

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

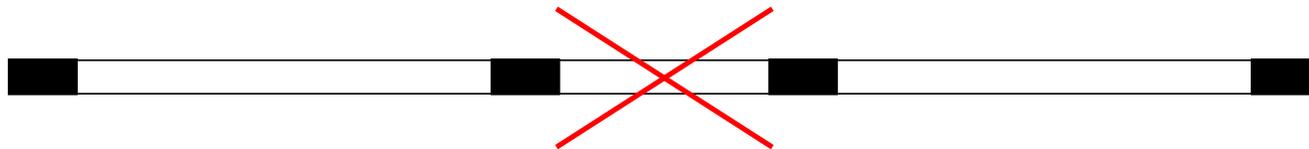
Occorre assolutamente evitare nuclei scala in c.a. se la struttura è a telaio (nuclei in c.a. possono essere accettabili nel caso di edificio con struttura a pareti resistenti a tutta altezza)

# Aspetti da considerare

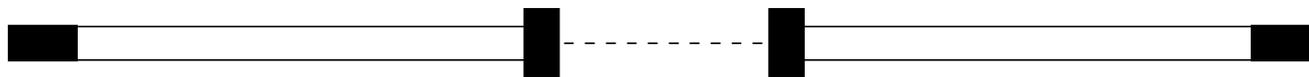
- Rendere uniformi le luci delle travi

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

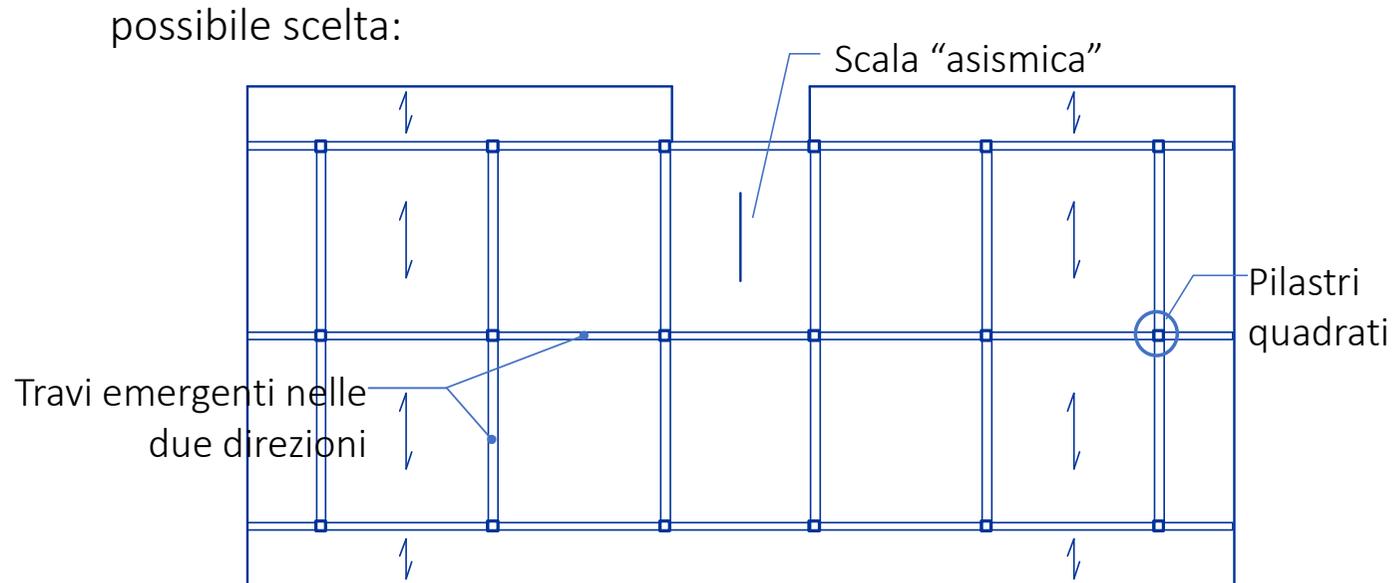
- Orientativamente, adottare per le luci di sbalzi, solai e travi limiti massimi inferiori a quelli consigliati in assenza di sisma

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:

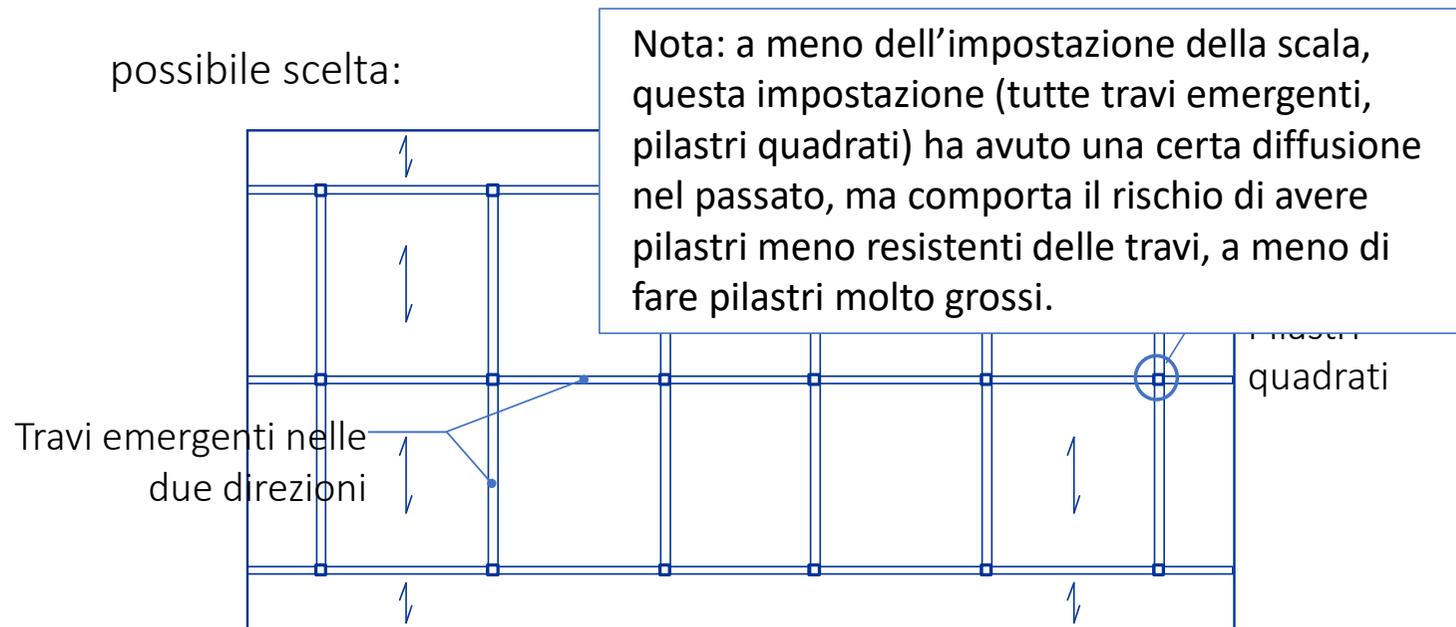
- Garantire un irrigidimento uniforme nelle due direzioni, con elementi ben distribuiti in pianta



