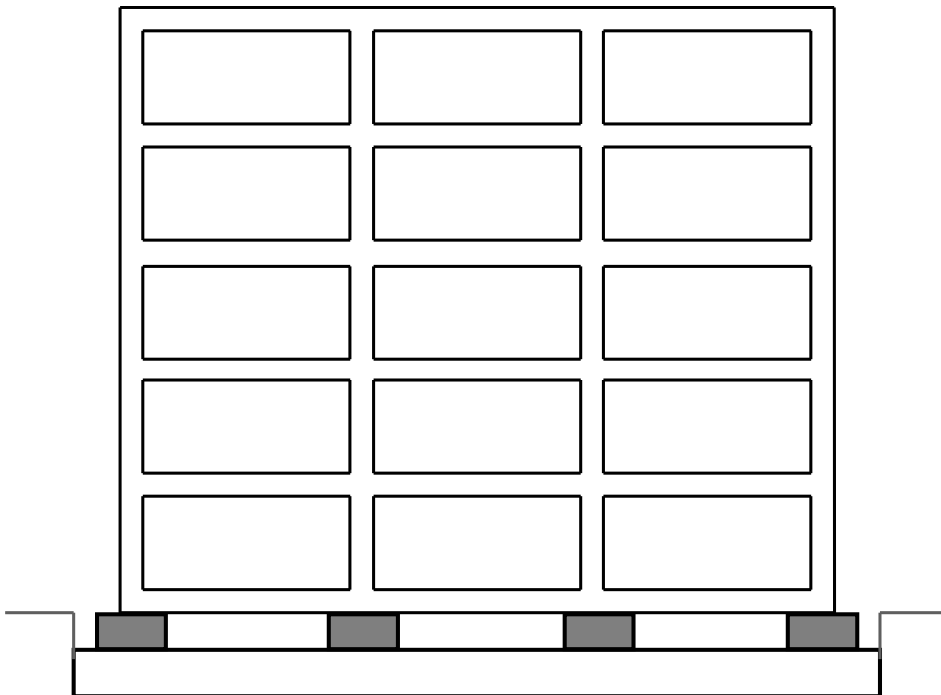
Nota:

la disposizione degli isolatori qui mostrata è solo una delle tante possibilità, e non certamente la migliore

Nota: dimensioni degli isolatori fuori scala

Comportamento di un edificio isolato alla base

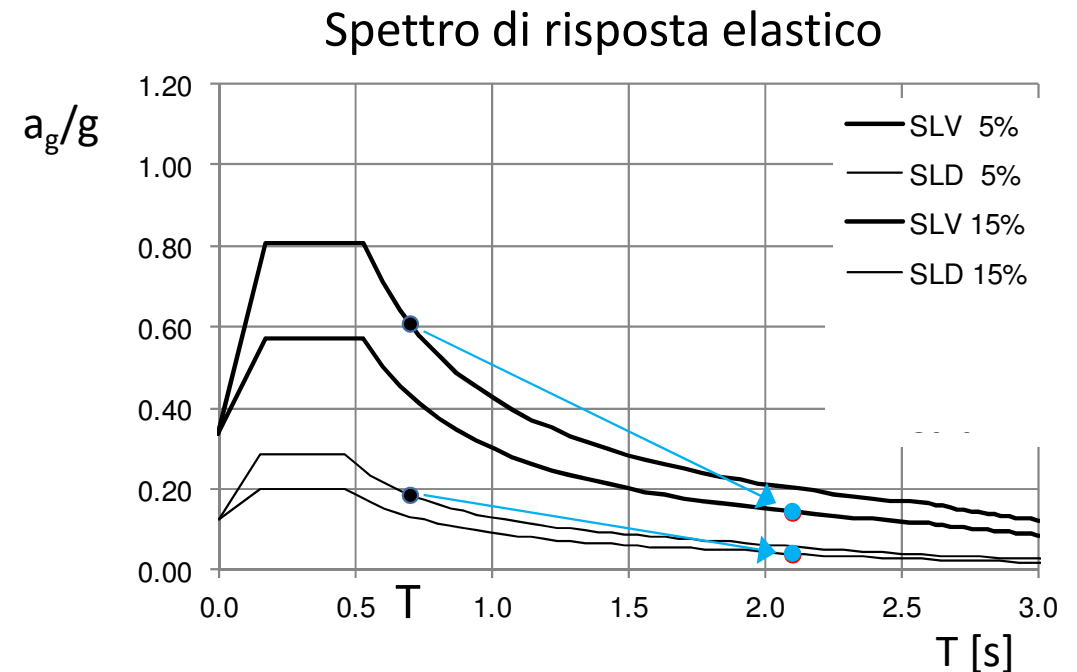
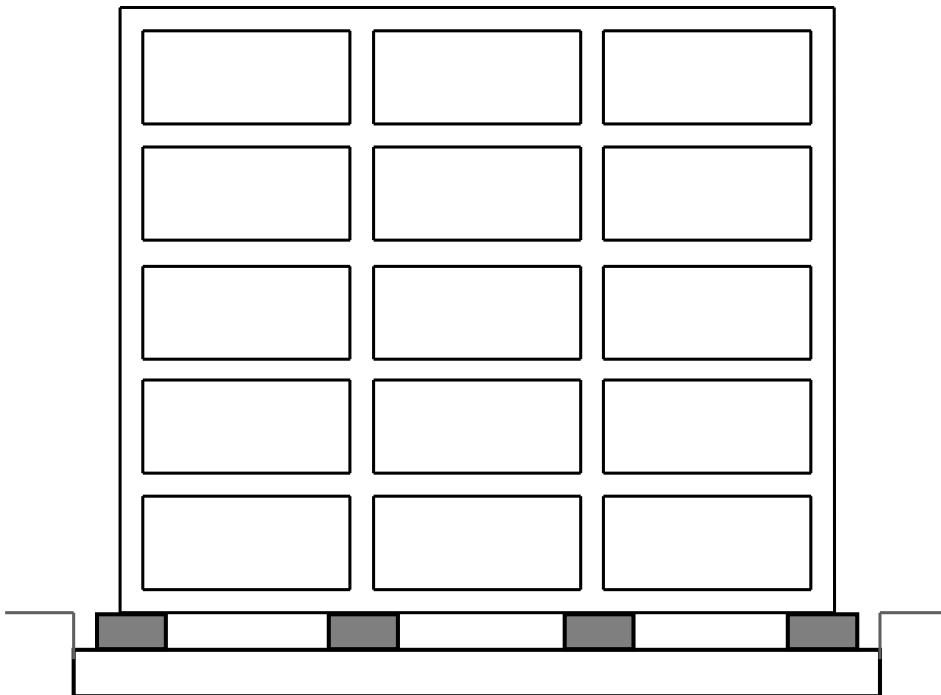
- Gli elementi aggiunti alla base dell'edificio sono molto deformabili
 - Come conseguenza, il periodo proprio della struttura aumenta notevolmente (indicativamente, di almeno 3 volte)
 - L'aumento del periodo proprio comporta una forte riduzione dell'accelerazione sismica



Comportamento

di un edificio isolato alla base

- Inoltre, questi elementi hanno una capacità di smorzamento molto elevata (spesso 15% e più, rispetto al tradizionale 5%)
 - Questo comporta una ulteriore riduzione dell'accelerazione sismica che la struttura deve sopportare



Comportamento

di un edificio isolato alla base

- Occorre però tenere presente che questa riduzione è legata al fatto che gli isolatori sono molto più deformabili rispetto alla struttura
 - Se la struttura si danneggiasse in maniera significativa l'efficacia degli isolatori si ridurrebbe
 - Per questo motivo la struttura deve essere progettata come non dissipativa, cioè con un fattore di comportamento q non superiore a 1.5

Considerazioni

sul comportamento e sul costo

- Progettare una struttura come non dissipativa è un'ottima cosa, perché essa non avrà danni (strutturali e non strutturali) significativi neanche per il terremoto con elevato periodo di ritorno
 - Quindi rimarrà in ogni caso agibile dopo l'evento sismico
 - Alla sicurezza per la vita si aggiunge il vantaggio di non dover essere scacciati di casa perché essa è dichiarata non agibile
- Perché non lo si fa, con approccio tradizionale, per tutte le strutture?
 - Lo si potrebbe forse fare per una casa con solo piano terreno e primo piano, con incremento di costi significativo ma accettabile
 - In tutti gli altri casi il costo sarebbe troppo alto, fuori mercato

Considerazioni

sul comportamento e sul costo

- Ma c'è anche un altro aspetto che secondo me è ancora più stimolante
 - Con le strutture tradizionali, un terremoto, anche di media intensità, provoca un forte impatto psicologico per le accelerazioni e gli spostamenti che la casa subisce
 - Ancora peggio se il terremoto è molto forte
 - Chi si trova in una casa isolata alla base subisce accelerazioni molto minori
 - In sostanza, il terreno si muove con forti spostamenti e accelerazioni; la casa (al di sopra degli isolatori) si ha spostamenti assoluti ed accelerazioni molto minori (quello che è forte è lo spostamento relativo tra terreno e edificio al di sopra degli isolatori)

Comportamento di una struttura isolata

idea base

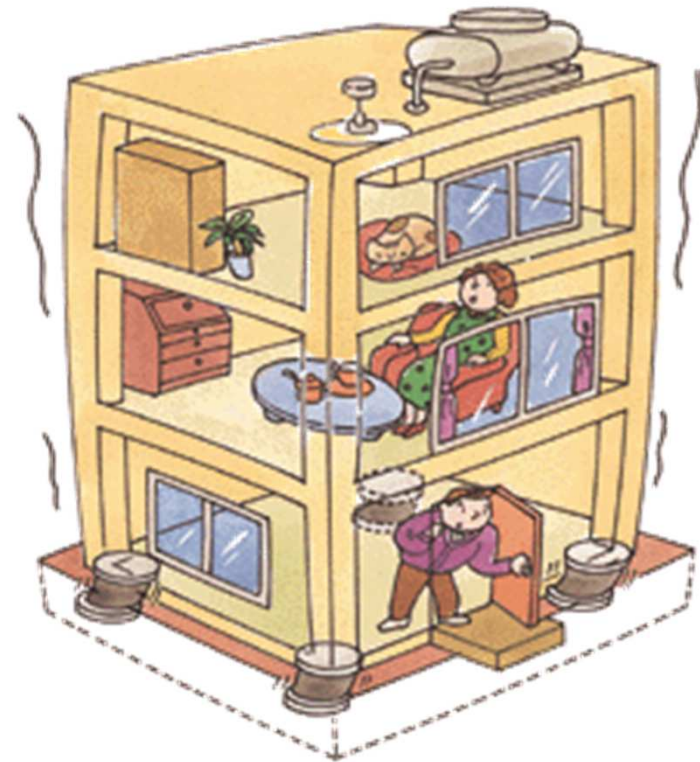


Senza isolamento alla base

Il moto del terreno provoca forti accelerazioni nella costruzione



Danni rilevanti
e forte effetto psicologico



Con isolamento alla base

Il moto del terreno viene trasmesso in maniera ridotta alla costruzione



Sostanziale assenza di danni
ed effetto psicologico minimo

Problematiche

per il progettista strutturale

Quanto è difficile progettare una struttura isolata alla base?

