

Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura

Progetto di costruzioni in zona sismica
A.A. 2023/2024

11 – IMPOSTAZIONE DELLA CARPENTERIA

Edoardo M. Marino, Università degli Studi di Catania

Impostazione della carpenteria

La struttura deve essere in grado di portare

- I carichi verticali
- Le azioni orizzontali (sisma)

Definisco la carpenteria in due fasi:

1. Prima pensando solo ai carichi verticali
2. Modificandola per portare anche le azioni orizzontali

Impostazione della carpenteria per carichi verticali

La struttura deve essere più regolare possibile:

- Uniformità della lunghezza delle campate dei solai
- Uniformità della lunghezza delle campate delle travi



- Uniformità del momento flettente nei solai
- Uniformità del momento flettente nelle travi
- Uniformità dello sforzo normale nei pilastri

Impostazione della carpenteria per carichi verticali

Le sollecitazioni non devono essere eccessive

Elemento	Per soli carichi verticali
Solaio	6.00 m
Sbalzo	2.50 m
Trave emergente che porta rilevanti carichi verticali	5.50 m
Trave a spessore che porta rilevanti carichi verticali	4.50 m

Limiti
suggeriti

Impostazione della carpenteria per azioni orizzontali

La struttura deve essere più regolare possibile:

- Uniformità delle sollecitazioni in ciascuna delle due direzioni ortogonali
- Uniformità di sollecitazione tra elementi periferici ed interni, e quindi buon comportamento rotazionale

Come ottenere questi obiettivi?

Aspetti da considerare

- Valutare la possibilità di dividere il fabbricato in blocchi staticamente separati da giunti
Forme molto irregolari della pianta architettonica possono portare a
 - Distribuzioni della rigidezza fortemente sbilanciate e quindi forte rotazione planimetrica
 - Zone di particolare debolezza degli impalcatiUna suddivisione dell'edificio in blocchi può eliminare o ridurre questi problemi
- Prestare molta attenzione alla struttura della scala
La soluzione con travi a ginocchio introduce elementi molto rigidi con conseguente:
 - Concentrazione delle sollecitazioni e riduzione della duttilità globale
 - Possibilità di introdurre una forte asimmetria nella distribuzione di rigidezzeOccorre **assolutamente evitare** di disporre travi a ginocchio

Aspetti da considerare

- Prestare molta attenzione alla struttura della scala

La soluzione con soletta rampante “tradizionale” sembra buona perché richiede “solo” una trave a livello intermedio

- In realtà possono nascere sollecitazioni taglienti forti nei pilastri che riducono la duttilità complessiva
- In realtà la soletta crea comunque un collegamento tra i due impalcati adiacenti (questo effetto non viene colto se la soletta rampante non è inserita nel modello ma esiste)

È opportuno evitare l'uso di una soletta rampante “tradizionale”

Una buona soluzione è la scala asismica (in c.a., “alla Giliberti”, o in acciaio)

Aspetti da considerare

- Prestare molta attenzione alla zona ascensori

La realizzazione di nuclei ascensore come setti in c.a. porta a:

- Concentrazione di rigidezza in una zona ristretta, con maggiori sollecitazioni nell'impalcato
- Scarsa rigidezza rotazionale
- Forte eccentricità della rigidezza se il nucleo non è sostanzialmente centrato nelle due direzioni

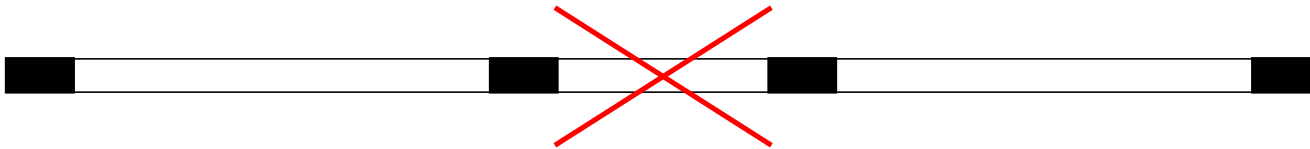
Occorre assolutamente evitare nuclei scala in c.a. se la struttura è a telaio (nuclei in c.a. possono essere accettabili nel caso di edificio con struttura a pareti resistenti a tutta altezza)

Aspetti da considerare

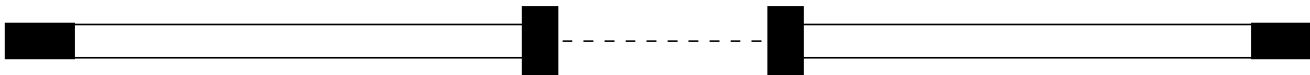
- Rendere uniformi le luci delle travi

Evitare campate di trave molto corte, che provocherebbero concentrazione di sollecitazioni

- Campate corte implicano forte taglio nella trave e forte variazione di sforzo normale nei pilastri adiacenti



- Nel caso sia inevitabile avere campate corte, usare travi a spessore e ruotare i pilastri in modo da ridurre la rigidità



Aspetti da considerare

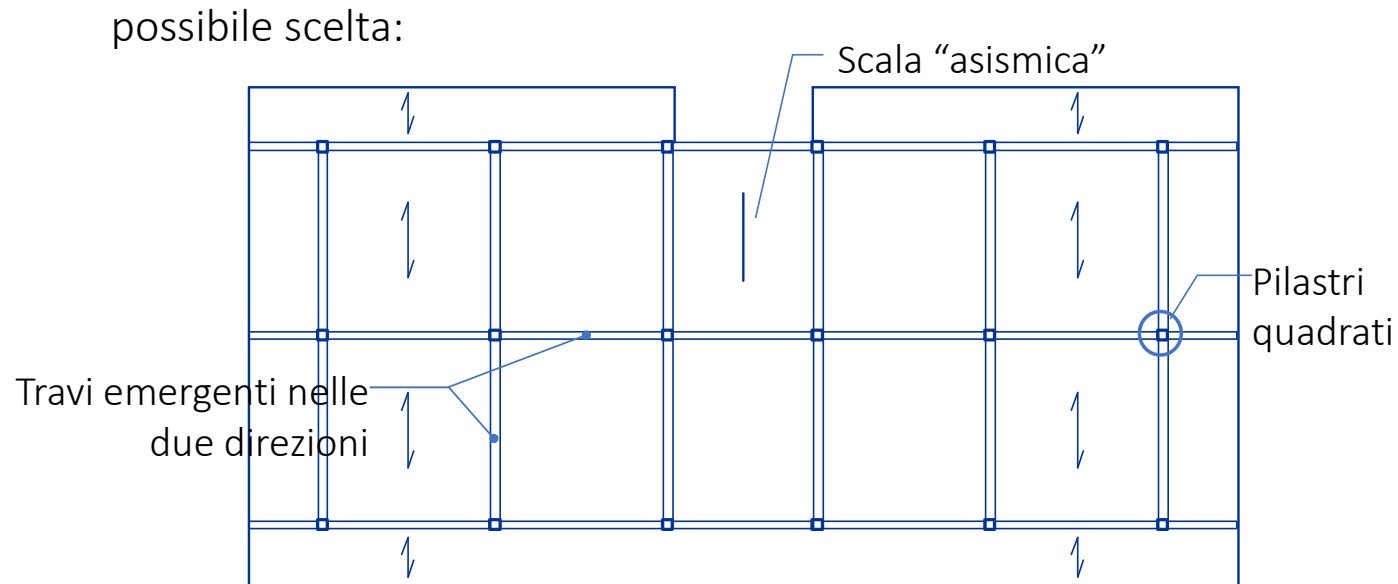
- Orientativamente, adottare per le luci di sbalzi, solai e travi limiti massimi inferiori a quelli consigliati in assenza di sisma

Elemento	Per soli carichi verticali	In zona sismica
Solaio	6.00 m	5.50 m
Sbalzo	2.50 m	2.00 m
Trave emergente che porta rilevanti carichi verticali	5.50 m	5.00 m
Trave a spessore che porta rilevanti carichi verticali	4.50 m	4. 0 m

Pianta di carpenteria ideale

Nell'impostazione per azioni orizzontali:

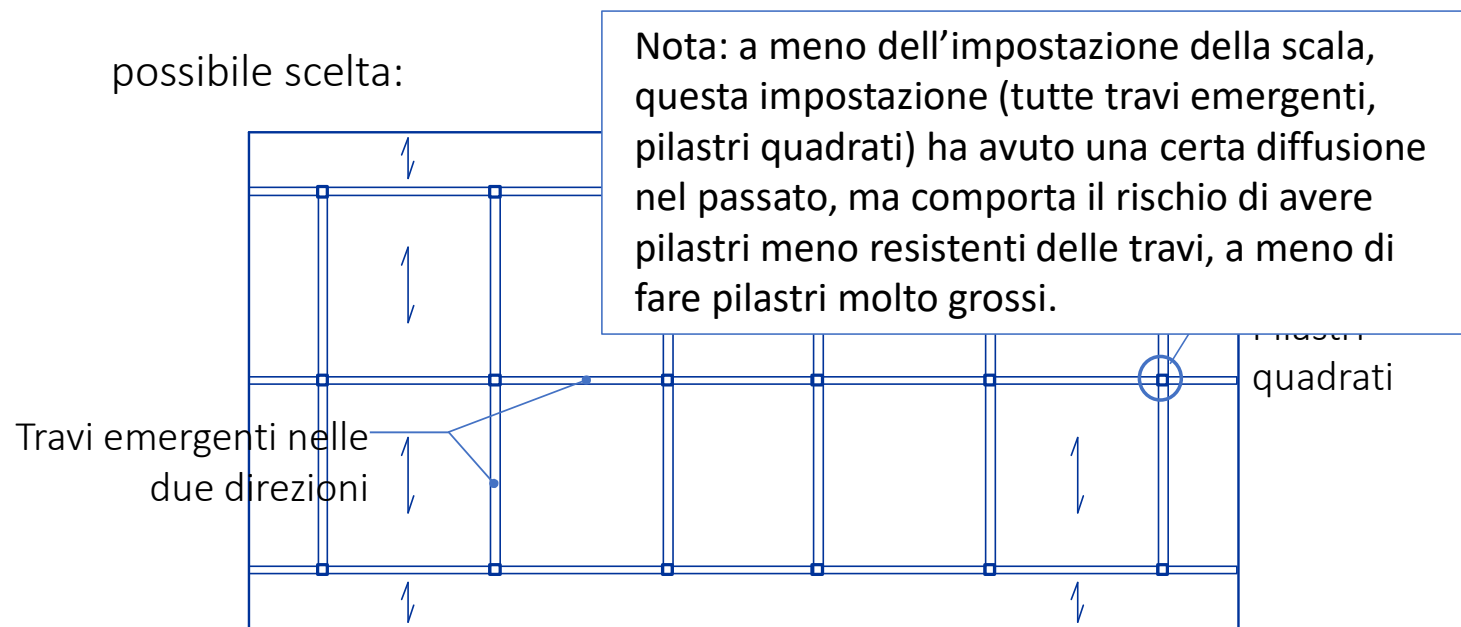
- Garantire un irrigidimento uniforme nelle due direzioni, con elementi ben distribuiti in pianta



Pianta di carpenteria ideale

Nell'impostazione per azioni orizzontali:

- Garantire un irrigidimento uniforme nelle due direzioni, con elementi ben distribuiti in pianta