# Pianta di carpenteria ideale

Nell'impostazione per azioni orizzontali:

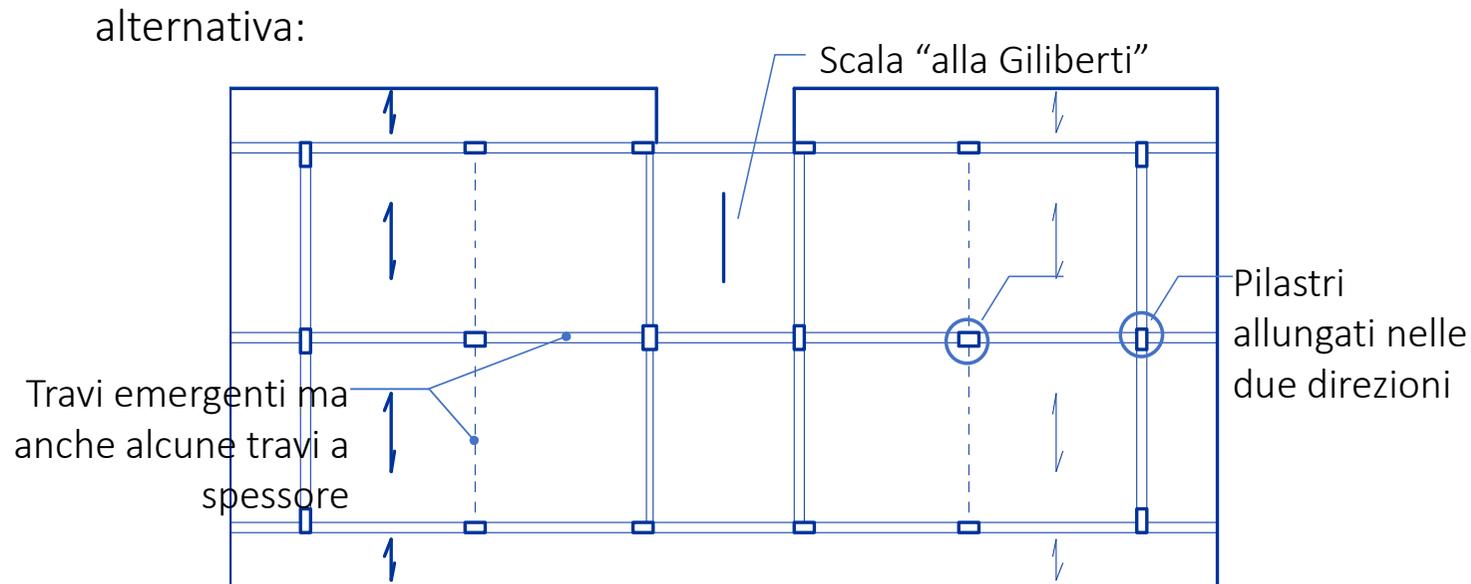
- Garantire un irrigidimento uniforme nelle due direzioni, con elementi ben distribuiti in pianta



# Situazione più realistica

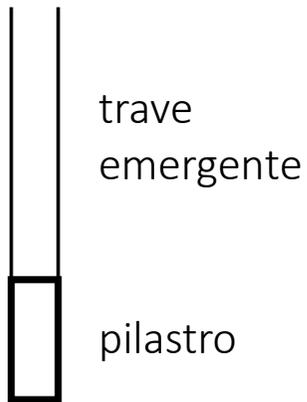
In realtà si hanno spesso travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari

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

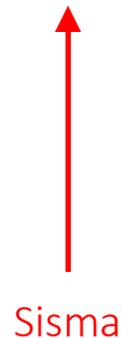


# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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