- La progettazione è del tutto analoga e forse anche più semplice rispetto a quella di una struttura tradizionale
 - C'è il vantaggio di doverla considerare come non dissipativa e quindi senza preoccuparsi delle prescrizioni relative alla "progettazione in capacità"
- Ci sono però una serie di aspetti di dettaglio (sostanzialmente non strutturali) facilmente risolvibili, purché si sappia come affrontarli
 - L'edificio isolato deve potersi muovere rispetto al terreno e questo coinvolge il passaggio di tubazioni e impianti (che dall'edificio vanno al terreno) ma anche scale e ascensori che devono consentire l'uscita sul terreno esterno

Problematiche

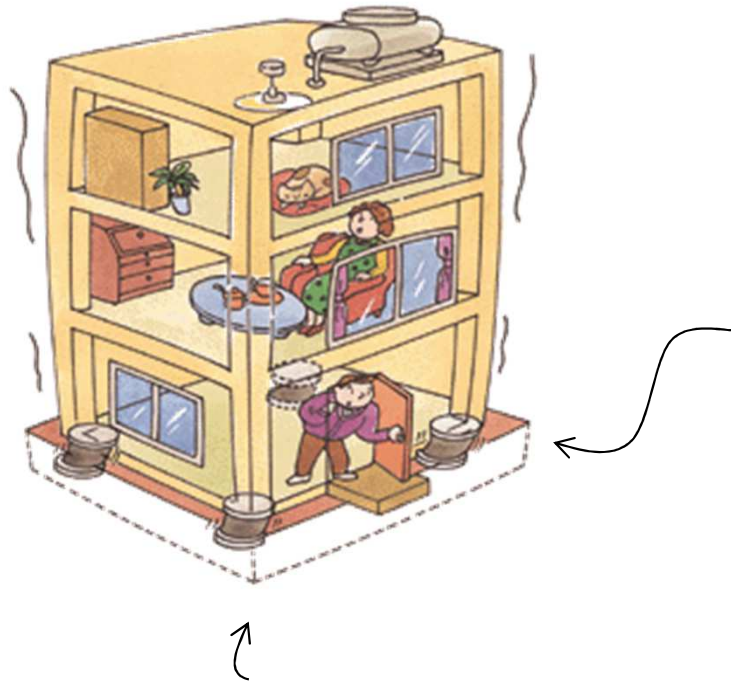
per l'utente finale

Quali problemi per chi andrà a vivere nell'edificio?

- Gli elementi di isolamento non hanno una vita infinita, occorre controllarli e sostituirli nel lungo tempo
 - La sostituzione di isolatori è un'operazione quasi banale, come sostituire le ruote in una automobile
 - C'è un certo costo, ma rientra in tutti i costi di manutenzione (come ad esempio controllare che il calcestruzzo non sia ammalorato ed eventualmente intervenire per rimediare)
- Ci sono accorgimenti che occorre ricordare
 - L'edificio isolato deve potersi muovere rispetto al terreno; quindi non si può, ad esempio, aggiungere un muro esterno che va a contatto con l'edificio ... ma sono aspetti ovvi e limiti facilmente rispettabili

Sistemi isolati alla base

Terminologia: definizioni generali



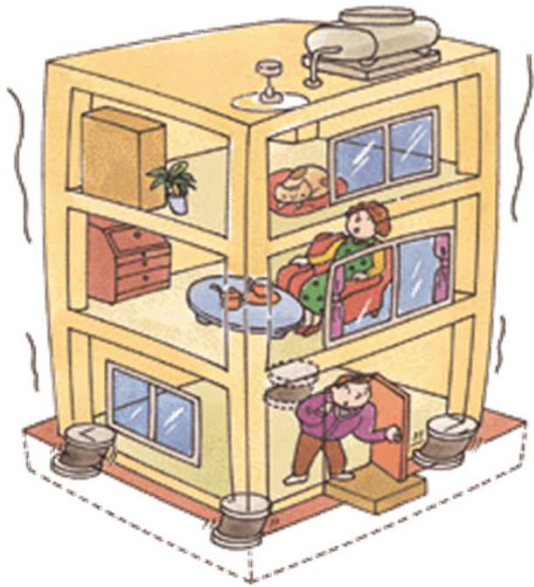
Interfaccia d'isolamento è la superficie di separazione sulla quale è attivo il sistema di isolamento

Sottostruttura é la parte della struttura che è posta al di sotto dell'interfaccia d'isolamento e che include le fondazioni

Ha in genere deformabilità orizzontale estremamente bassa ed è soggetta direttamente agli spostamenti imposti dal movimento sismico del terreno

Sistemi isolati alla base

Terminologia: definizioni generali



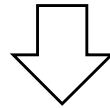
Sovrastruttura
è la parte della struttura posta al di
sopra dell'interfaccia d'isolamento
e, perciò, isolata

Impostazione del progetto

aspetti generali

Vincoli non eludibili

- La struttura isolata alla base deve poter avere spostamenti orizzontali in tutte le direzioni
 - Ordine di grandezza degli spostamenti: 25-30 cm



- Nessuna struttura in aderenza
- Nessun ostacolo (muretti o altro) che impedisca lo spostamento
- Necessità di giunti nell'accesso al palazzo, che consentano tale spostamento
- Studio specifico di scala e ascensore nel passaggio da sottostruttura a sovrastruttura

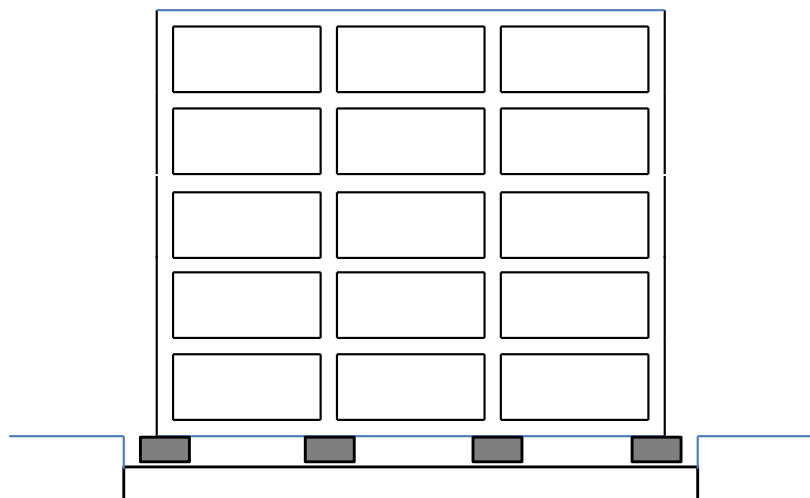
Impostazione del progetto

fase preliminare

- Impostare la carpenteria, come per un qualsiasi edificio a struttura intelaiata
- Individuare dove disporre il sistema di isolamento
- Individuare la tipologia di isolatori da utilizzare

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: dove disporre il sistema di isolamento?



Tra fondazione
e base dei pilastri del
primo ordine

In genere realizzando un
impalcato di collegamento alla
base dei pilastri

Aspetti da curare:

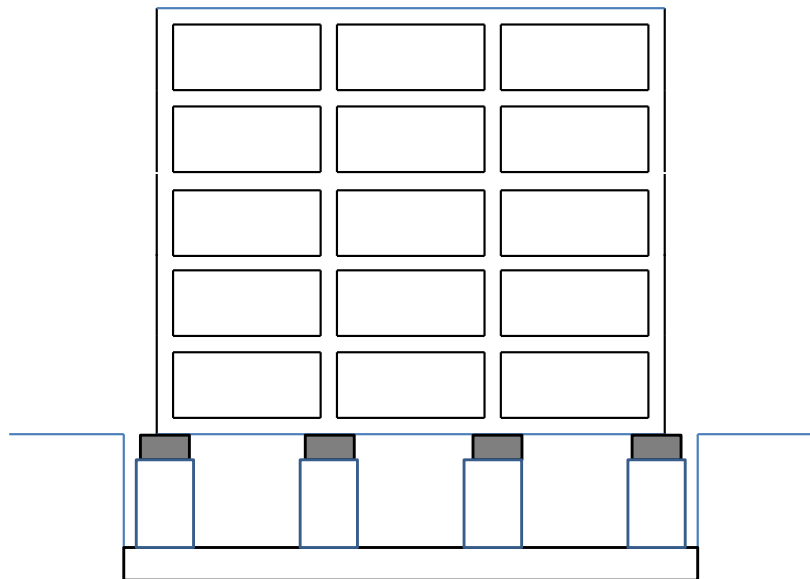
- Possibilità di accesso agli isolatori, per controllo e/o sostituzione
- Collegamento al terreno degli impianti di carico di acqua e gas e di scarico delle acque reflue

Soluzione scomoda per
accesso agli isolatori

Nota: dimensioni degli
isolatori fuori scala

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: dove disporre il sistema di isolamento?



Tra pareti/pilastri di un piano interrato e base dei pilastri del secondo ordine

I pilastri del piano interrato devono essere fortemente ringrossati

Aspetti da curare:

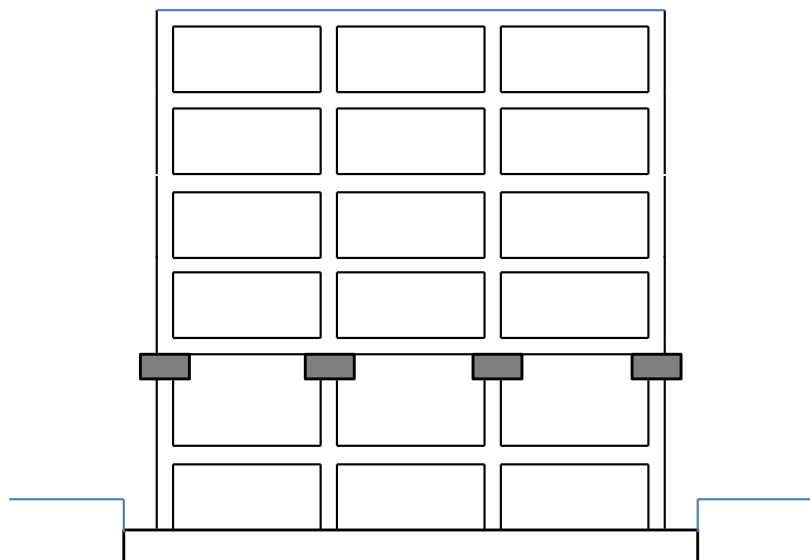
- Studio dettagliato di scale e ascensori che attraversano l'interfaccia di isolamento
- Possibilità di libero movimento attraverso l'interfaccia di isolamento degli impianti di carico di acqua e gas e di scarico delle acque reflue

È la soluzione che mi sembra preferibile

Nota: dimensioni degli isolatori fuori scala

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: dove disporre il sistema di isolamento?