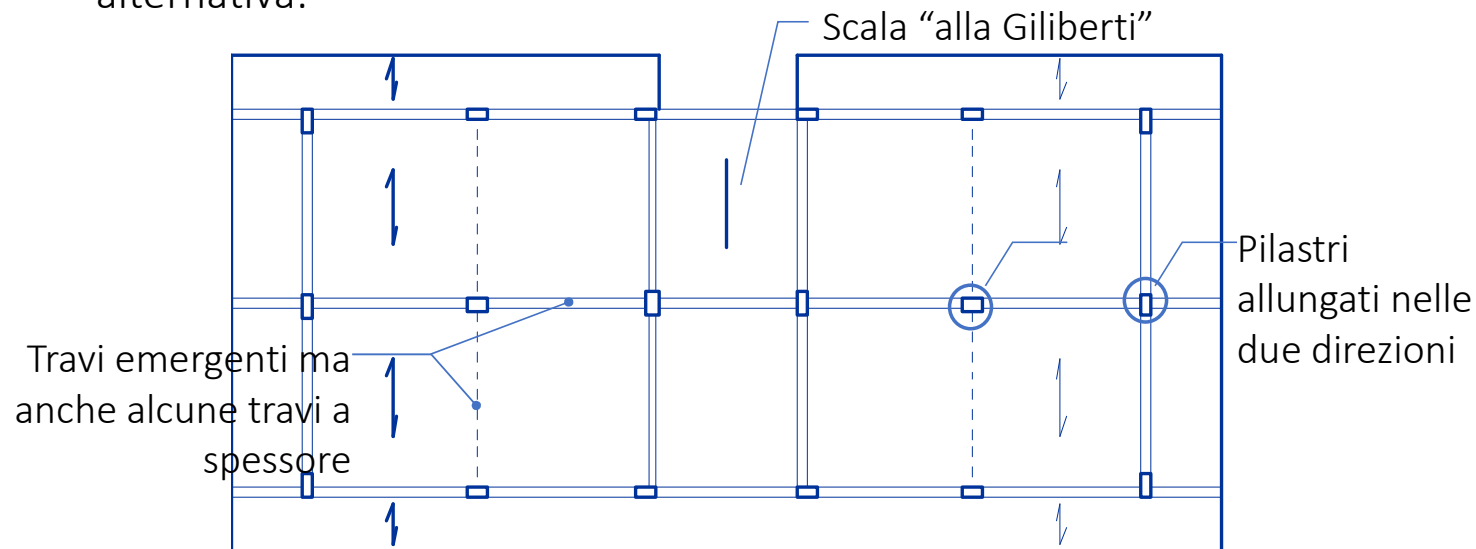


Situazione più realistica

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari

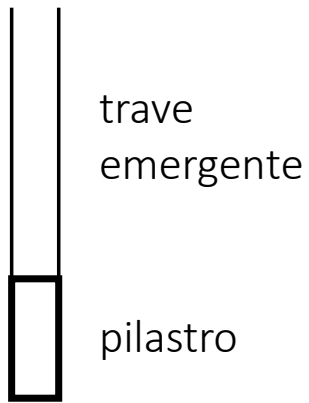
- Garantire un irrigidimento uniforme nelle due direzioni, con elementi ben distribuiti in pianta

alternativa:



Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



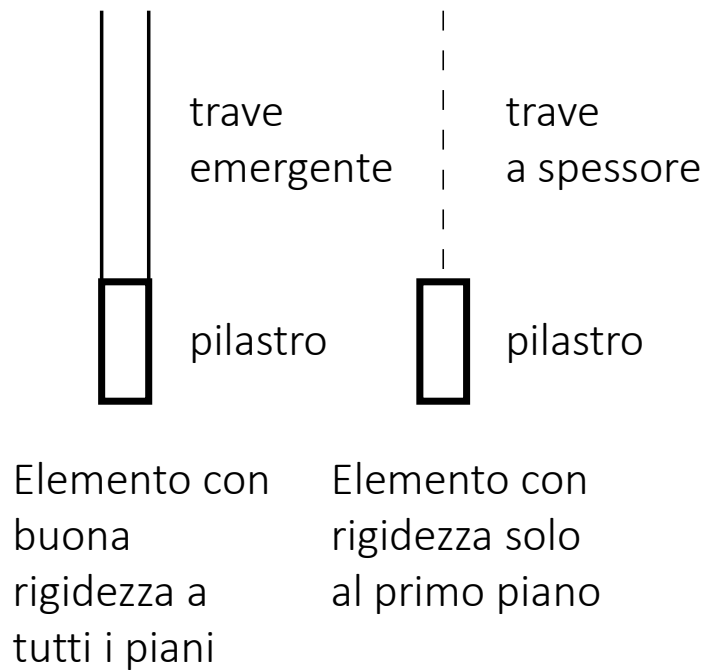
Elemento con
buona
rigidezza a
tutti i piani



La resistenza all'azione
sismica è affidata
ai pilastri allungati nella
direzione del sisma
ed accoppiati a travi
emergenti

Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

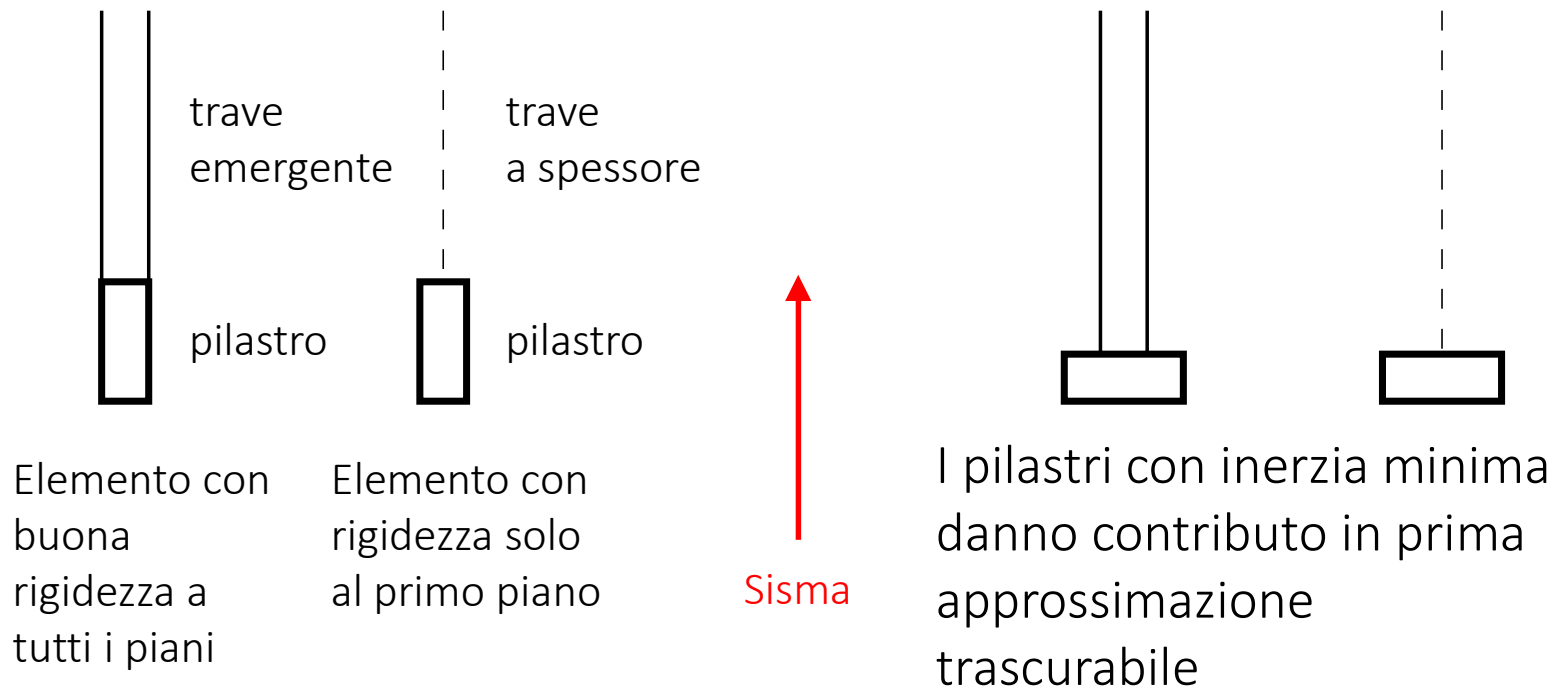
In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



Un pilastro rigido accoppiato ad una trave a spessore fornisce un contributo basso a tutti i piani, tranne che al primo

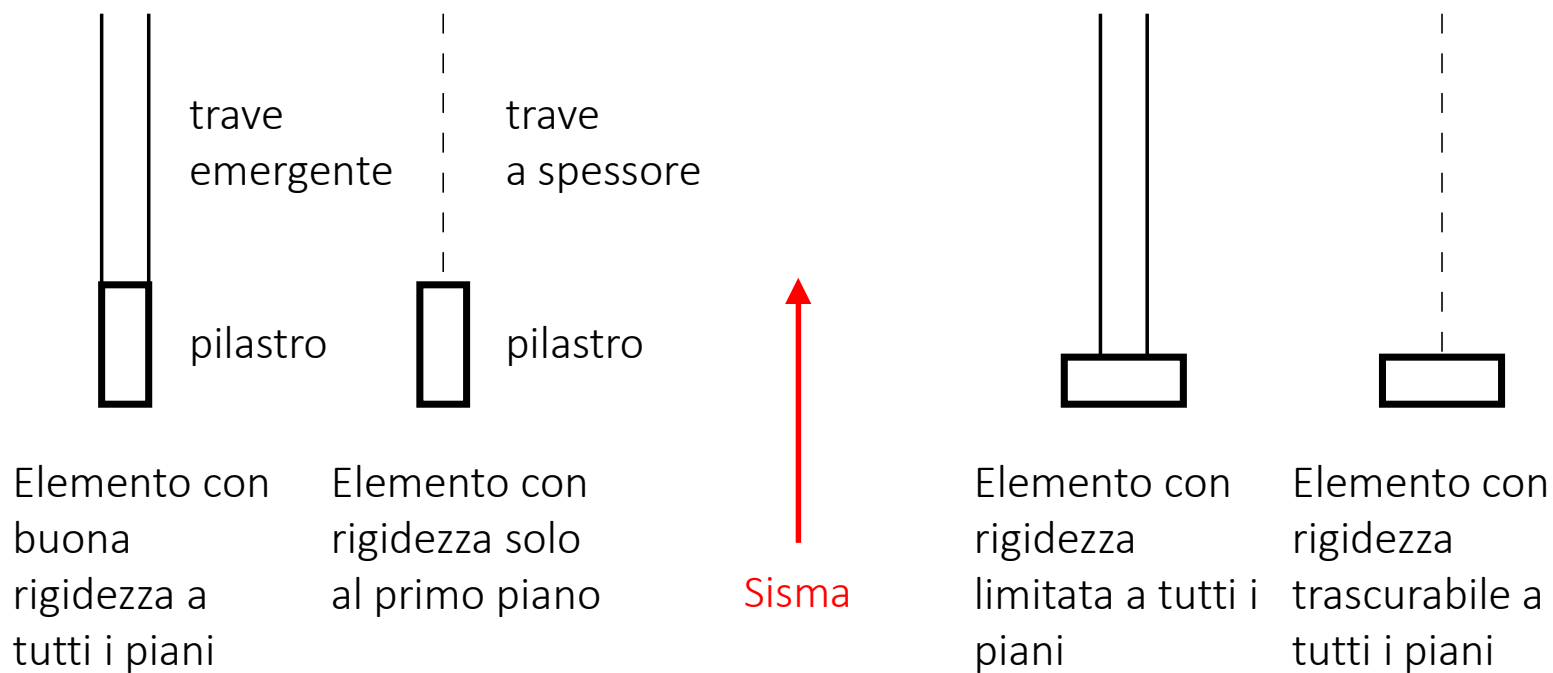
Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