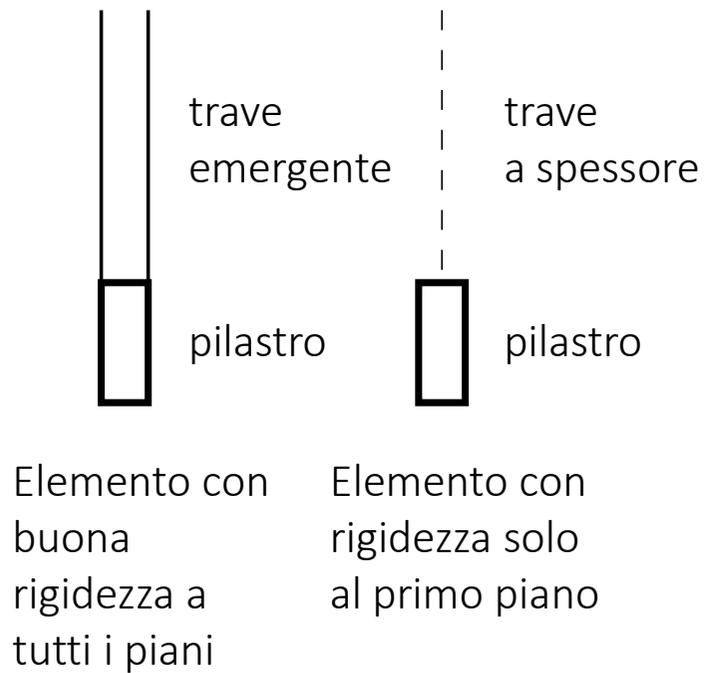
Elemento con buona rigidezza a tutti i piani



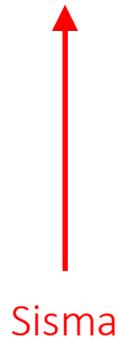
La resistenza all'azione sismica è affidata ai pilastri allungati nella direzione del sisma ed accoppiati a travi emergenti

# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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

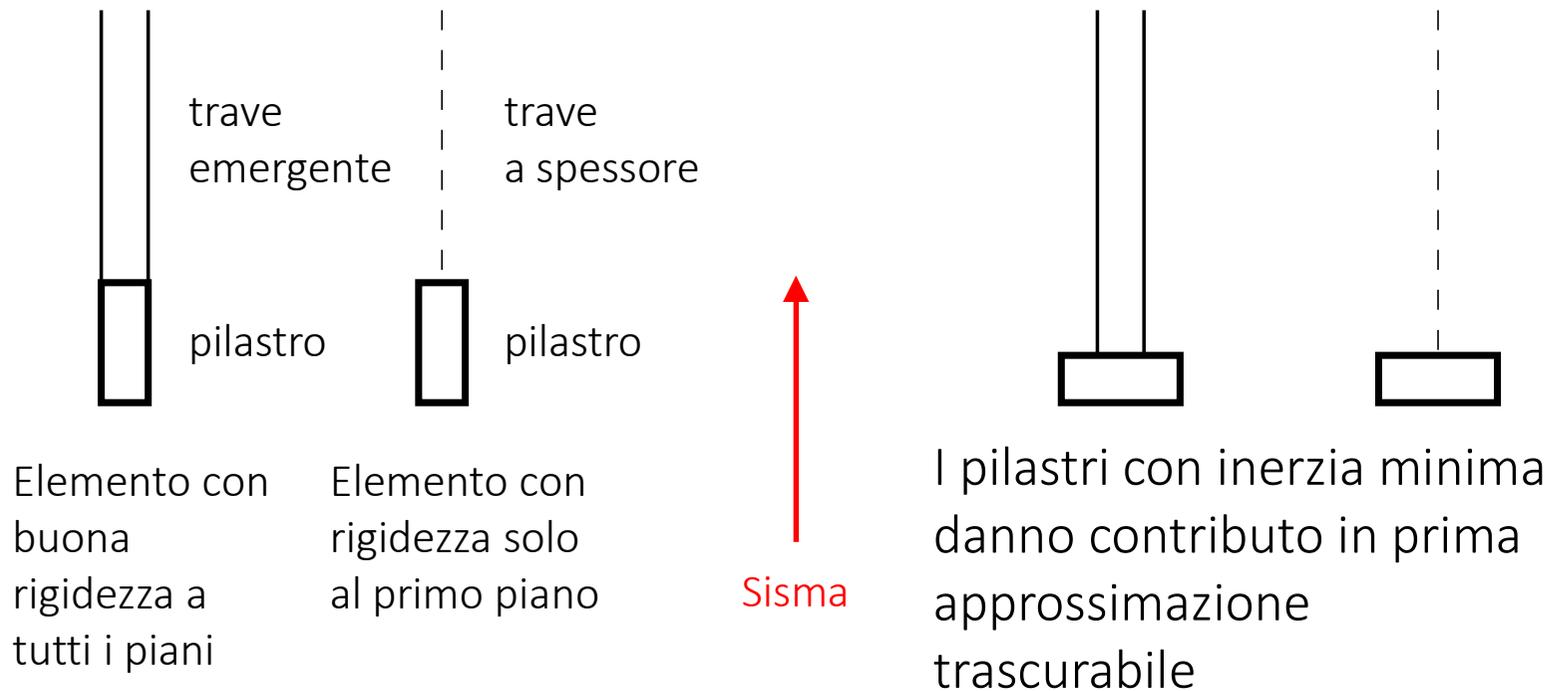


Un pilastro rigido accoppiato ad una trave a spessore fornisce un contributo basso a tutti i piani, tranne che al primo