A quota superiore, tra
un piano e l'altro

È una soluzione adottata
molto raramente

Aspetti da curare:

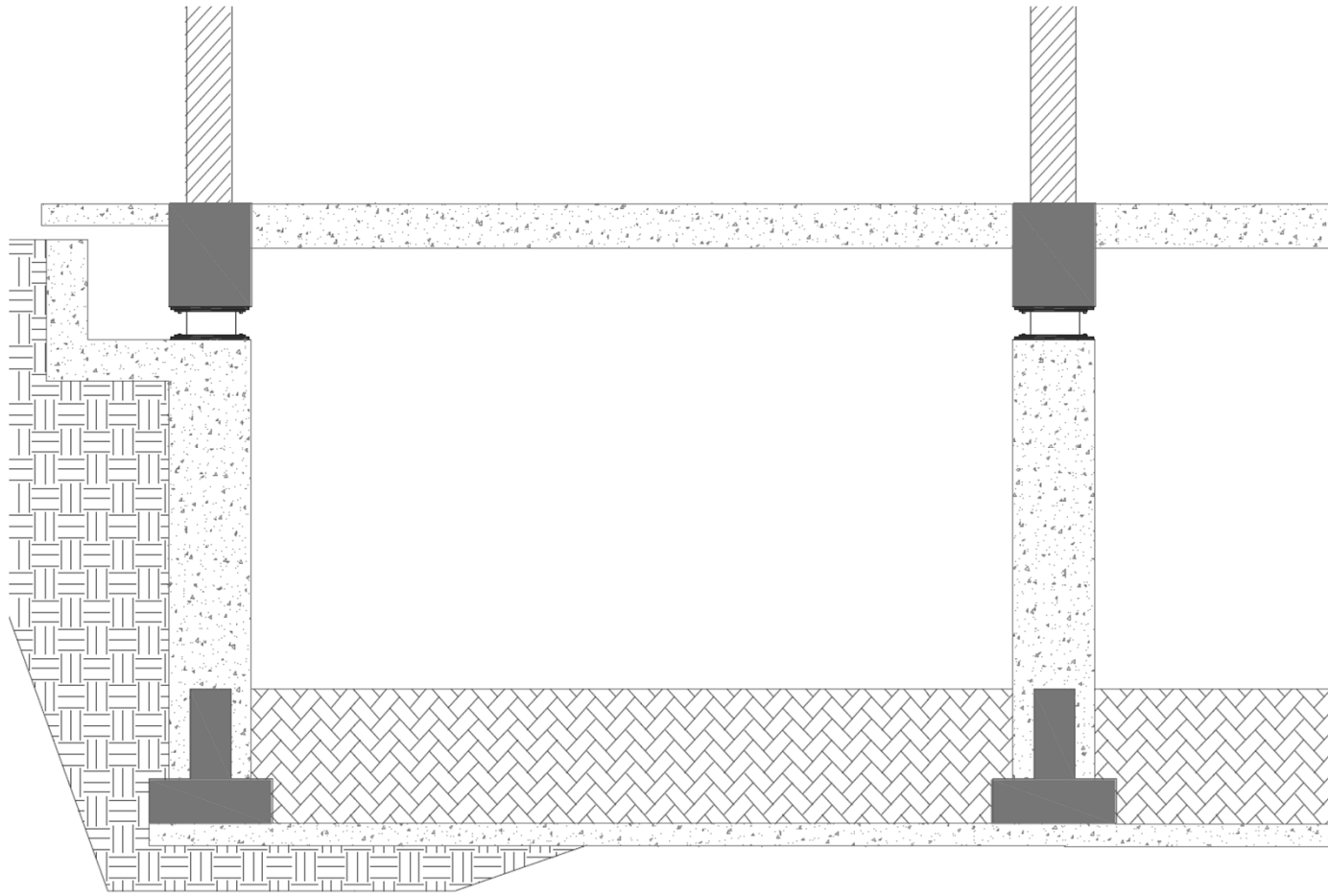
- Irrigidimento parte inferiore
- Funzionalità del piano in cui sono situati gli isolatori
- Studio dettagliato di scale e ascensori che attraversano l'interfaccia di isolamento
- Possibilità di libero movimento attraverso l'interfaccia di isolamento degli impianti di carico di acqua e gas e di scarico delle acque reflue

Nota: dimensioni degli
isolatori fuori scala

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: dove disporre il sistema di isolamento?

- Esempi di collocazione degli isolatori (scelta che preferisco)

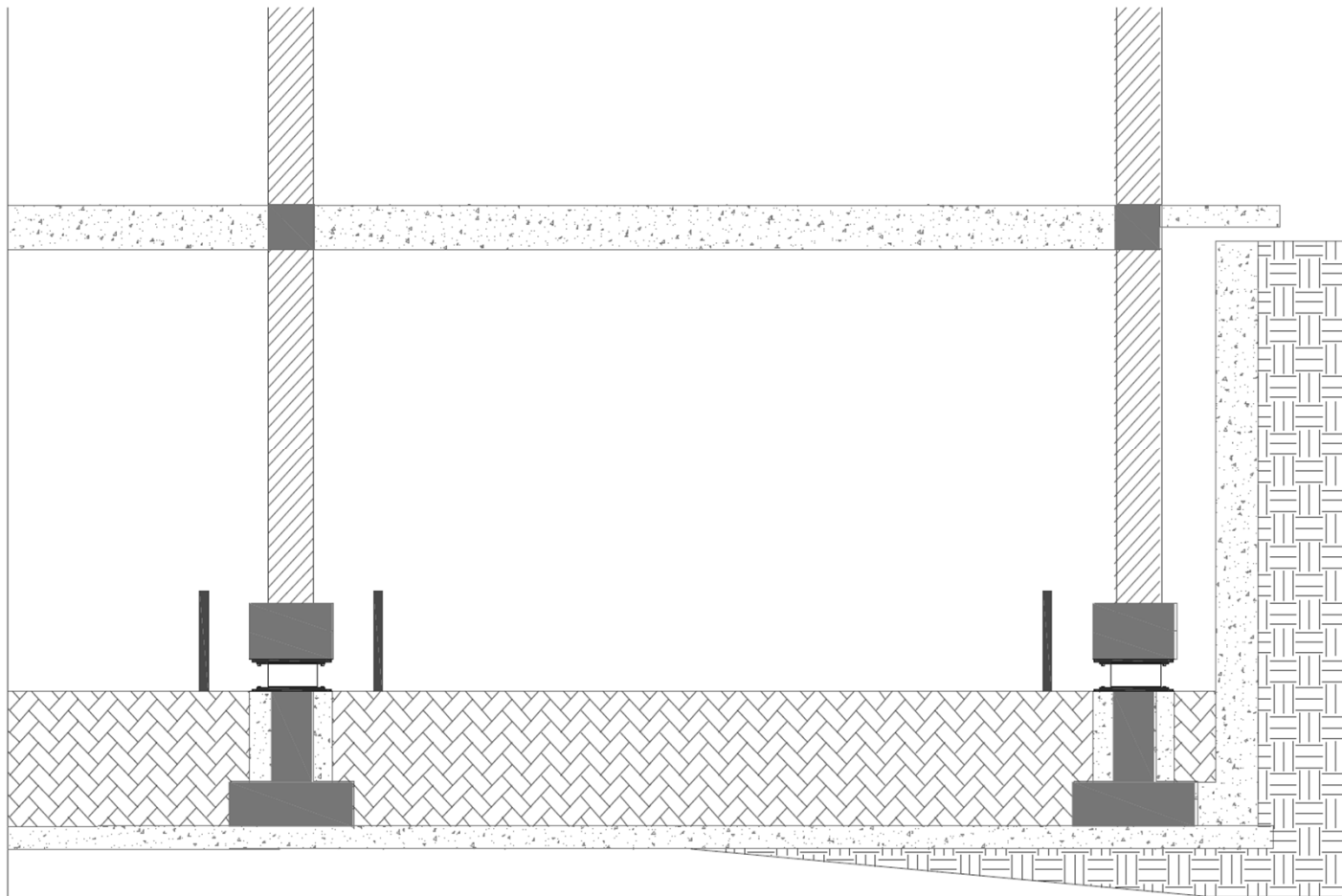


Da Clemente, Martelli, Seismically isolated buildings in Italy: State-of-the-art review and applications, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 119 (2019)

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: dove disporre il sistema di isolamento?

- Esempi di collocazione degli isolatori (alternativa che non mi piace)



Da Clemente, Martelli, Seismically isolated buildings in Italy: State-of-the-art review and applications, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 119 (2019)

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: come realizzare il sistema di isolamento?

Scelta più comune: isolatori elastomerici più isolatori a scorrimento a superficie piana

- Gli isolatori elastomerici forniscono rigidità al sistema
 - Il periodo proprio della struttura dipende da questa rigidità e dalla massa della struttura



Isolatori elastomerici
ad alto smorzamento

HDRB – High Damping Rubber Bearing

Questi sono gli elementi
che dissipano energia

Isolatori a scorrimento
a superficie piana



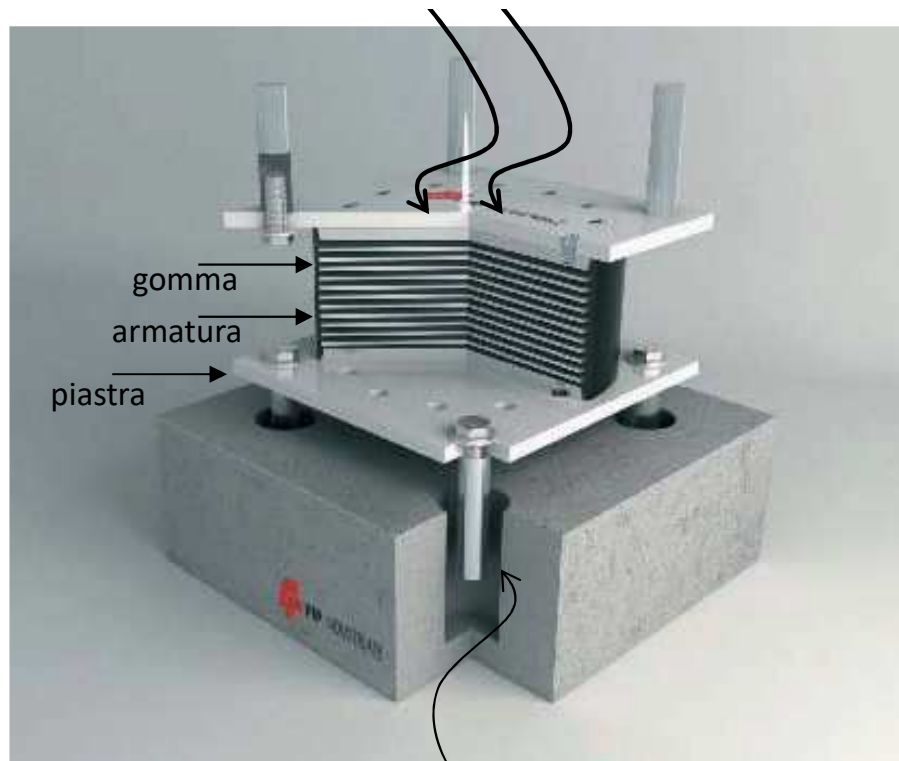
Questi consentono il libero
spostamento, senza dare rigidità