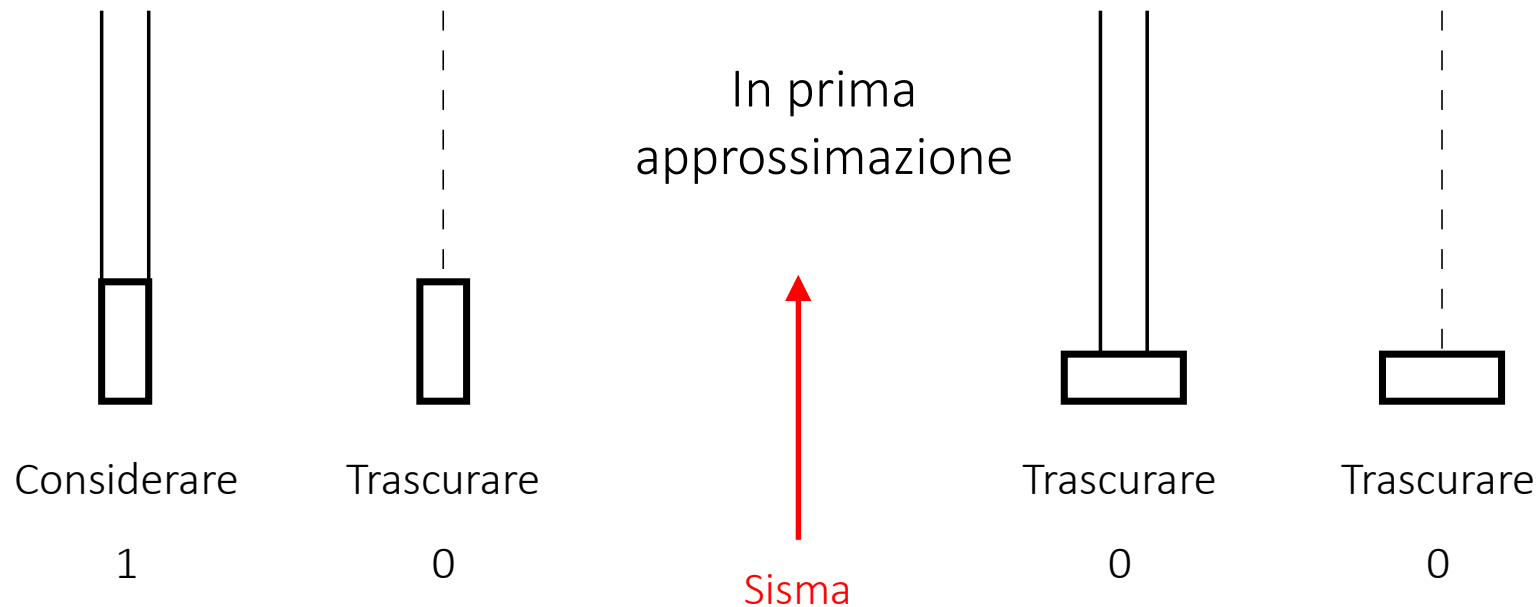
Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



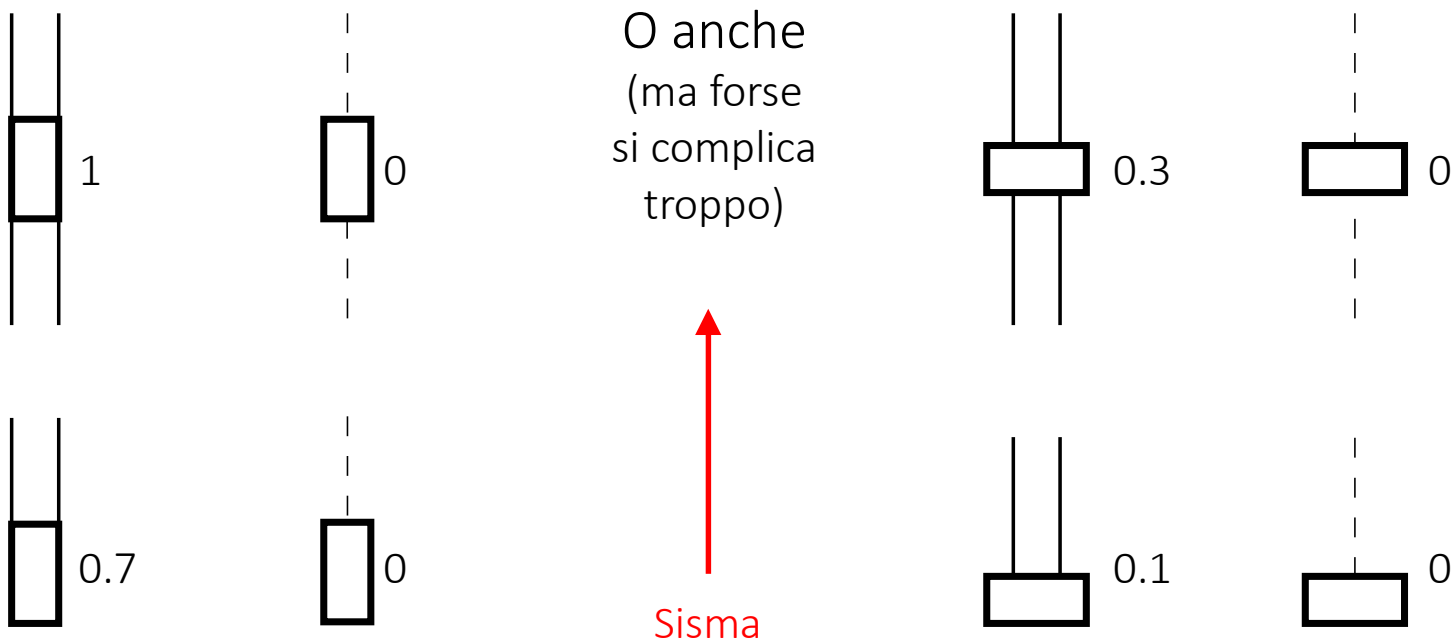
Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



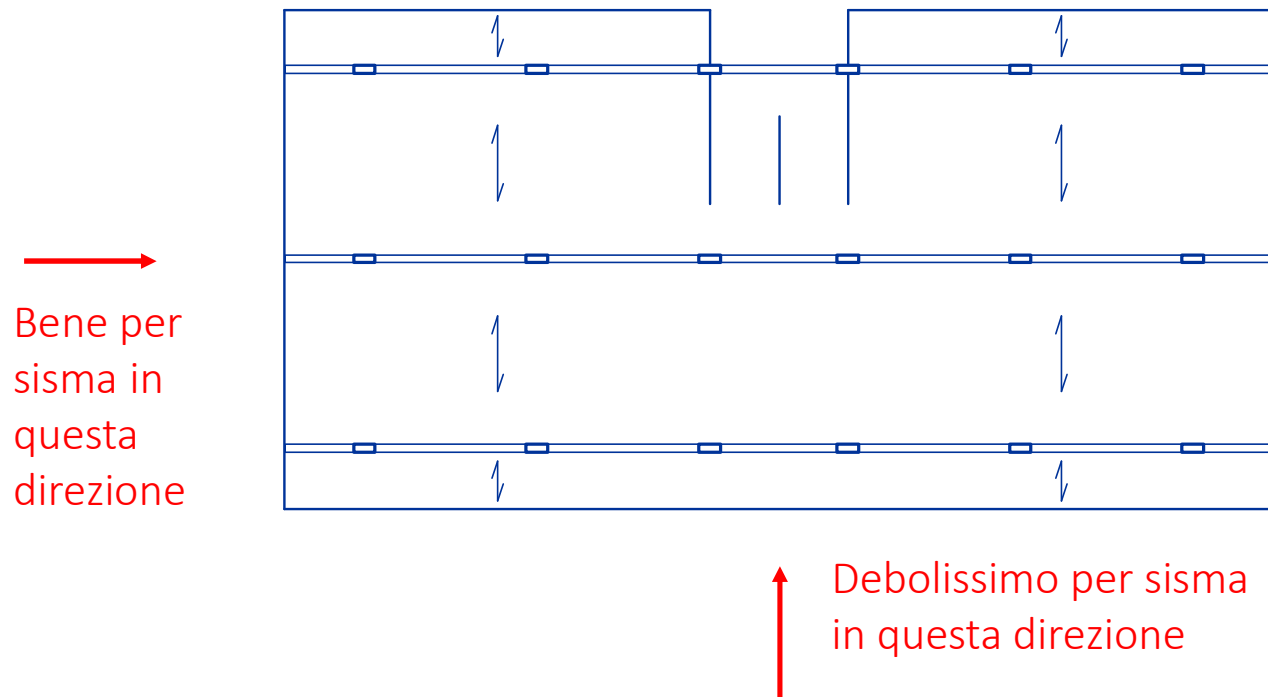
Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



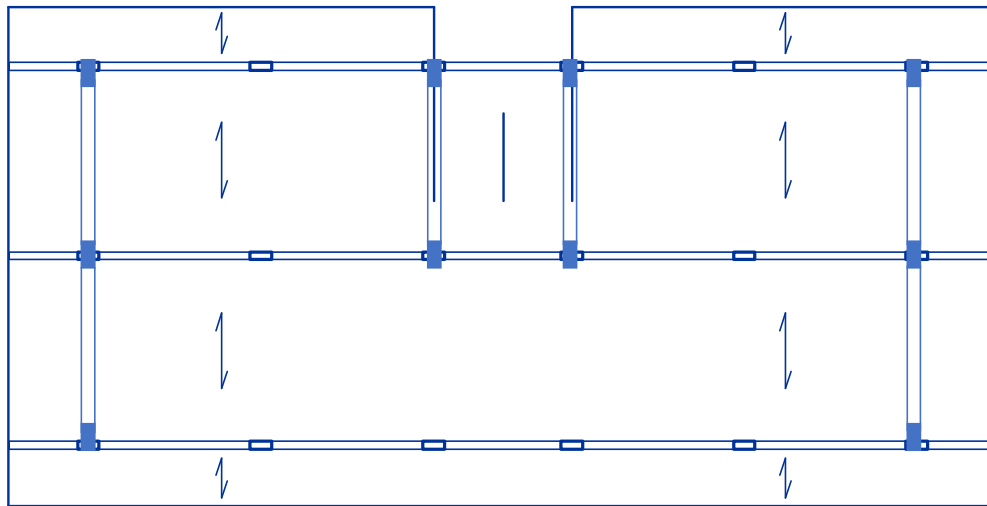
Impostazione della carpenteria da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Impostazione per soli carichi verticali:



Impostazione della carpenteria da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:

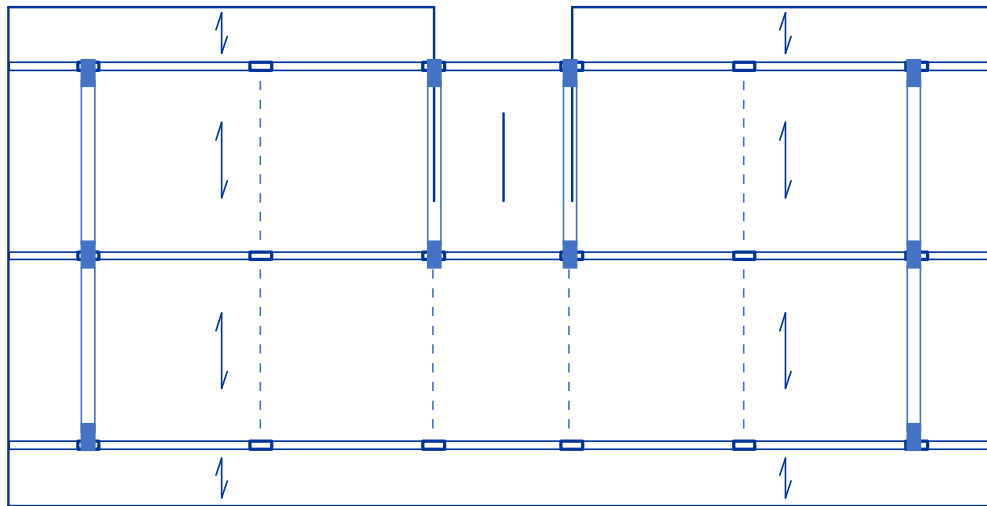


Girare un certo numero di
pilastri

Aggiungere travi emergenti per
renderli efficaci

Impostazione della carpenteria da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:



Si potranno poi aggiungere altre travi, a spessore, che sono però irrilevanti ai fini sismici

APPLICAZIONE PROGETTUALE

Edificio analizzato

Tipologia:

edificio adibito a civile abitazione, a 5 piani

Classe dell'edificio:

classe II (costruzione con normale affollamento, senza contenuti pericolosi e funzioni sociali essenziali)

Ubicazione:

zona sismica con $a_g = 0.25$ g (su roccia)

Categoria di suolo:

categoria C (limi argillosi sopra uno strato di argille sovraconsolidate)

Edificio analizzato

Struttura portante principale:

struttura intelaiata in cemento armato

Solai:

in latero-cemento, gettati in opera

Scale:

a soletta rampante asismica

Fondazioni:

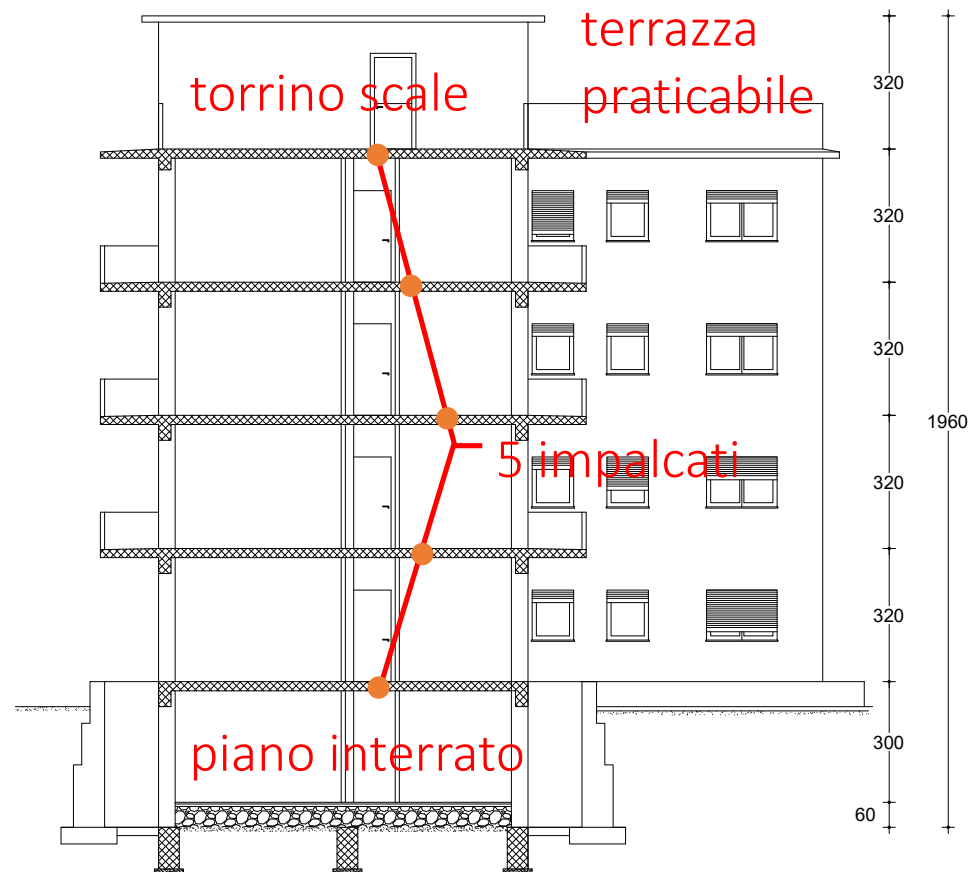
reticolo di travi rovesce

Materiali:

calcestruzzo C30/37, acciaio B450C

($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ck} = 37 \text{ MPa}$)

Sezione dell'edificio



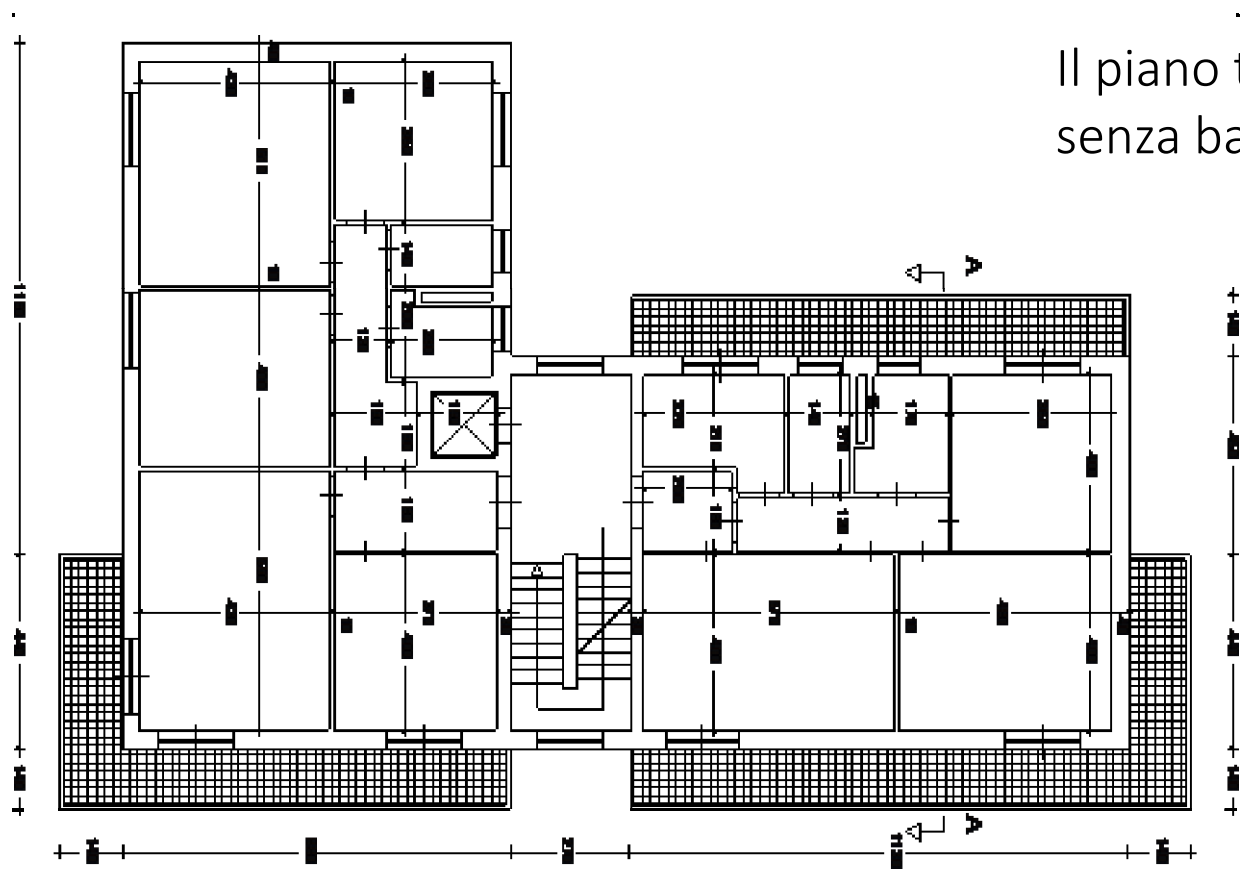
Adibito ad
abitazione civile

Zona con sismicità
abbastanza forte

Terreno costituito da
limi argillosi sopra
uno strato di argille
sovracconsolidate