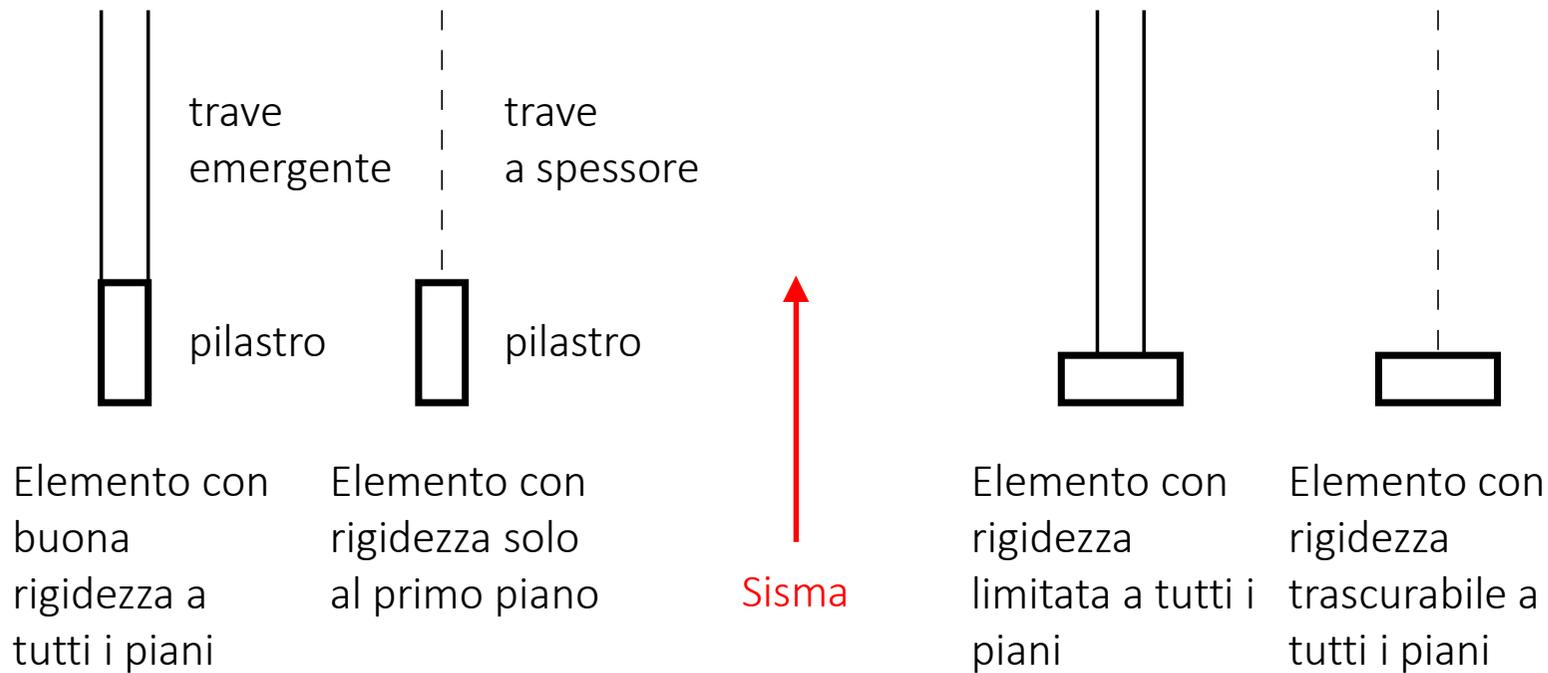
# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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



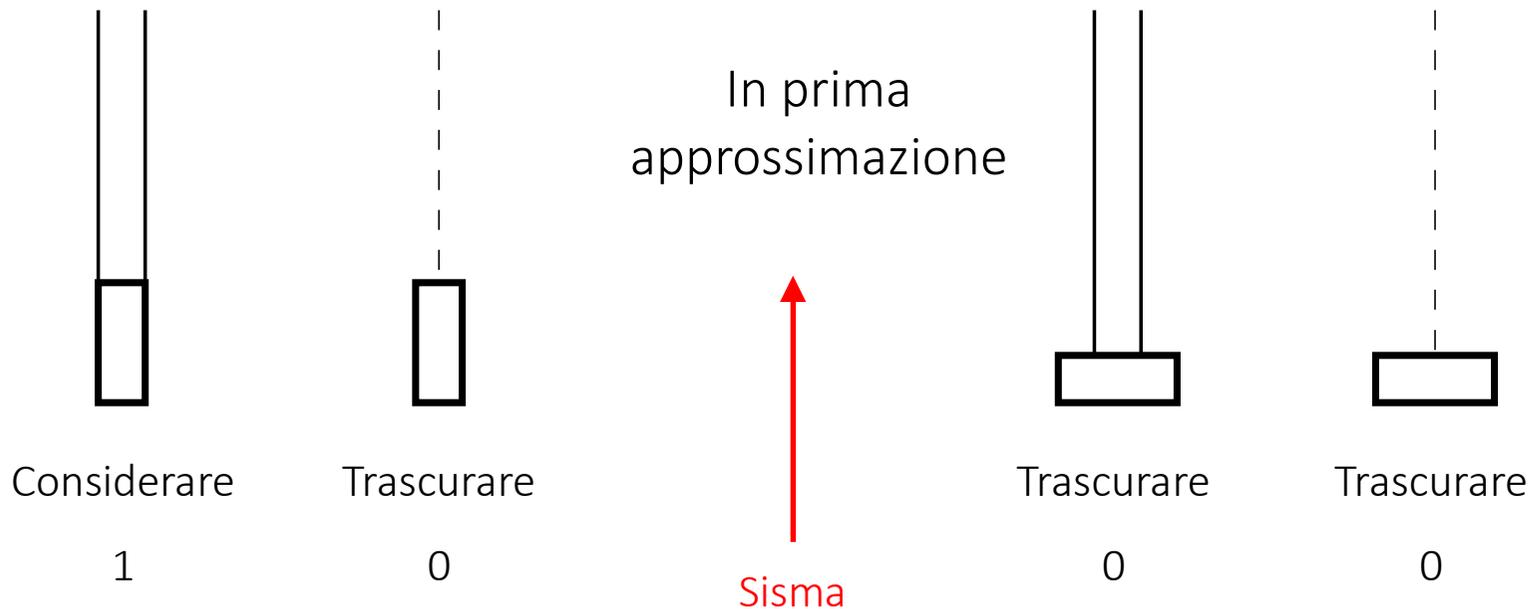
# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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