Isolatori elastomerici ad alto smorzamento

acciaio e gomma

- Gli isolatori elastomerici sono costituiti da strati alterni di acciaio e elastomero collegati mediante vulcanizzazione

Contropiastra superiore

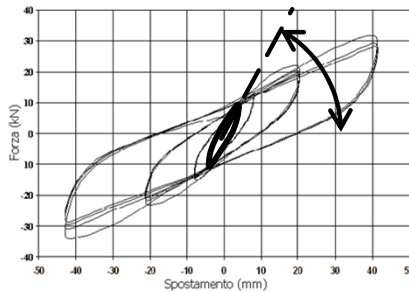


Zanca d'ancoraggio

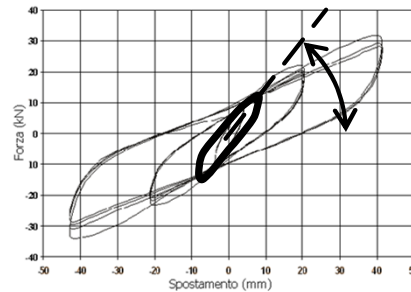
- La presenza degli strati di acciaio collegati all'elastomero costituisce un vincolo che impedisce lo spanciamento della gomma
- Si impedisce così un forte abbassamento della piastra superiore

Comportamento degli isolatori elastomerici ad alto smorzamento

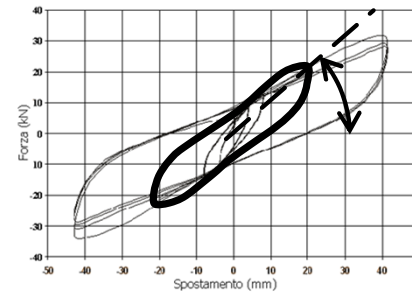
- Comportamento ciclico con ampiezza crescente



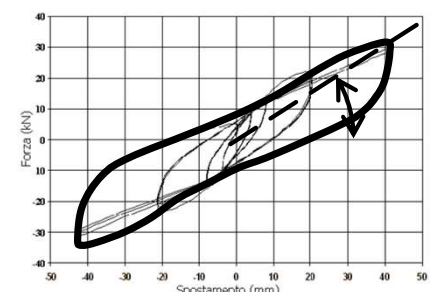
$\Delta \cong \pm 5 \text{ mm}$



$\Delta \cong \pm 10 \text{ mm}$



$\Delta \cong \pm 20 \text{ mm}$



$\Delta \cong \pm 40 \text{ mm}$

La rigidità è elevata in corrispondenza di piccole deformazioni a taglio dell'isolatore



Ciò consente di ridurre l'ampiezza delle vibrazioni in presenza di forze di taglio di moderata intensità (ad es. vento)

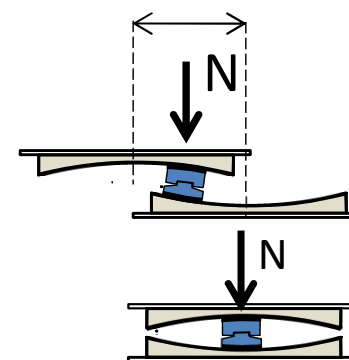
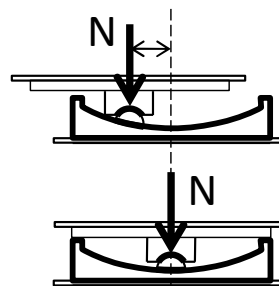
Ma questo richiederebbe di considerare una rigidità variabile

Impostazione del progetto

Scelte iniziali: come realizzare il sistema di isolamento?

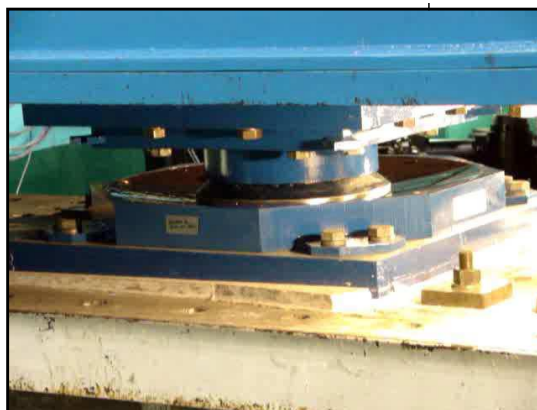
Scelta alternativa: isolatori a superficie curva (semplice o doppia)

- Gli isolatori a superficie curva non hanno rigidità
- Il periodo proprio della struttura è determinato dal raggio di curvatura della superficie curva



Isolatori a scorrimento
a superficie curva

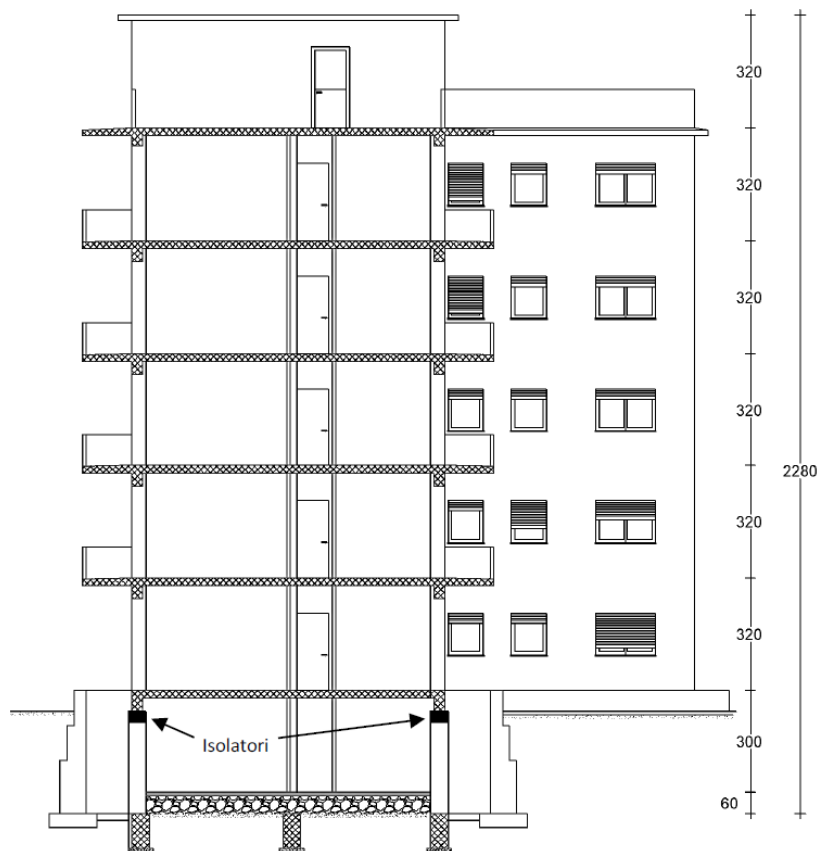
FPS – Friction Pendulum System



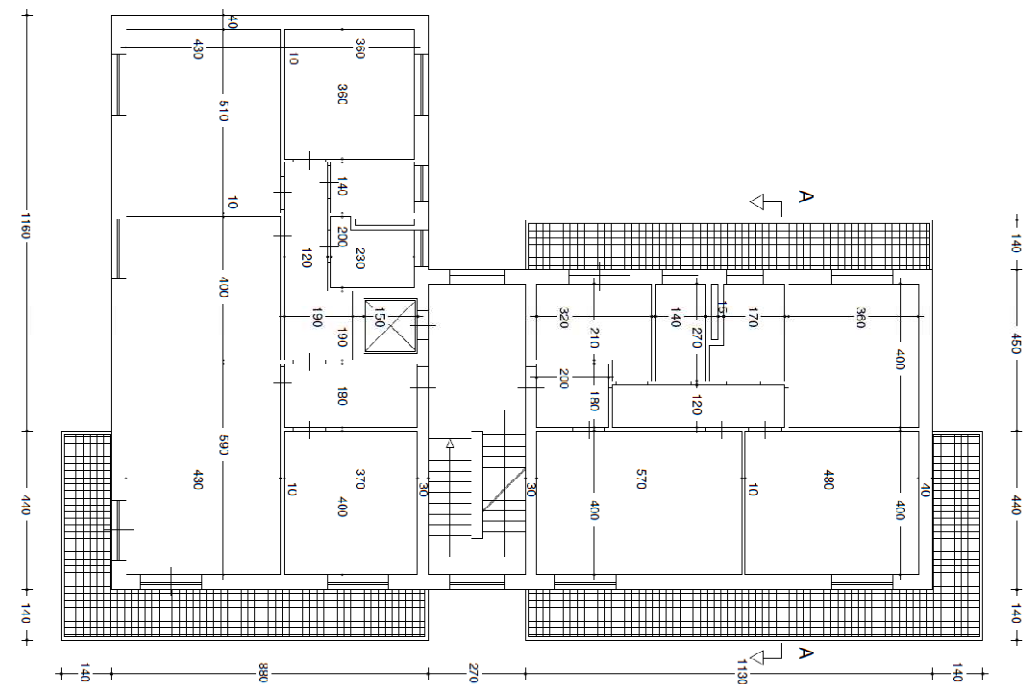
Tipologia completamente diversa,
da usare per tutti gli elementi

Esempio

edificio da analizzare: sezione e pianta



Notare posizione isolatori



Si è deciso di usare isolatori elastomerici ad alto smorzamento insieme a isolatori a scorrimento a superficie piana

[illegible]

Impostazione del progetto

Come procedere, dopo aver definito posizione e tipo degli isolatori?