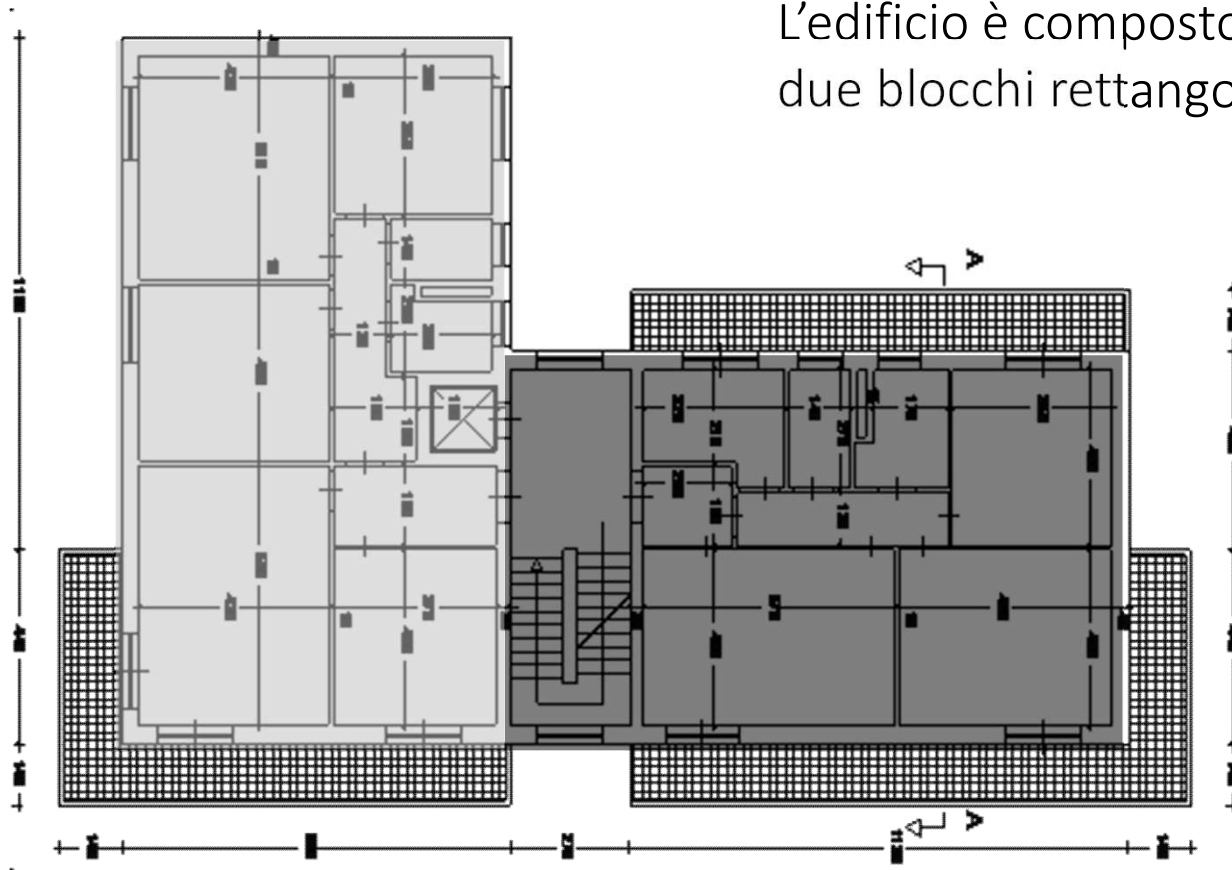
Pianta del piano tipo

Il piano terra è simile, ma
senza balconi



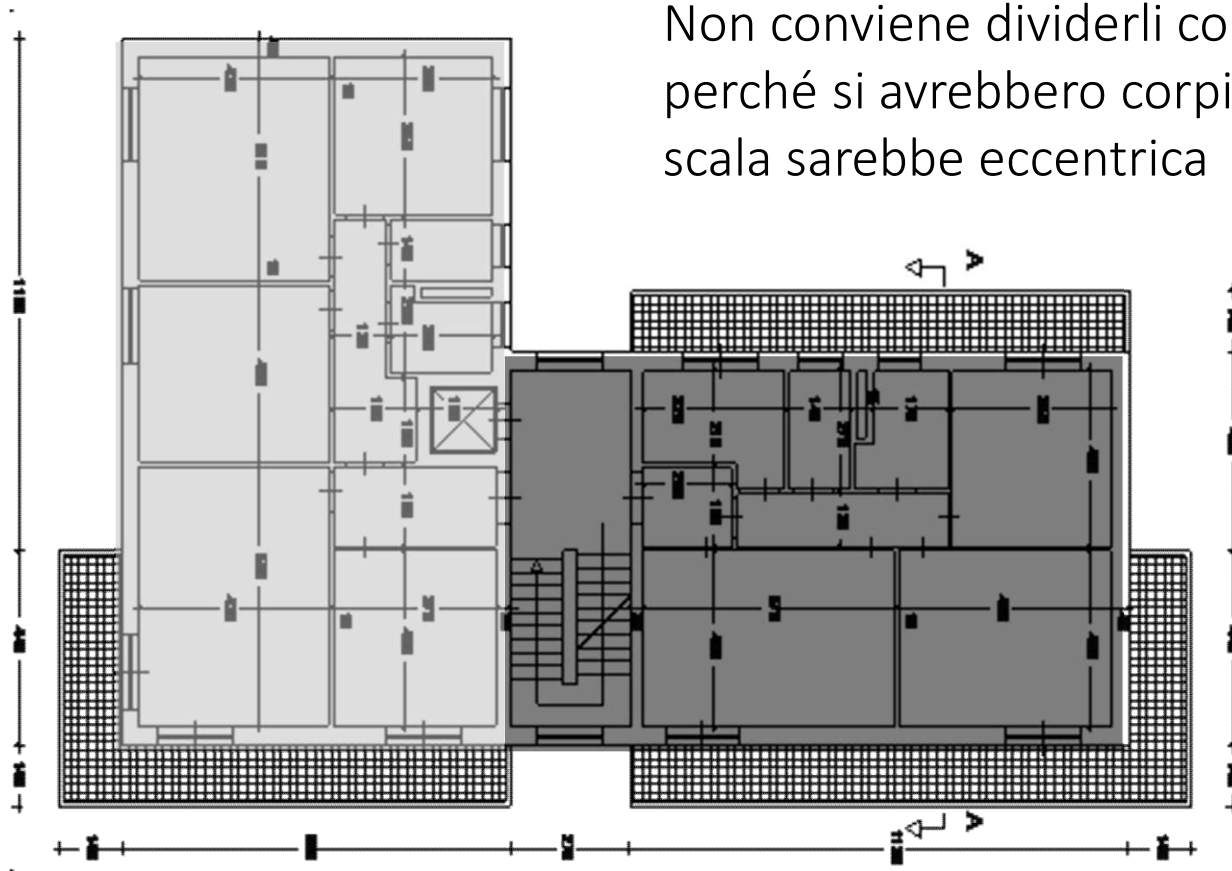
Pianta del piano tipo

L'edificio è composto da due blocchi rettangolari



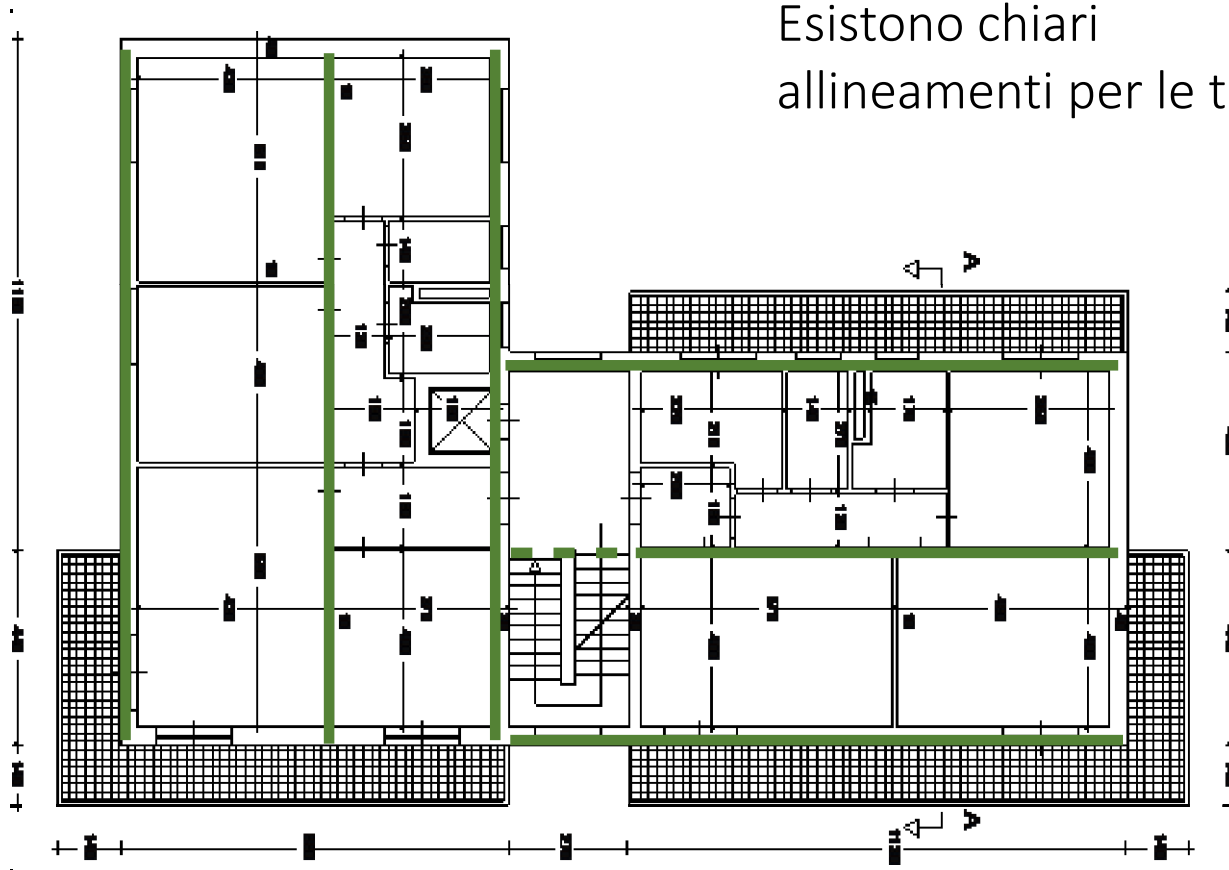
Pianta del piano tipo

Non conviene dividerli con un giunto, perché si avrebbero corpi piccoli e la scala sarebbe eccentrica