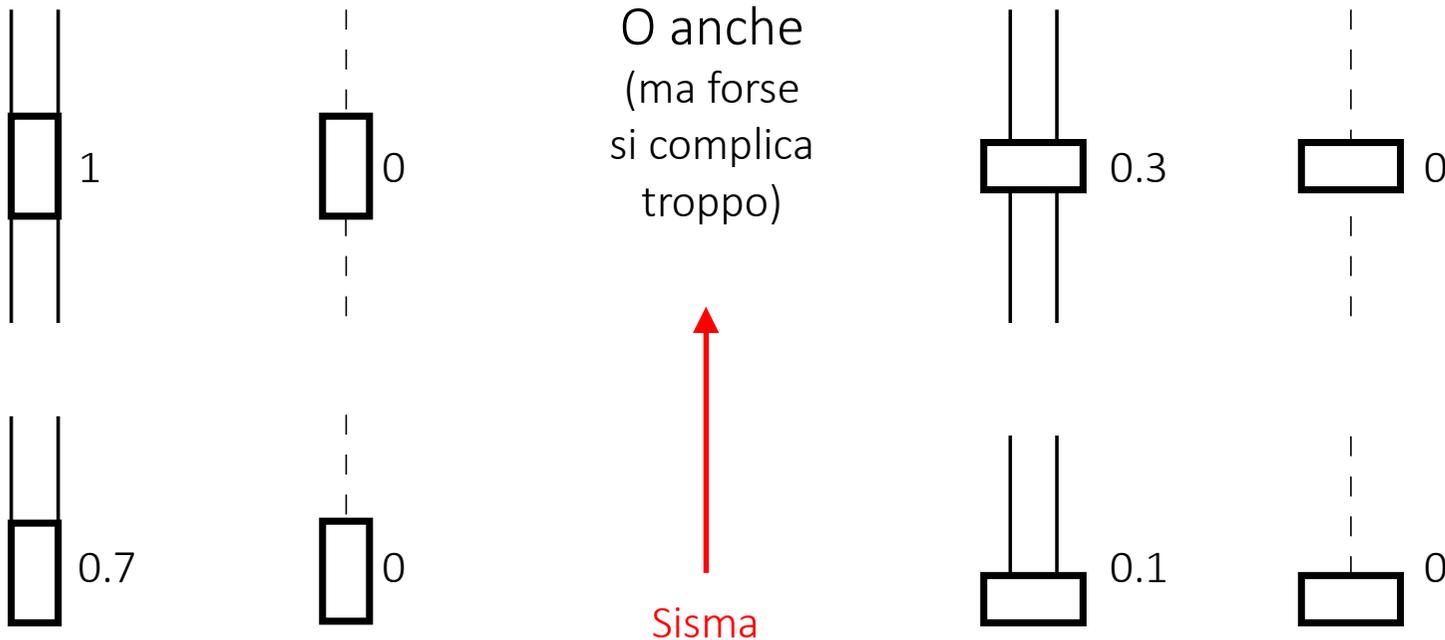
# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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



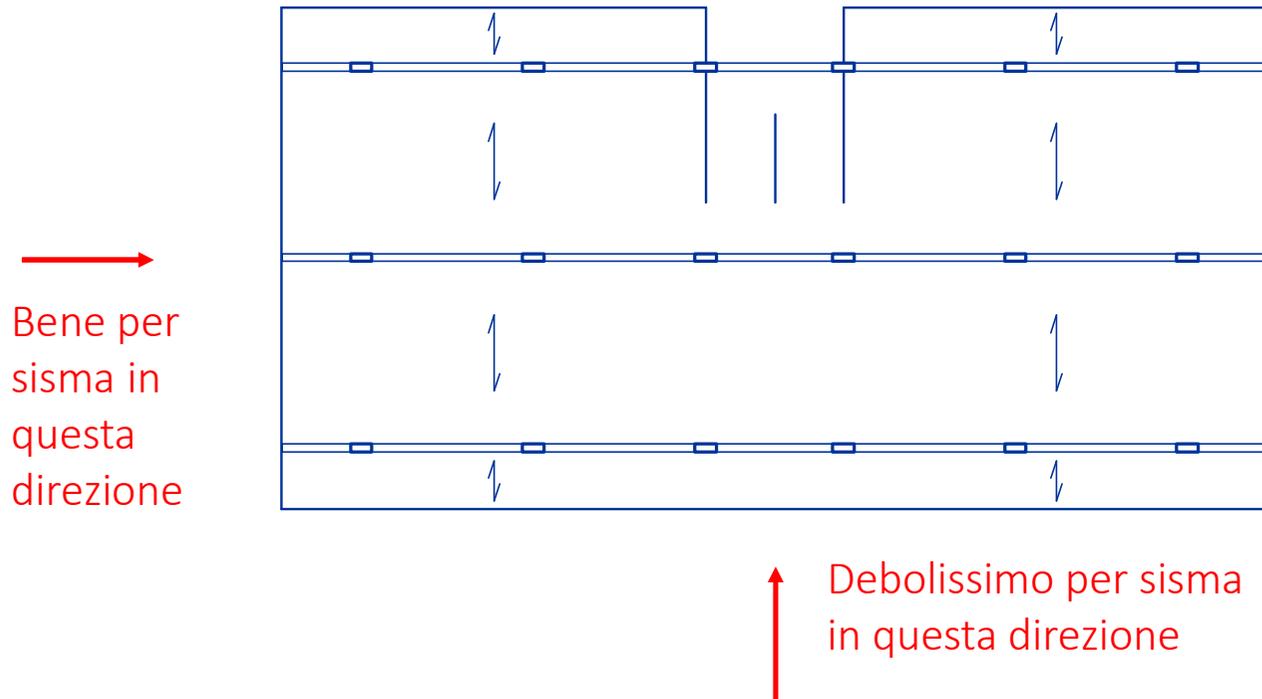
# Rigidezza e resistenza degli elementi resistenti