- Valutare il periodo proprio della struttura a base fissa
 - Per avere un'idea della rigidezza, si possono ipotizzare sezioni analoghe a quelle di un edificio a base fissa
 - Più precisamente, il periodo dovrebbe essere quello della struttura in cui al posto degli isolatori vi sono cerniere che impediscono spostamenti ma consentono rotazioni
- Scegliere un periodo della struttura isolata che sia almeno 3 volte quello della struttura a base fissa
- Definire il sistema d'isolamento in maniera tale da avere il periodo proprio prescelto

Impostazione del progetto

Come procedere, dopo aver definito posizione e tipo degli isolatori?

- La struttura a base fissa (a 5 piani, cioè escludendo la parte al di sotto del sistema di isolamento) ha un periodo di circa 0.6 s
- Si è scelto di assegnare alla struttura isolata un periodo di 2.0 s
- Il peso totale della sovrastruttura è stato stimato pari a 18504 kN
- La rigidezza del sistema di isolamento deve essere pari a

$$K_{iso} = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 M_{tot} = \left(\frac{2 \times 3.1416}{2.0} \right)^2 \times \frac{18504}{9.81} \times 10^{-3} = 18.62 \text{ kN/mm}$$

- Si è deciso di usare isolatori HDRB con smorzamento 15%
 - L'ordinata spettrale per $T = 2$ s è 0.225 g
 - Ad essa corrispondono spostamenti pari a 223 cm, ma tenendo conto dell'eccentricità accidentale lo spostamento massimo è circa 250 mm

Impostazione del progetto

Come procedere, dopo aver definito posizione e tipo degli isolatori?

- Sono disponibili isolatori con diversa mescola (e quindi diversa rigidezza), con differente capacità di spostamento
 - Si sono considerati quelli con spostamento sia 250 mm che 300 mm

Tab. 3. Parametri degli isolatori HDRB con mescola normale

$S_{\max} = 250 \text{ mm}$			
D [mm]	N_{SLV} [kN]	N_{SLU} [kN]	K_{or} [kN/mm]
350	200	1680	0.62
400	590	2970	0.80
450	1070	4040	1.01
500	2030	6300	1.25
550	2830	8040	1.51
600	3640	9950	1.77
650	4460	10830	2.11
700	5490	11370	2.37
800	9080	14990	3.09
900	11880	21220	3.86

$S_{\max} = 300 \text{ mm}$			
D [mm]	N_{SLV} [kN]	N_{SLU} [kN]	K_{or} [kN/mm]
350	40	1400	0.51
400	240	2060	0.67
450	560	3390	0.85
500	1200	5290	1.05
550	1830	6580	1.23
600	2710	8380	1.49
650	3690	10310	1.74
700	4700	11370	1.92
800	7920	14940	2.51
900	10980	21220	3.03

Impostazione del progetto

Come procedere, dopo aver definito posizione e tipo degli isolatori?

- Sono disponibili isolatori con diversa mescola (e quindi diversa rigidezza), con differente capacità di spostamento
 - Per definire quali isolatori usare e dove risolverli si è proceduti per tentativi, usando un foglio di calcolo che, posizionando isolatori, valuta rigidezza totale e baricentro delle rigidezze

[illegible]

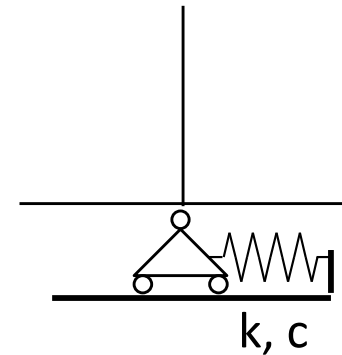
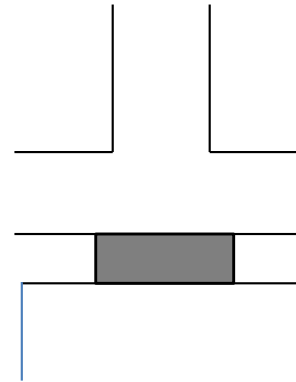
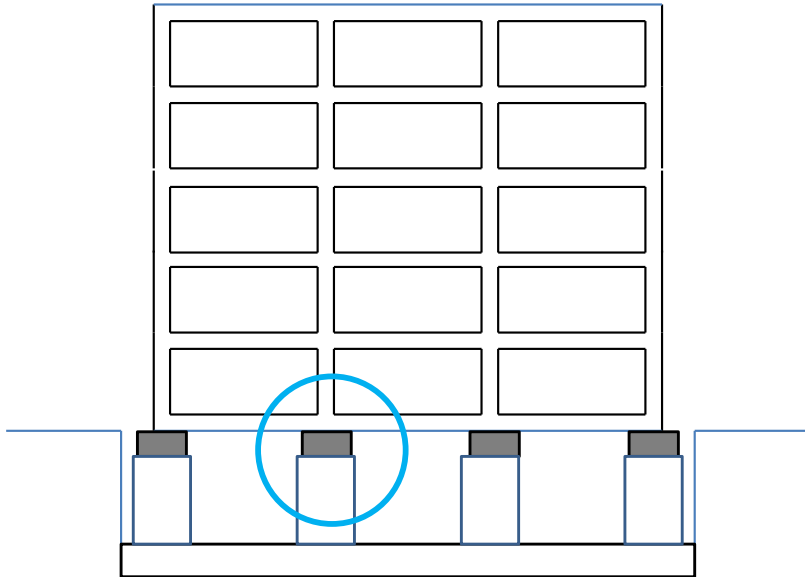
La x indica dove sono
posizionati gli isolatori
elastomerici

La o indica isolatori a scorrimento a superficie piana

Si noti che gli isolatori elastomerici sono lungo il contorno

Progetto

come modellare il singolo elemento di isolamento?



L'isolatore:

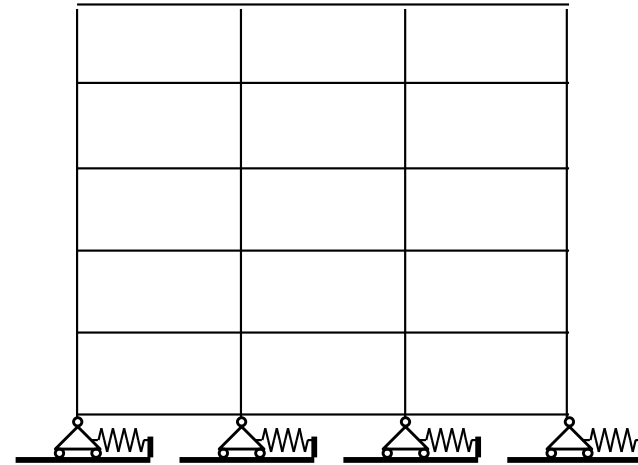
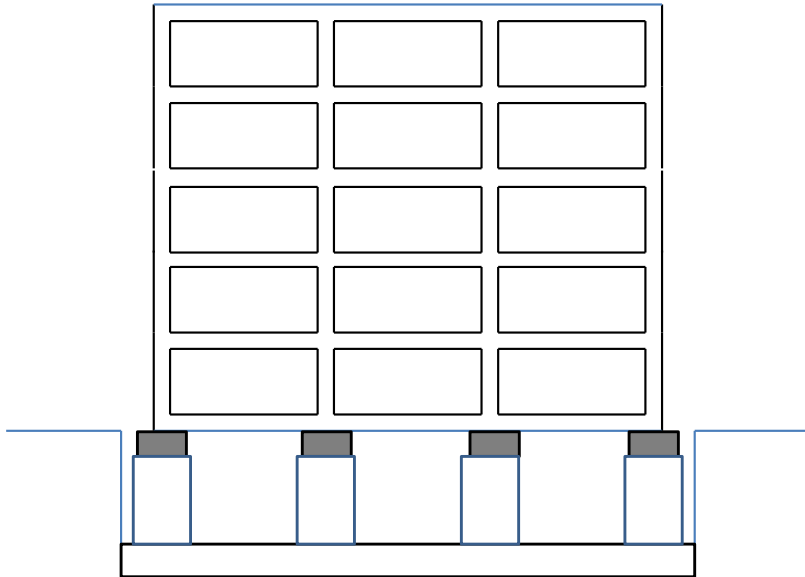
- Consente rotazione del nodo
- Consente spostamenti relativi in orizzontale, ma esercita una forza legata allo spostamento
- Dissipa energia (direttamente o grazie ad elementi aggiunti)

Può essere modellato come un carrello con molla di rigidezza k e dissipazione c aggiunta

Per una maggior precisione la molla dovrebbe essere non lineare

Progetto

come modellare l'intera struttura?



È possibile modellare la sola struttura più i vincoli costituiti dagli isolatori (visti come vincoli esterni)

Oppure sovrastruttura più sottostruttura, con gli isolatori che costituiscono vincoli mutui tra i due

Questo modello viene utilizzato per il calcolo della struttura

(MDOF, multi degree of freedom)