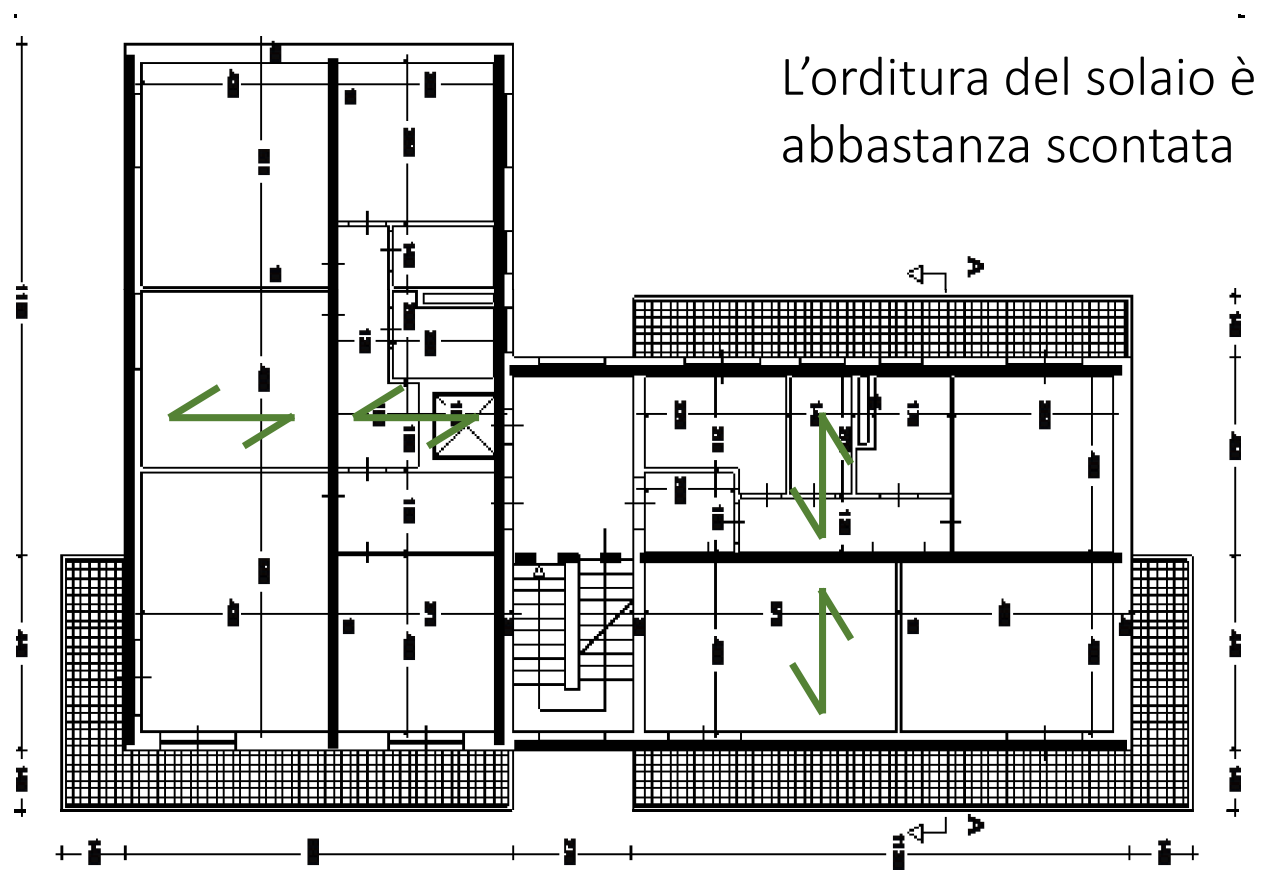


Pianta del piano tipo

Esistono chiari
allineamenti per le travi

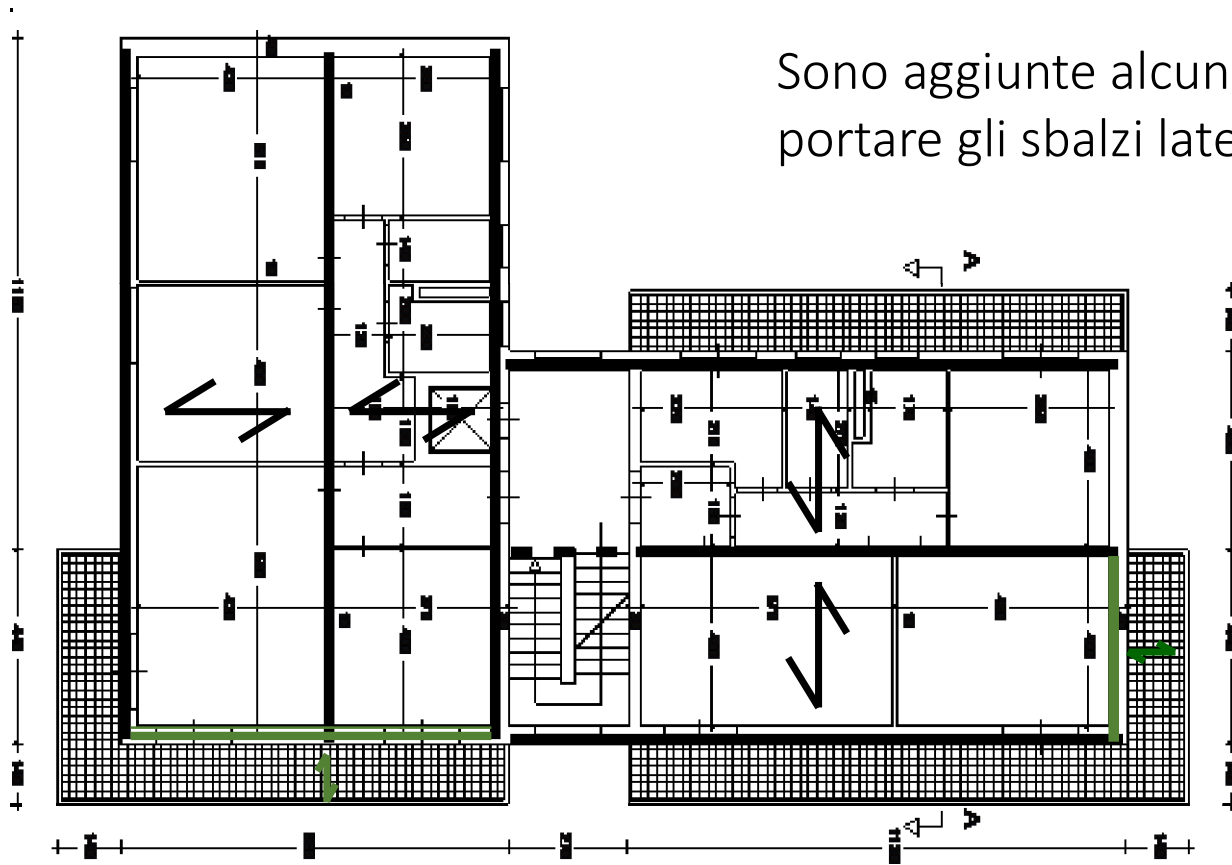


Pianta del piano tipo



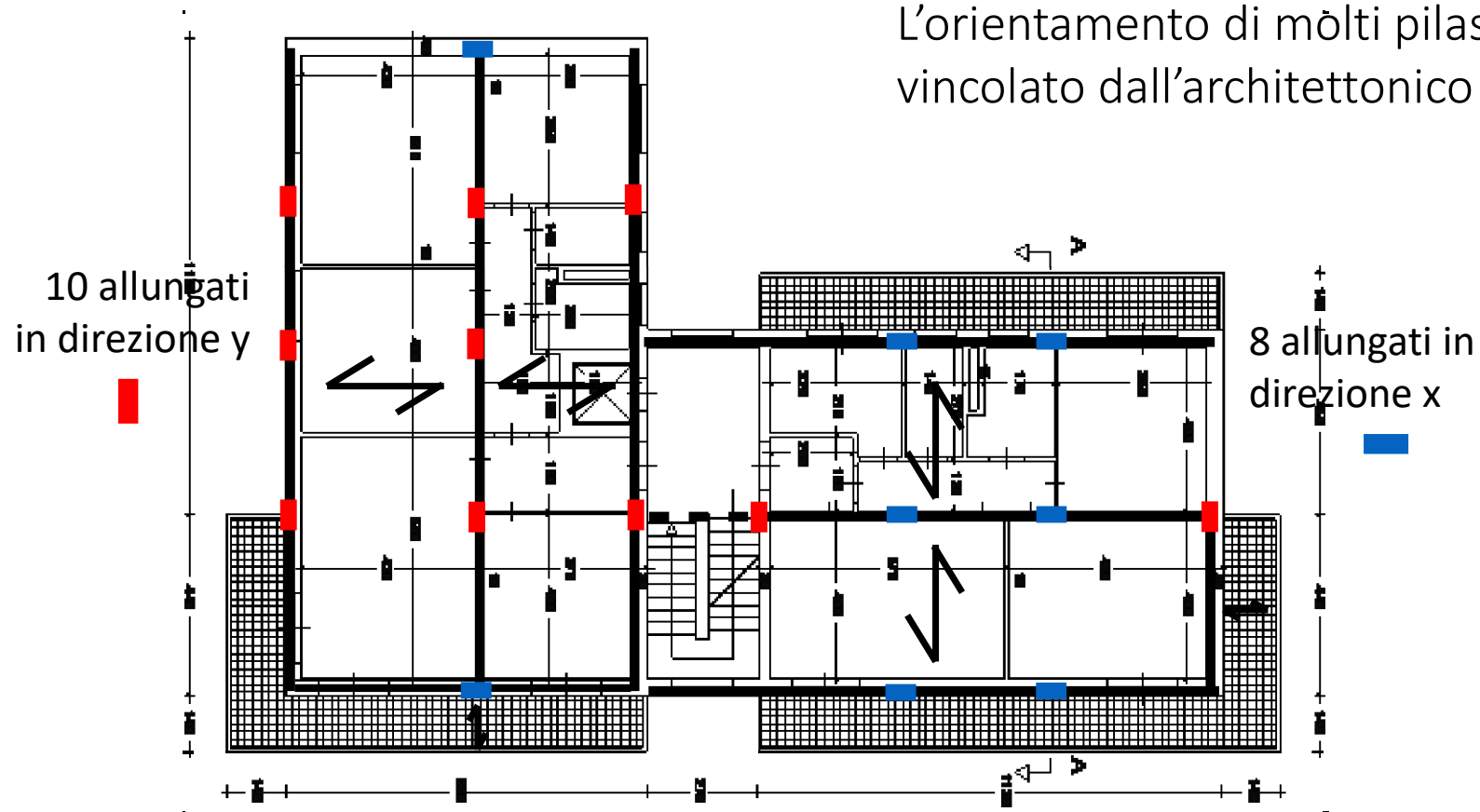
Pianta del piano tipo

Sono aggiunte alcune travi per portare gli sbalzi laterali

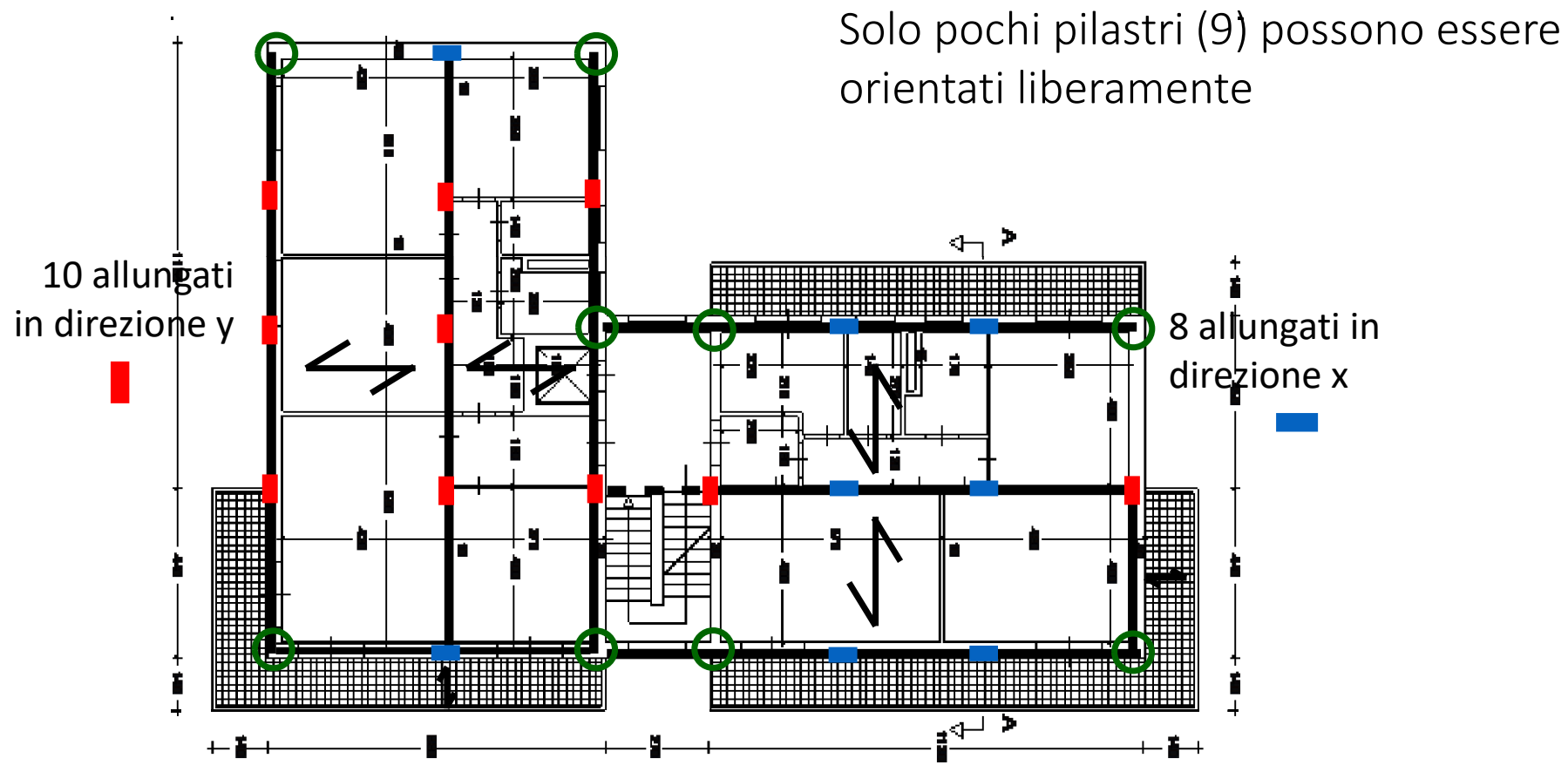


Pianta del piano tipo

L'orientamento di molti pilastri è vincolato dall'architettonico

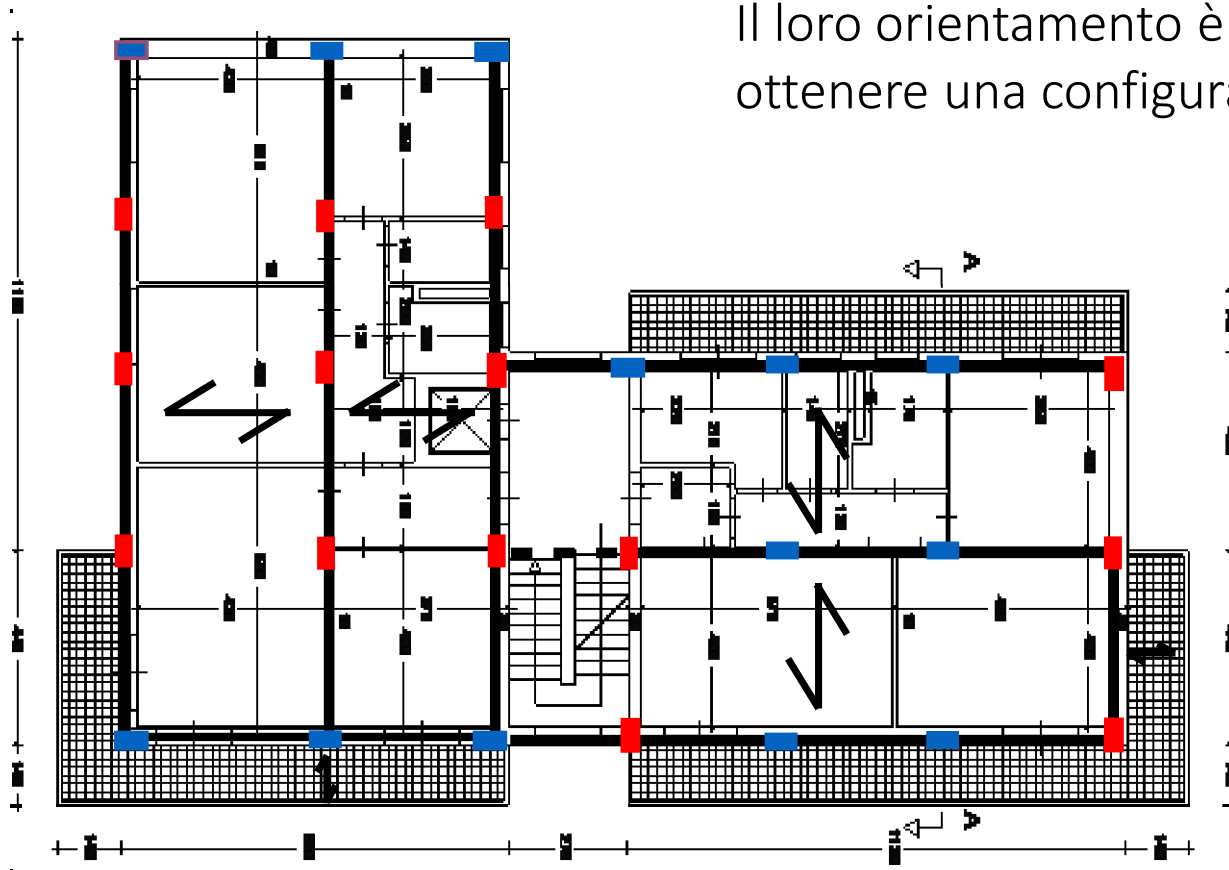


Pianta del piano tipo



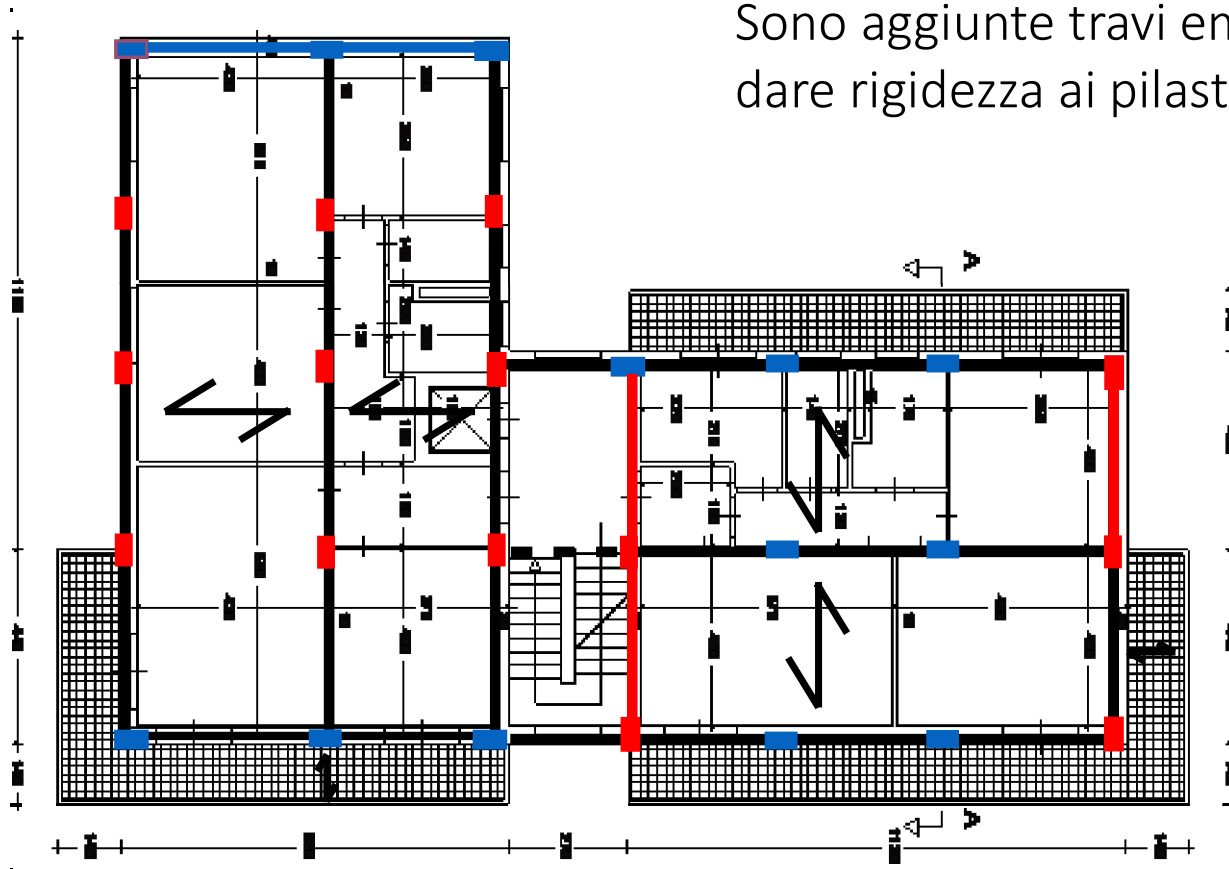