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



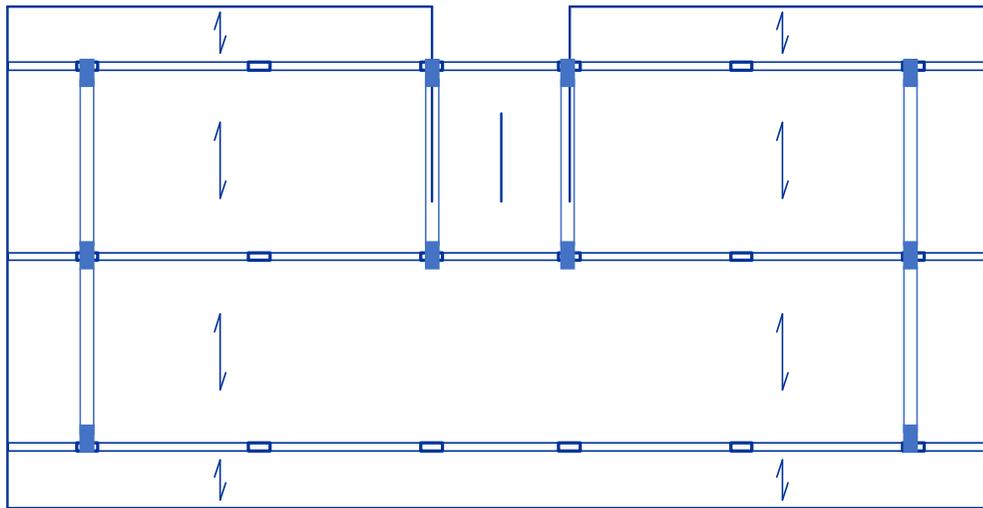
# Impostazione della carpenteria da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Impostazione per soli carichi verticali:



# Impostazione della carpenteria da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:

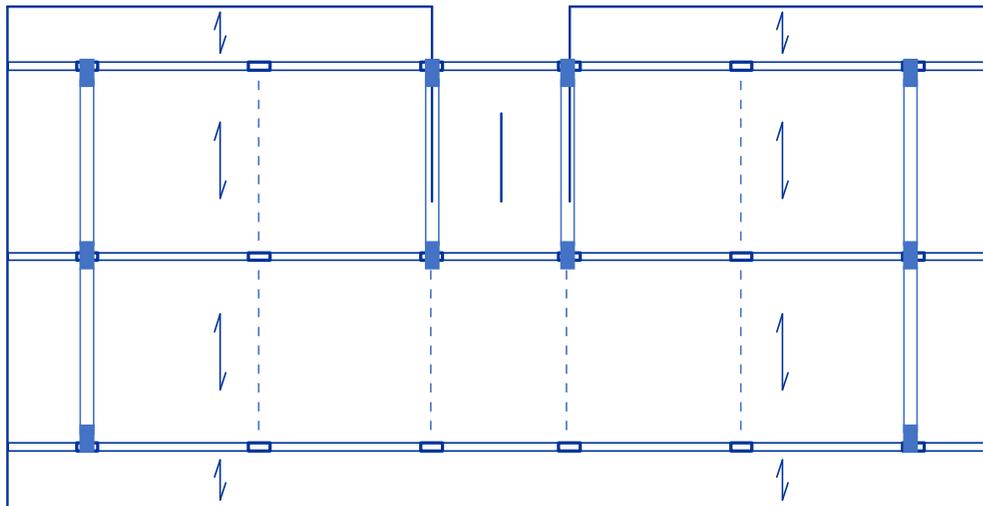


Girare un certo numero di  
pilastri

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

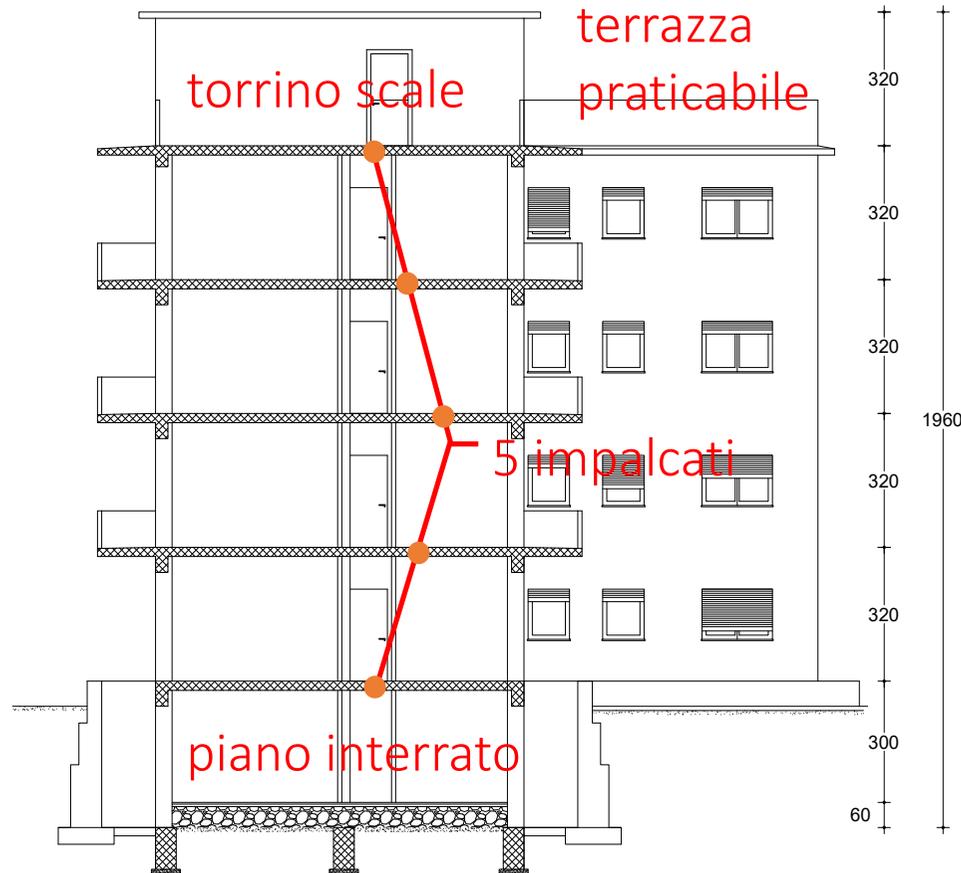
## Fondazioni:

reticolo di travi rovesce

## Materiali:

calcestruzzo C30/37, acciaio B450C  
( $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ ,  $R_{ck} = 37 \text{ MPa}$ )