Risultato del progetto analisi modale

- Forme modali

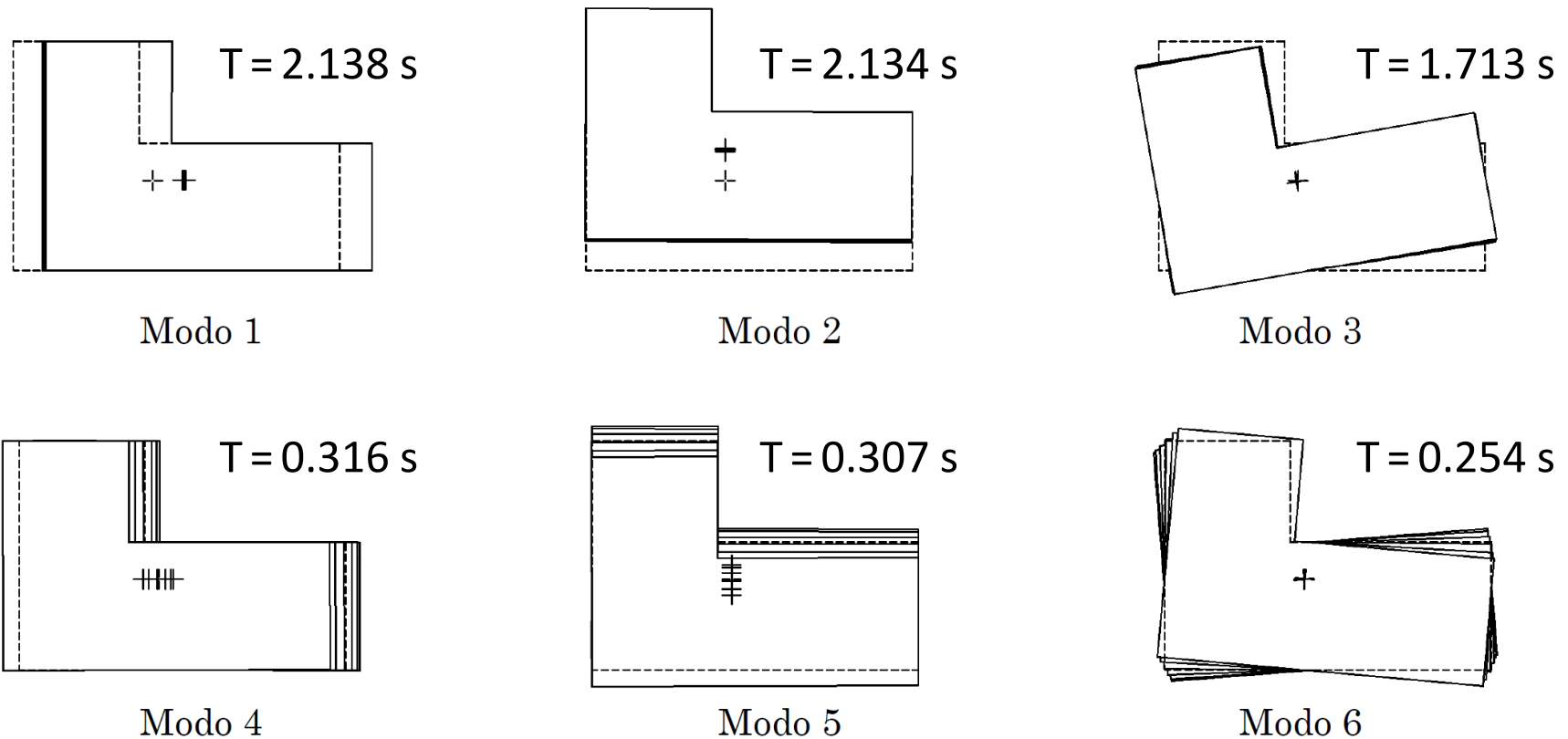


Fig. 30. Deformate modali: edificio visto dall'alto

Risultato del progetto

commento generale

In estrema sintesi:

- Si sono usate le stesse sezioni che si sarebbero considerate per struttura a base fissa
- Le armature sono state leggermente inferiori a quelle della struttura a base fissa
- Non si sono applicati numericamente i criteri di progettazione in capacità, ma si è leggermente abbondato in alcune armature nello spirito di quelle indicazioni
 - Armature dei pilastri un po' maggiori
 - Staffatura di travi e pilastri un po' maggiori

Ulteriori note

relative al bilanciamento strutturale

- La pianta a L crea problemi di bilanciamento, perché per sisma y la parte destra risulta meno rigida di quella sinistra
- Nel progetto dell'edificio a base fissa si è deciso di irrobustire il lato destro e indebolire leggermente quello sinistro per ottenere il bilanciamento (si vedano i capitoli relativi a questo progetto)
- Per l'edificio isolato alla base si sono mantenuti questi criteri ma è stato fatto anche un calcolo con struttura un po' sbilanciata
- La conclusione è che la mancanza di bilanciamento produce comunque effetti negativi, anche se meno significativi di quanto avviene per la struttura a base fissa
- Il consiglio è quindi di curare sempre un buon bilanciamento delle strutture

Edifici con pareti

Considerazioni generali

importanza delle pareti

- Le pareti in c.a. – anche di grossa dimensione – sono utilizzate in zone a sismicità elevata e per edifici di notevole altezza
- Queste pareti hanno garantito la sopravvivenza di edifici a terremoti veramente forti, anche se con danni notevoli

Si noti in questi
casi la carenza
nella staffatura

27-02-2010 , Cile

Foto P. Fajfar



Considerazioni generali

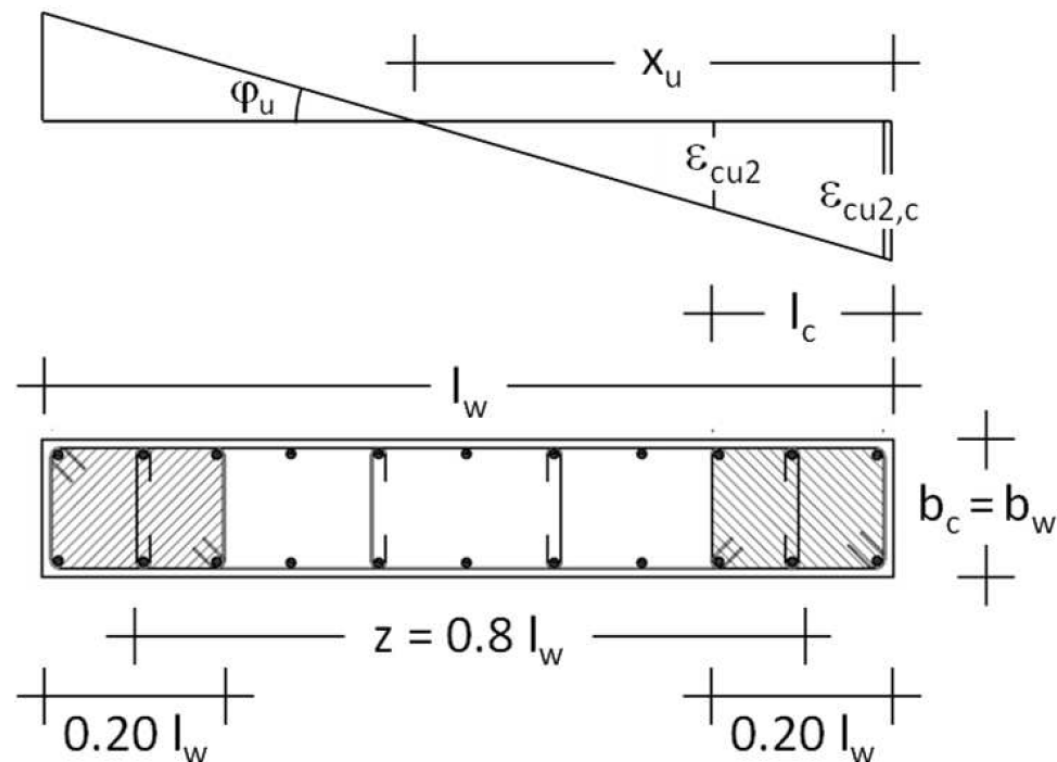
uso delle pareti in Italia

- In Italia le pareti sono utilizzate abbastanza raramente, principalmente per edifici di altezza notevole situati in zone di sismicità media o alta
- Nel passato la normativa italiana imponeva una modesta penalizzazione nel calcolo, per tener conto del fatto che esse sono meno iperstatiche delle strutture a telaio
- Nonostante questo, una corretta disposizione delle pareti sembrava poter sempre risolvere tutti i problemi

Considerazioni generali

normativa Europea e NTC

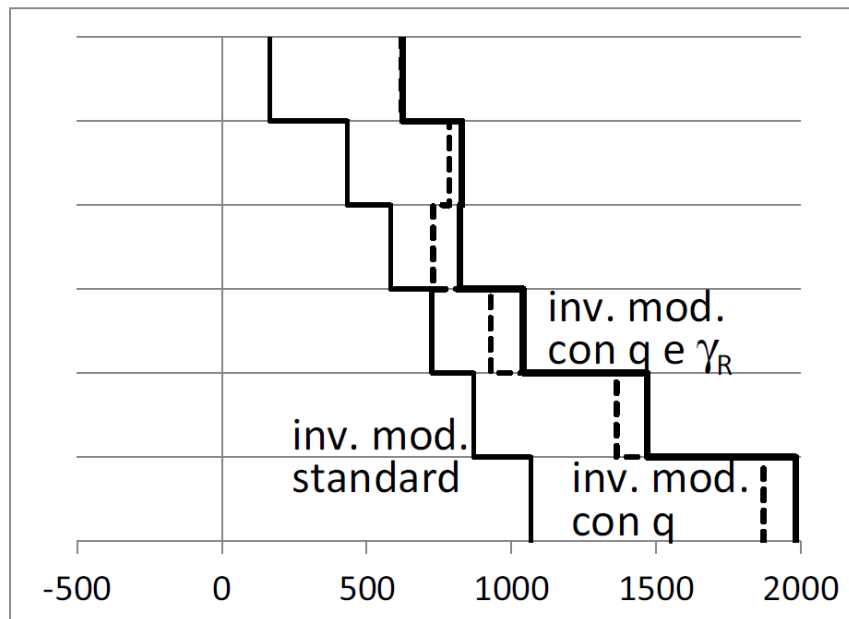
- La normativa Europea ha giustamente evidenziato l'importanza di concentrare le armature in zone di adeguata dimensione e con abbondante staffatura all'estremità delle pareti



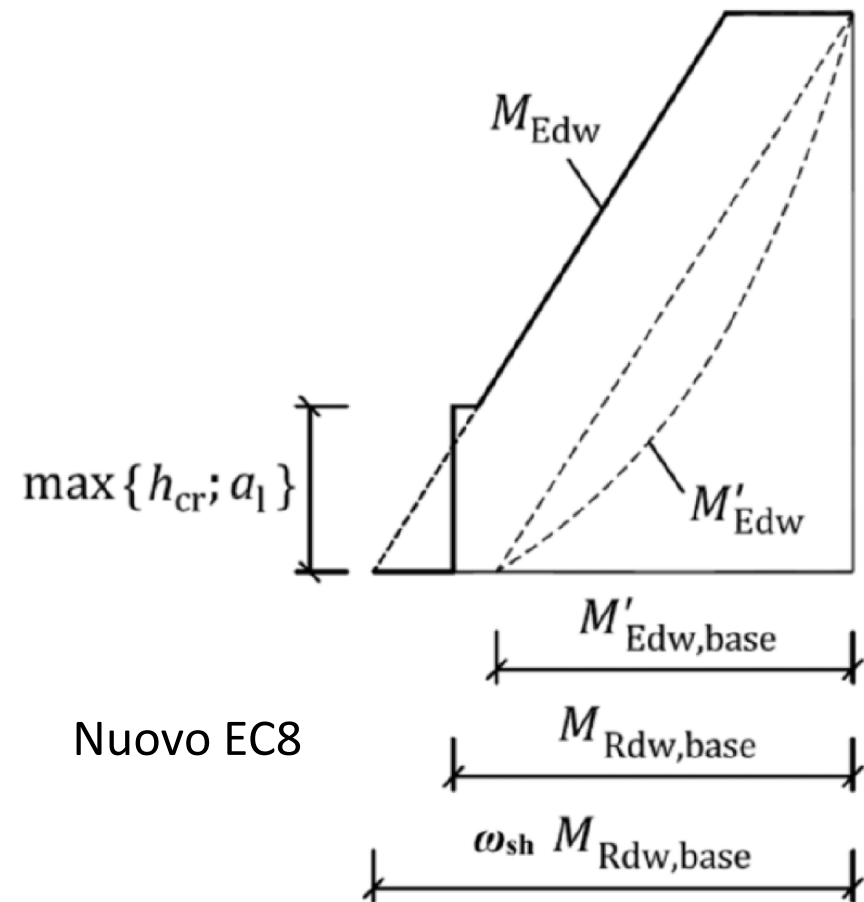
Considerazioni generali

normativa Europea e NTC

- Le normative Europea ed italiana hanno inoltre fornito criteri di progettazione in capacità che incrementano significativamente i valori del **momento flettente**