Pianta del piano tipo

Il loro orientamento è scelto in modo da ottenere una configurazione bilanciata



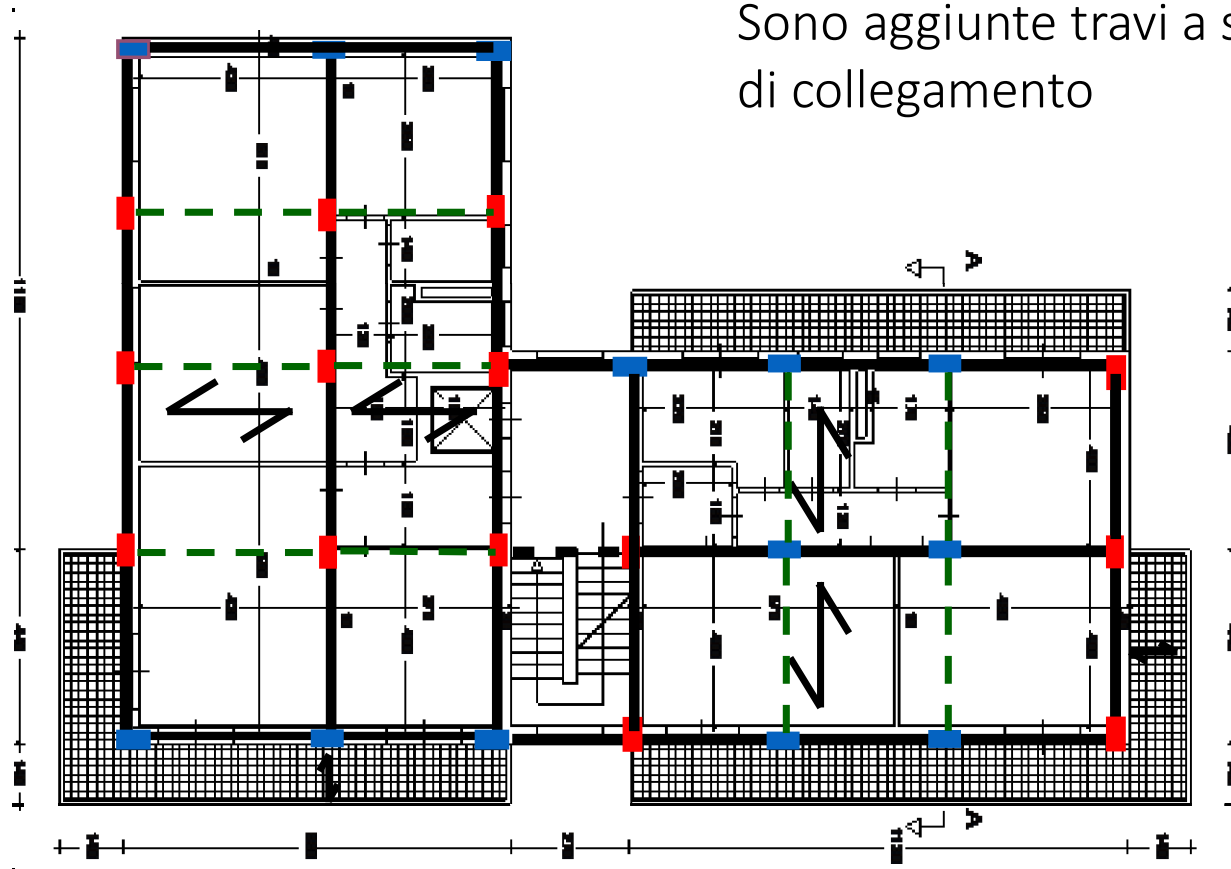
Pianta del piano tipo

Sono aggiunte travi emergenti per dare rigidezza ai pilastri



Pianta del piano tipo

Sono aggiunte travi a spessore,
di collegamento



Pianta del piano tipo

tot. 13

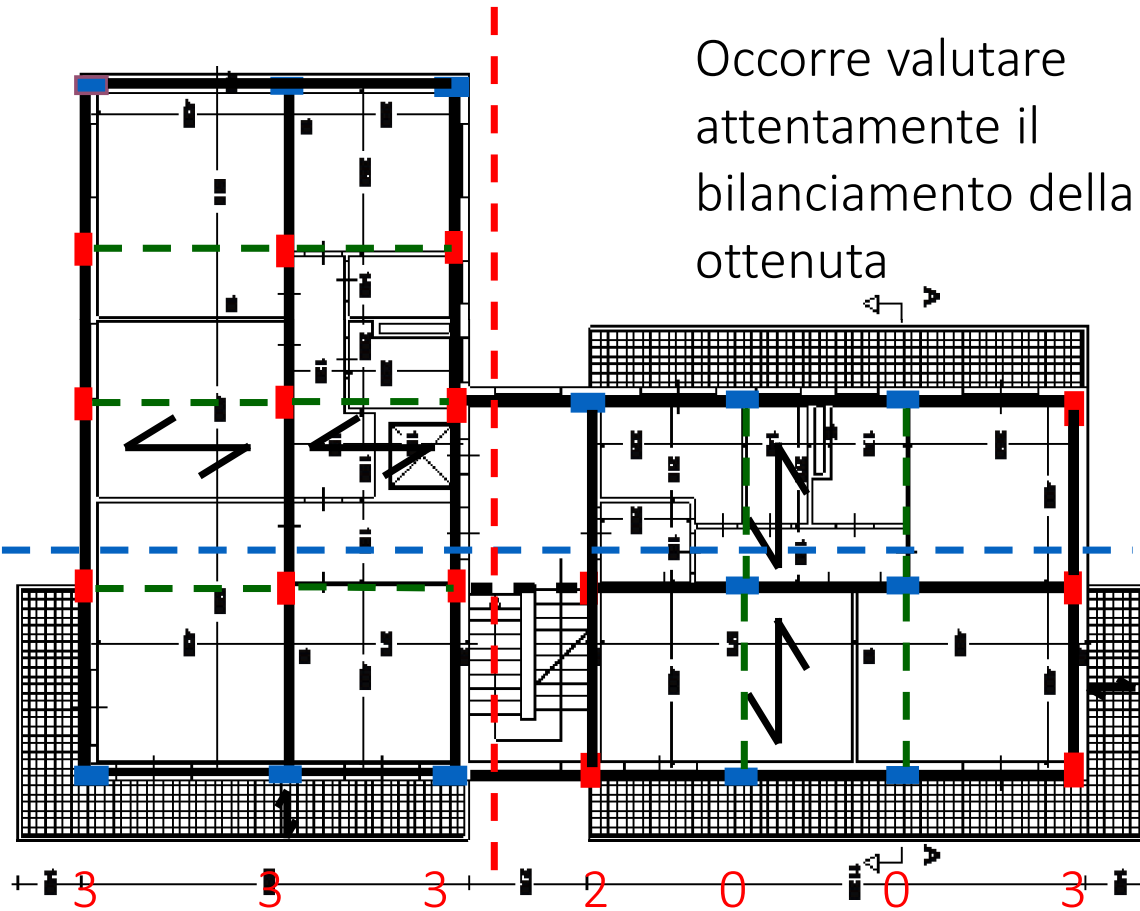
3

0

3

2

5



Occorre valutare attentamente il bilanciamento della struttura ottenuta

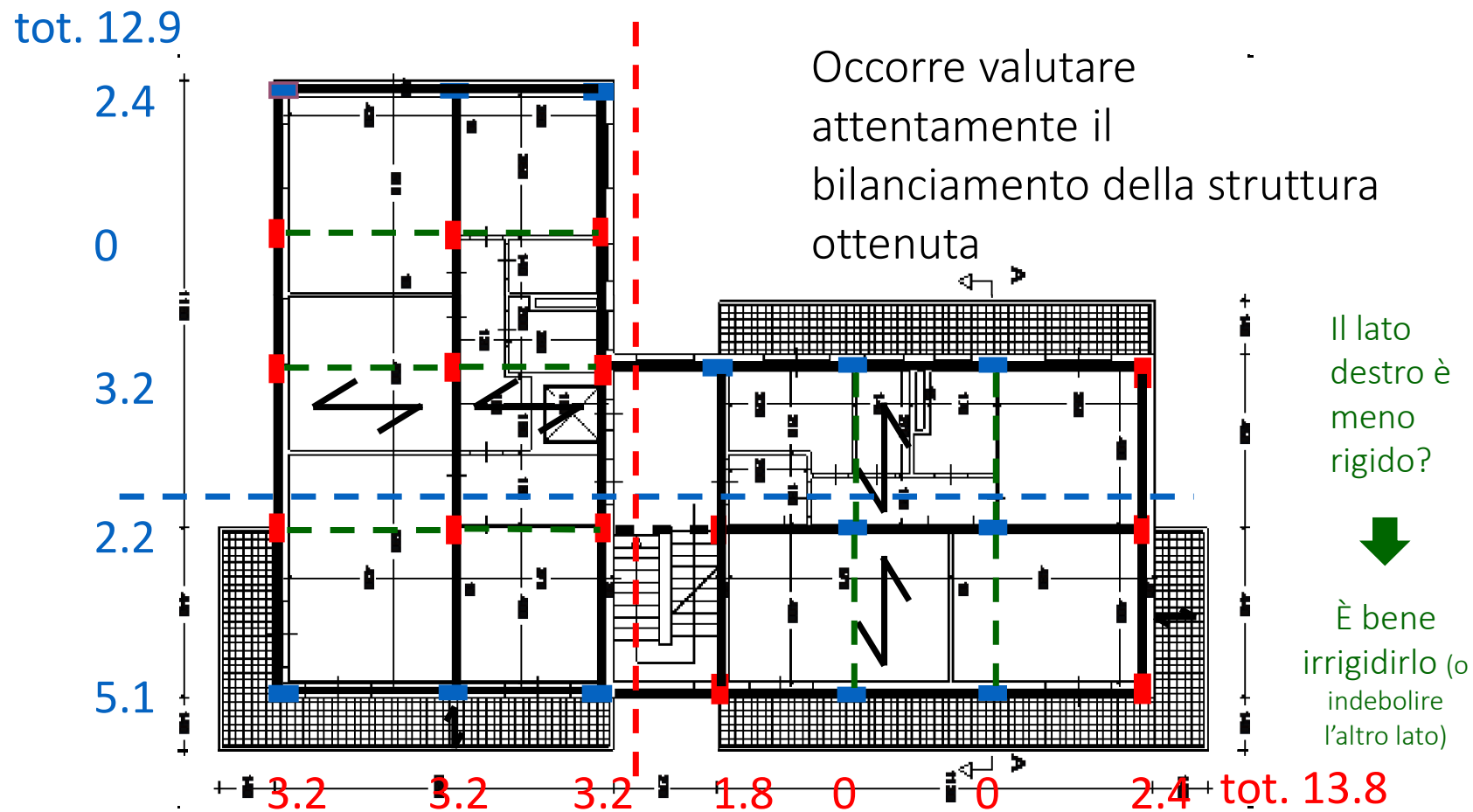
Il lato destro è meno rigido?