# Sezione dell'edificio



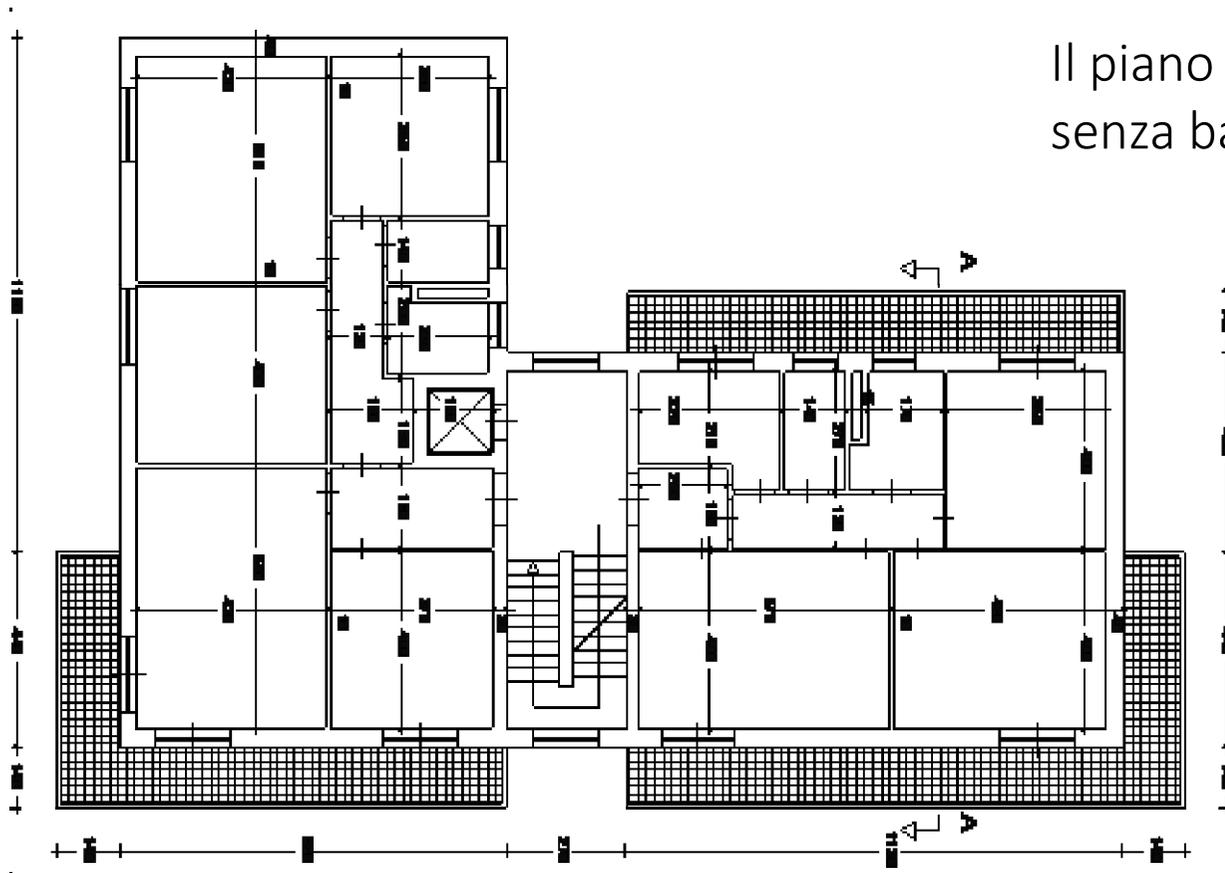
Adibito ad  
abitazione civile

Zona con sismicità  
abbastanza forte

Terreno costituito da  
limi argillosi sopra  
uno strato di argille  
sovracconsolidate