EC8 attuale

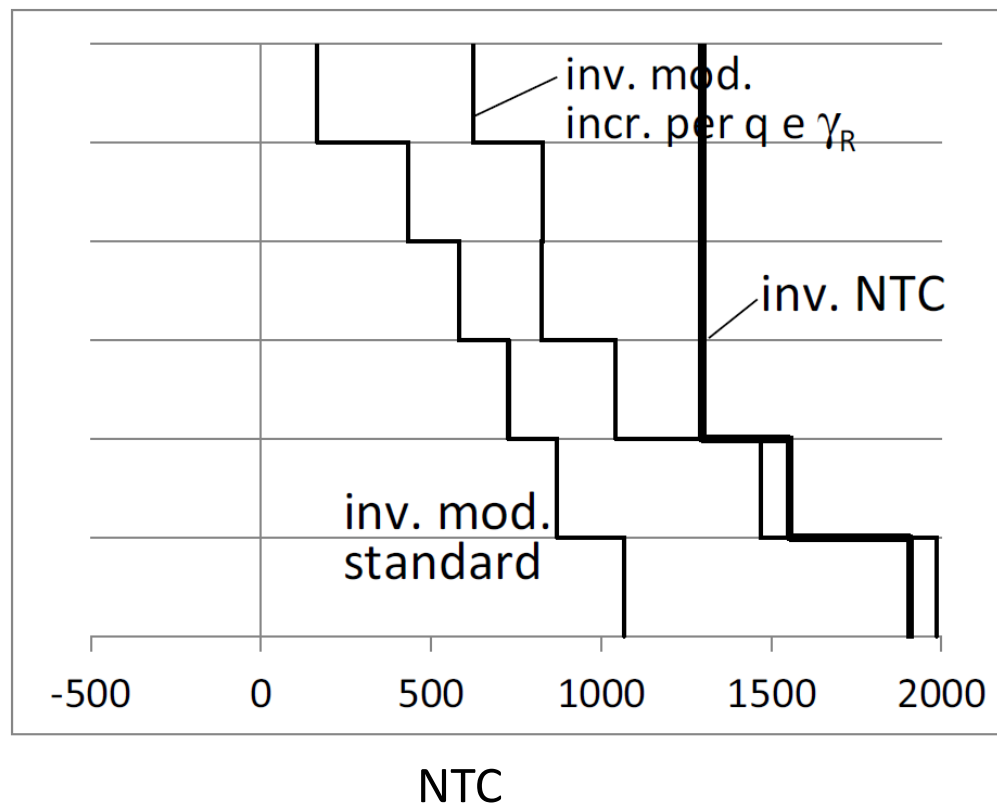


Nuovo EC8

Considerazioni generali

normativa Europea e NTC

- Le normative Europea ed italiana hanno inoltre fornito criteri di progettazione in capacità che incrementano significativamente i valori del momento **taglio**



Considerazioni generali

normativa Europea e NTC

- Tutti questi incrementi sono fortemente penalizzanti, ma corrispondono a problematiche reali
- Nel parlare della resistenza a taglio delle pareti compare però una formula che ha subito variazioni in fase di stesura della norma, portando a un dimezzamento della resistenza
- Questa ulteriore penalizzazione non sembra motivata

E in effetti nella bozza dell'EC8 del 2008 si riportava la formula

$$V_{Rd,max} = 0.4 \alpha_{cw} b z f_{cd}' \quad (10)$$

che corrisponde a considerare $\cot \theta = 2$. Nelle bozze successive (2001 e 2002) vi è stata una modifica, puramente formale perché porta allo stesso risultato, che differisce solo perché evidenzia col valore 1/2 quello che si avrebbe con $\cot \theta = 1$.

$$V_{Rd,max} = 0.8 \left(\frac{1}{2} \alpha_{cw} b z f_{cd}' \right) \quad (11)$$

La versione finale dell'EC8:2004, punto 5.5.3.4.2 (1), indica invece, per le zone dissipative

$$V_{Rd,max} = 0.4 \left(\frac{1}{2} \alpha_{cw} b z f_{cd}' \right) \quad (12)$$

col valore 0.8 stranamente sostituito con 0.4, lasciando invariato il termine 1/2. Questa modifica risulta fortemente penalizzante nel dimensionamento delle pareti. Uno degli autori (Gherzi) ha consultato tanti colleghi esperti senza ottenere una motivazione plausibile. Sorge il sospetto che la modifica sia stata più l'opera di un correttore di bozze poco attento che una reale scelta con validità scientifica.

Progettazione

di strutture con pareti

Le scelte nell'impostazione di strutture con pareti sono molteplici e non è facile individuare quale sia più conveniente

- Disporre poche pareti molto grandi (come minimo, 2 in una direzione ed 1 nell'altra) oppure molte pareti più piccole?
- Realizzare travi emergenti, anche collegate alle pareti (in modo da avere un contributo alla rigidezza complessiva) o travi a spessore (almeno per quelle collegate alle pareti oppure tutte quante)?

E inoltre

- Come garantire l'incastro alla base delle pareti, in particolar modo se sono molto grandi?

Progettazione

di strutture con pareti

- La mia esperienza mostra che le pareti grandi portano a sollecitazioni molto elevate e, considerando anche la penalizzazione (inappropriata?) della resistenza a taglio le sezioni necessarie diventano veramente grandi
 - Si noti che più aumentano le sezioni più si riduce il periodo, quindi si arriva sempre ai massimi valori dell'ordinata spettrale
- Nell'esempio usato nel libro ho optato per pareti di dimensioni medie (circa 3.00 m), disponendone 4 per ciascuna direzione

Progettazione

di strutture con pareti

- La presenza di travi emergenti collegate a pareti (nel loro stesso piano) sembrerebbe positiva per fornisce un aiuto e riduce le sollecitazioni nella parete
- Nascono però nelle travi momenti flettenti veramente rilevanti, difficilmente sopportabili anche con armature estremamente alte
- Per questo motivo mi sembra preferibile realizzare a spessore tutte le travi che si collegano a pareti (nel loro stesso piano)
 - Potrebbe anche essere presa in considerazione piegare le barre della trave che entrano nella parete in maniera tale da realizzare una cerniera
- Nell'esempio del libro la mia scelta finale è stata di realizzare tutte travi a spessore