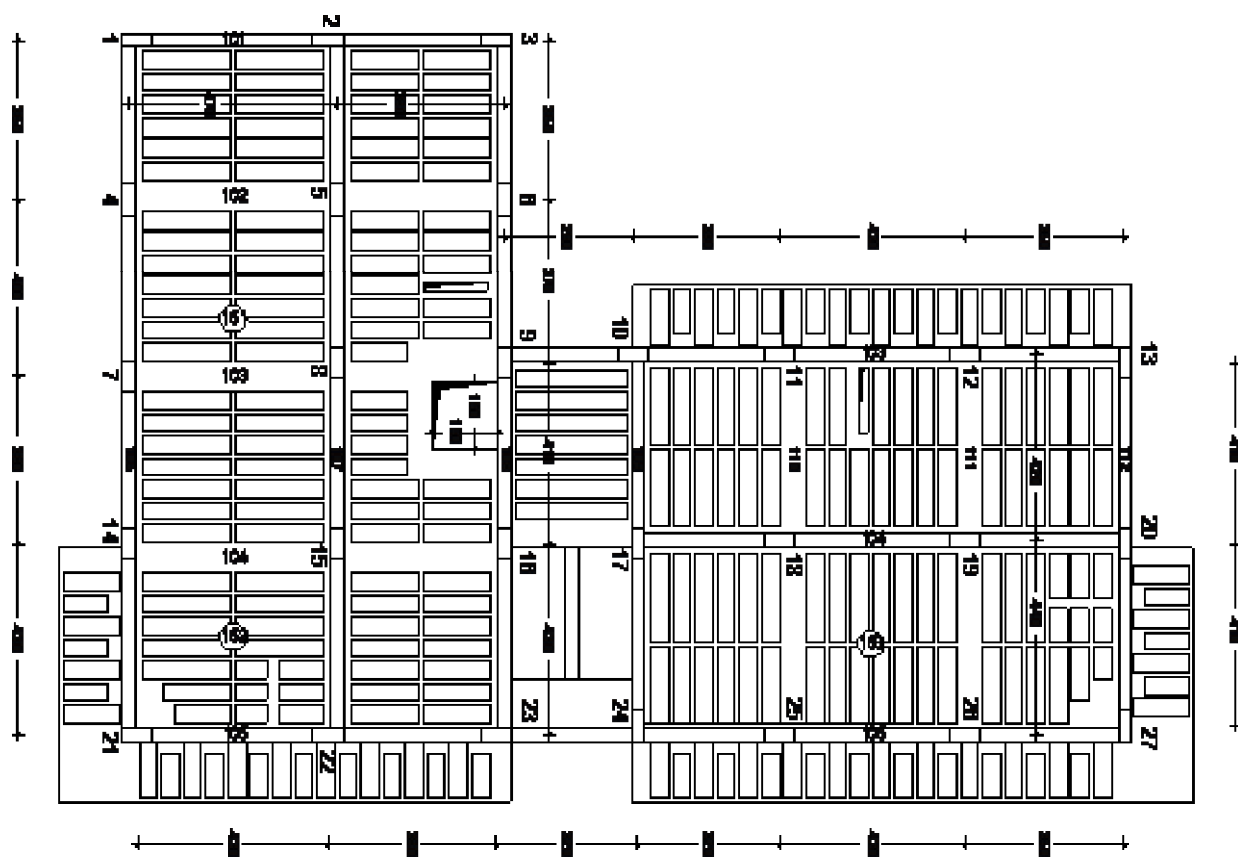
È bene irrigidirlo (o indebolire l'altro lato)

tot. 14

Pianta del piano tipo



Carpenteria del piano tipo



SOLO CON TRAVI A SPESSORE ...

Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

I ragionamenti fatti non cambiano però:

- lo spessore del solaio e le dimensioni degli elementi strutturali devono variare
- Se tutte le travi sono a spessore, il comportamento dei pilastri è un po' diverso ...

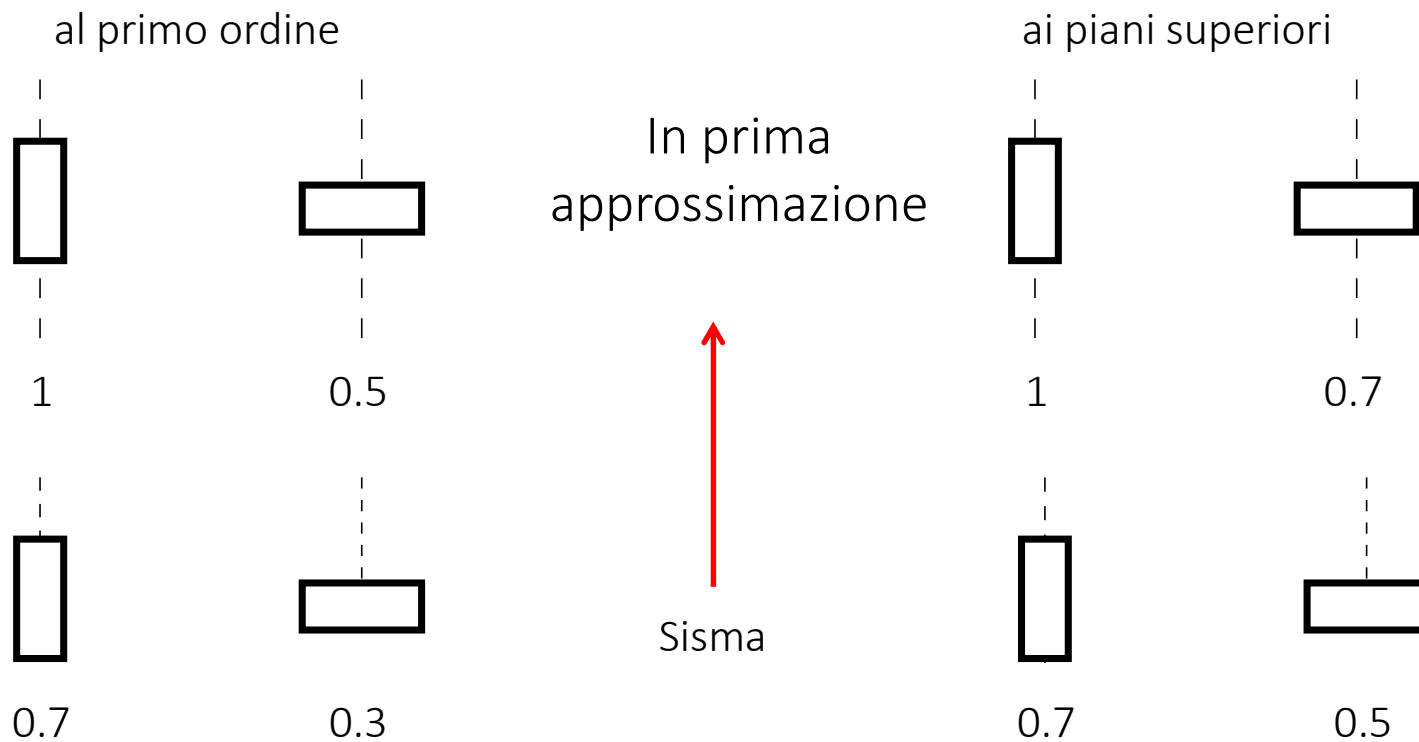
Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

I ragionamenti fatti non cambiano però:

- lo spessore del solaio e le dimensioni degli elementi strutturali devono variare
- Se tutte le travi sono a spessore, il comportamento dei pilastri è un po' diverso ...

Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

Se tutte le travi sono a spessore, il comportamento dei pilastri è un po' diverso ...



Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

tot. 20.2

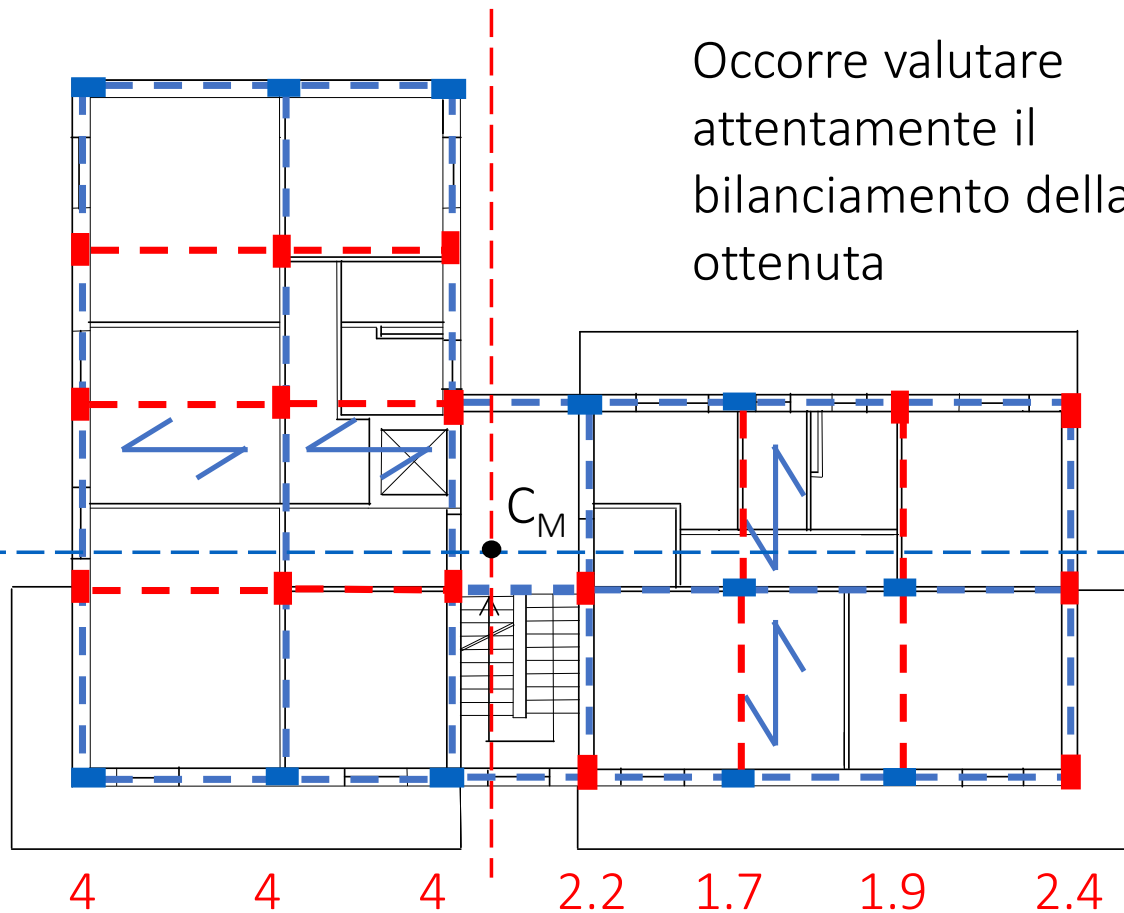
2.4

1.7

5.1

5.1

5.9



La rigidezza
dei telai
esterni è
minore

Quindi
rigidità
torsionale
più bassa

Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