Esempio di progetto carpenteria

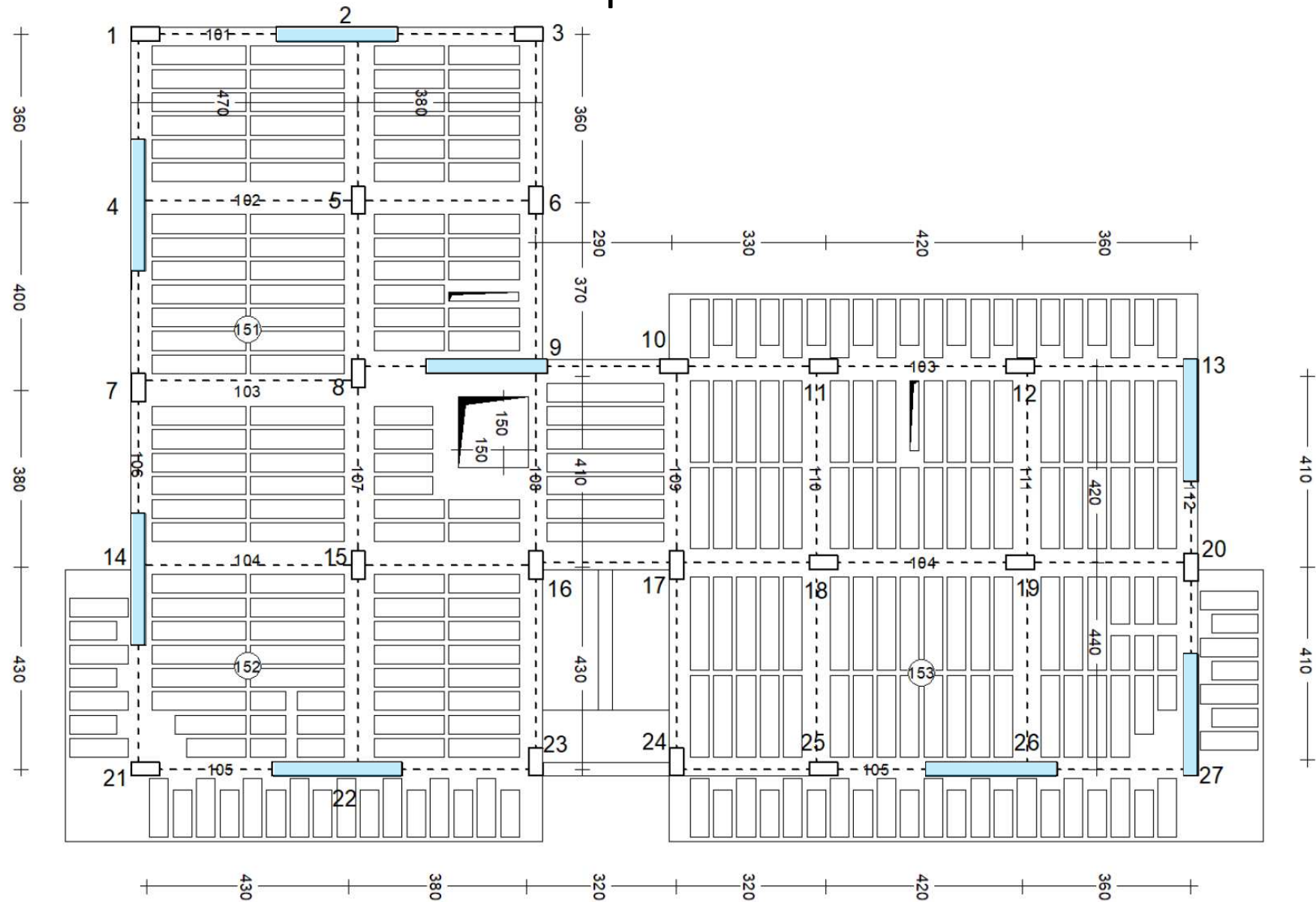


Fig. 35. Carpenteria del piano tipo

Esempio di progetto

deformate modali

- I periodi sono molto bassi, quindi le ordinate spettrali sono massime

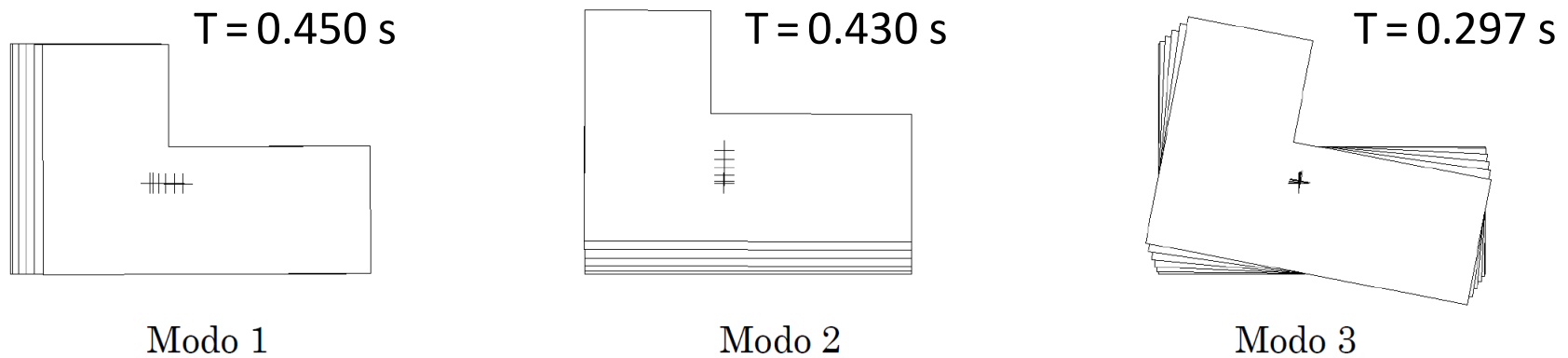


Fig. 37. Deformate modali: edificio con pareti visto dall'alto

Esempio di progetto

caratteristiche di sollecitazione, parete 14

- I valori delle caratteristiche di sollecitazione M e V sono molto alte

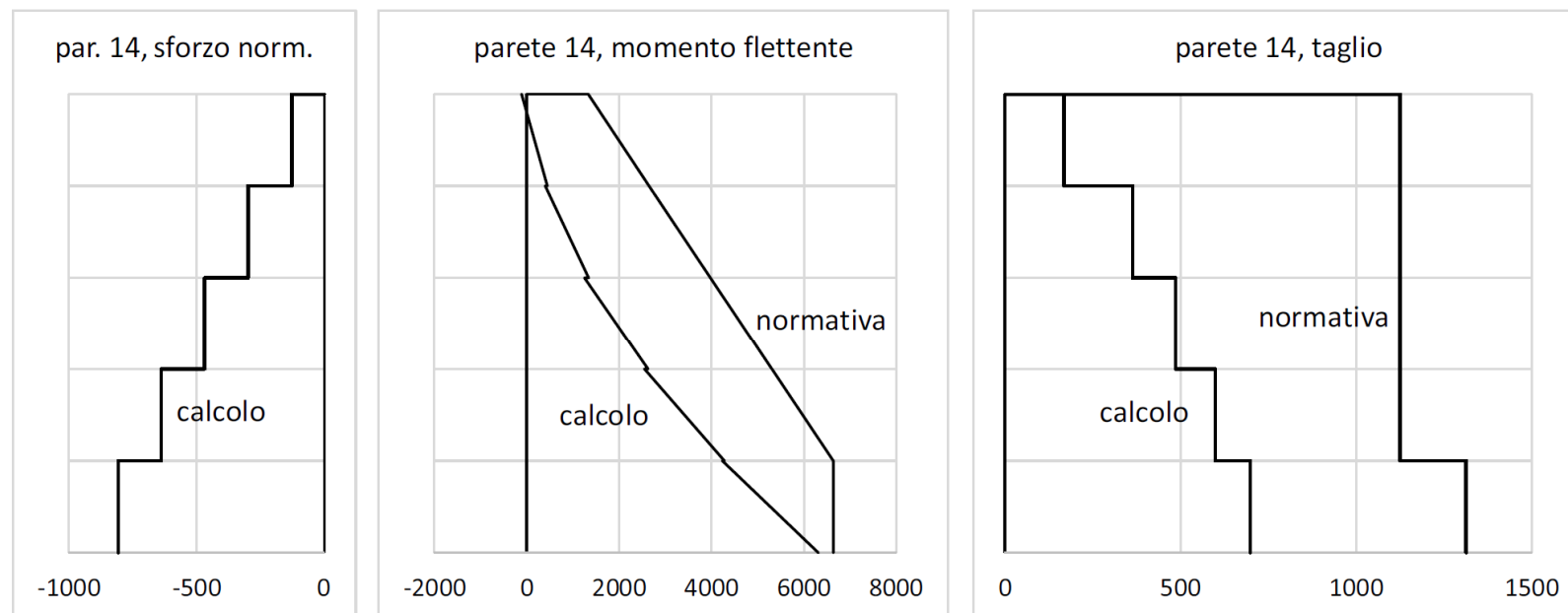


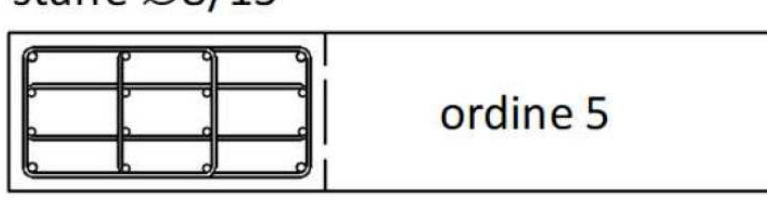
Fig. 39. Diagrammi di sforzo normale, momento flettente e taglio per la parete 14

Esempio di progetto

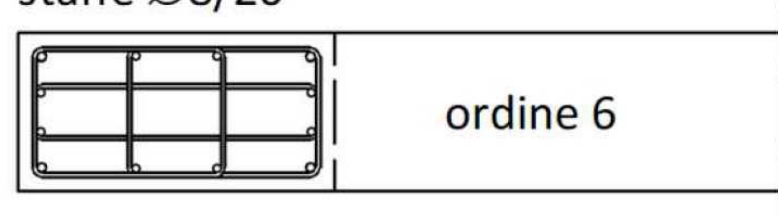
armature, parete 14

- Di conseguenza anche le armature sono molto forti

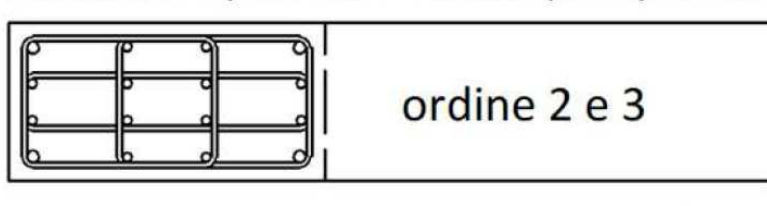
$4\varnothing 20 + 12\varnothing 16$
staffe $\varnothing 8/15$



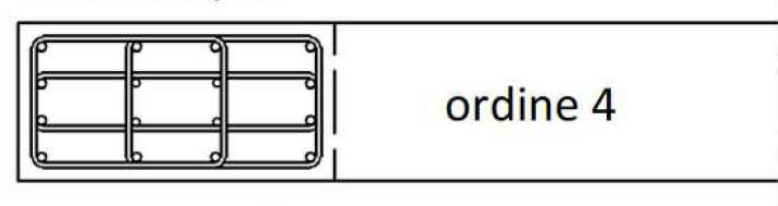
$4\varnothing 20 + 8\varnothing 16$
staffe $\varnothing 8/20$



$4\varnothing 24 + 12\varnothing 20$
staffe $\varnothing 10/10$ al 2° ordine, $\varnothing 8/10$ al 3°



$12\varnothing 20 + 4\varnothing 16$
staffe $\varnothing 8/15$



tirantini $\varnothing 8$ con lo stesso passo delle staffe

Fig. 40. Armatura nella parete 14 a tutti gli ordini

Edifici a telaio con controventi in acciaio

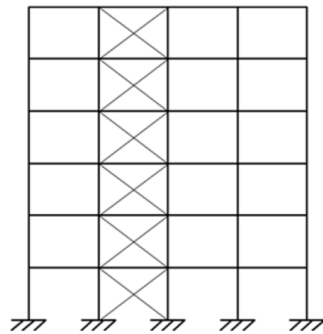
Considerazioni

- Le strutture intelaiate in acciaio risultano troppo deformabili; per evitare questo occorrerebbe usare sezioni molto più grandi di quanto necessario e quindi non sfruttare adeguatamente il materiale
 - L'aggiunta di controventi è quindi tipico delle strutture in acciaio
- Controventi in acciaio sono utilizzati abbastanza di frequente negli interventi su strutture esistenti, per fornire ad esse una maggiore rigidezza e resistenza
- È estremamente raro l'uso di controventi in acciaio in strutture in c.a. di nuova costruzione

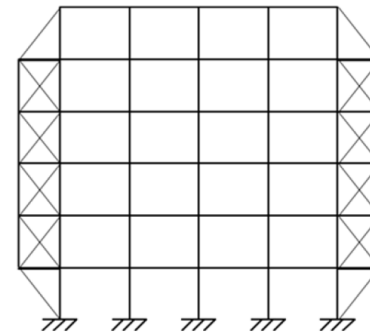


Possibili disposizioni di controventi

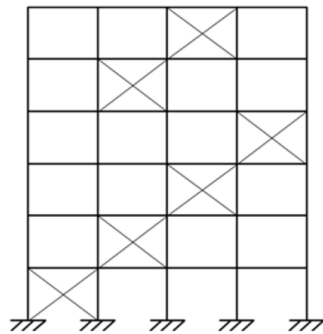
- I controventi sono prevalentemente inseriti all'interno dell'edificio o nel suo perimetro esterno, ma possono anche sporgere rispetto ad esso



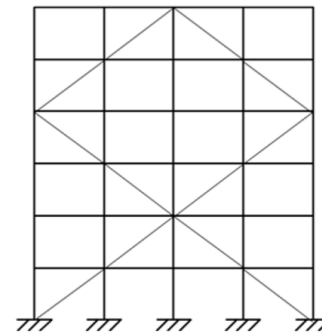
(a)



(b)



(c)



(d)

Problematiche

- Valgono in generale tutti gli aspetti tipici delle strutture controventate in acciaio. Ad esempio:
 - Garantire una corretta distribuzione delle resistenze a ciascun piano per evitare la formazione di meccanismi di piano
 - Tenere sotto controllo l'azione verticale sulle colonne in acciaio (questo è uno dei motivi per cui spesso si evita di disporre i controventi in una stessa verticale)
- Se i controventi sono sfruttati per edifici in c.a., un aspetto critico è costituito dalla forza verticale trasmessa dai controventi ai pilastri, che può provocare una forte trazione o una compressione estremamente elevata