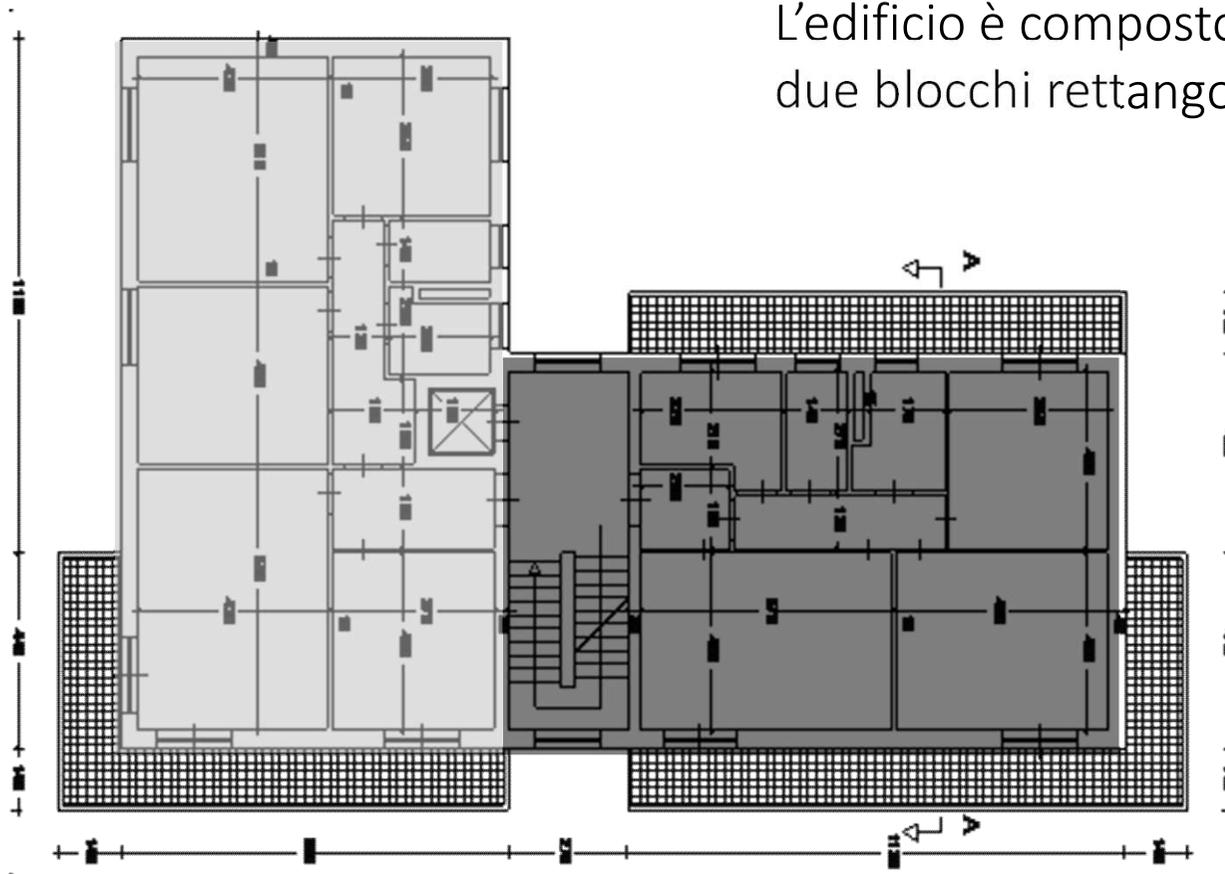
# Pianta del piano tipo

Il piano terra è simile, ma senza balconi



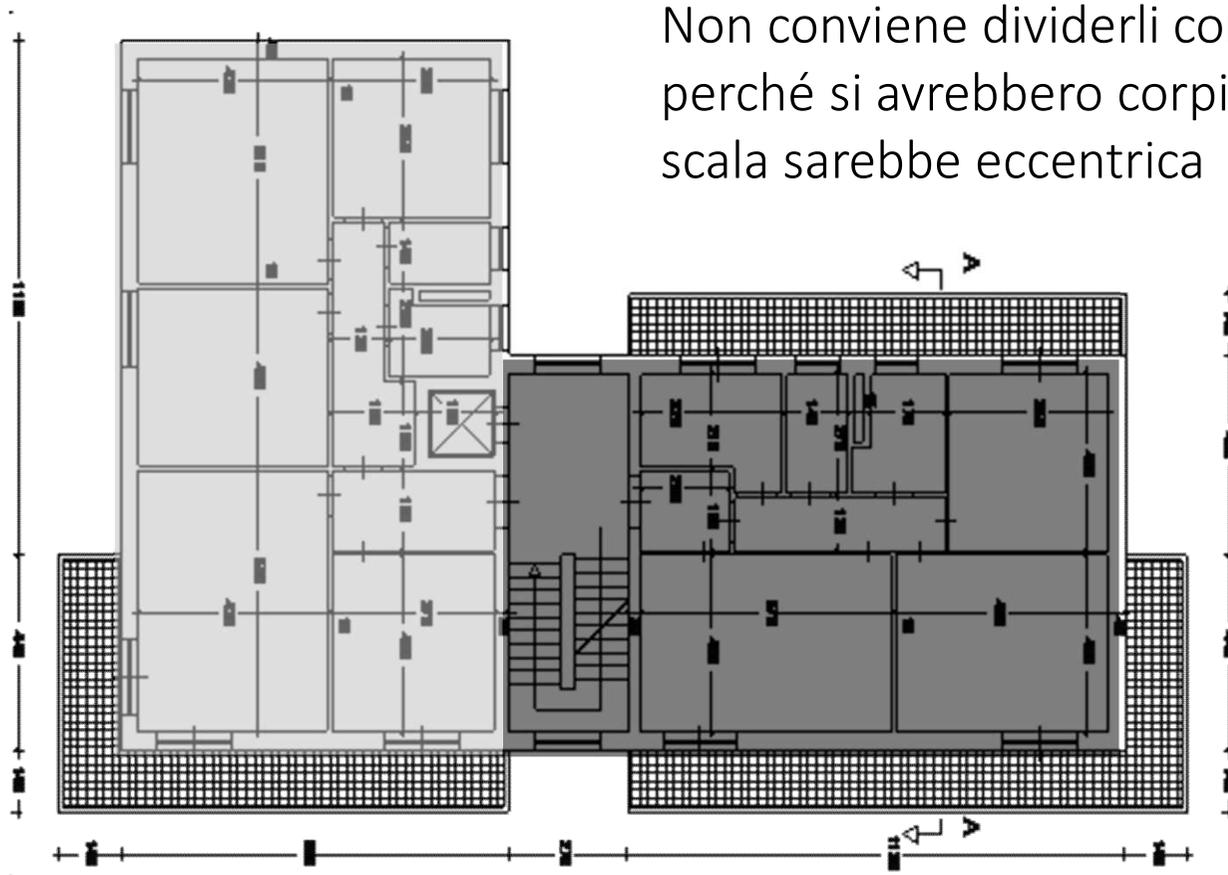
# Pianta del piano tipo

L'edificio è composto da due blocchi rettangolari



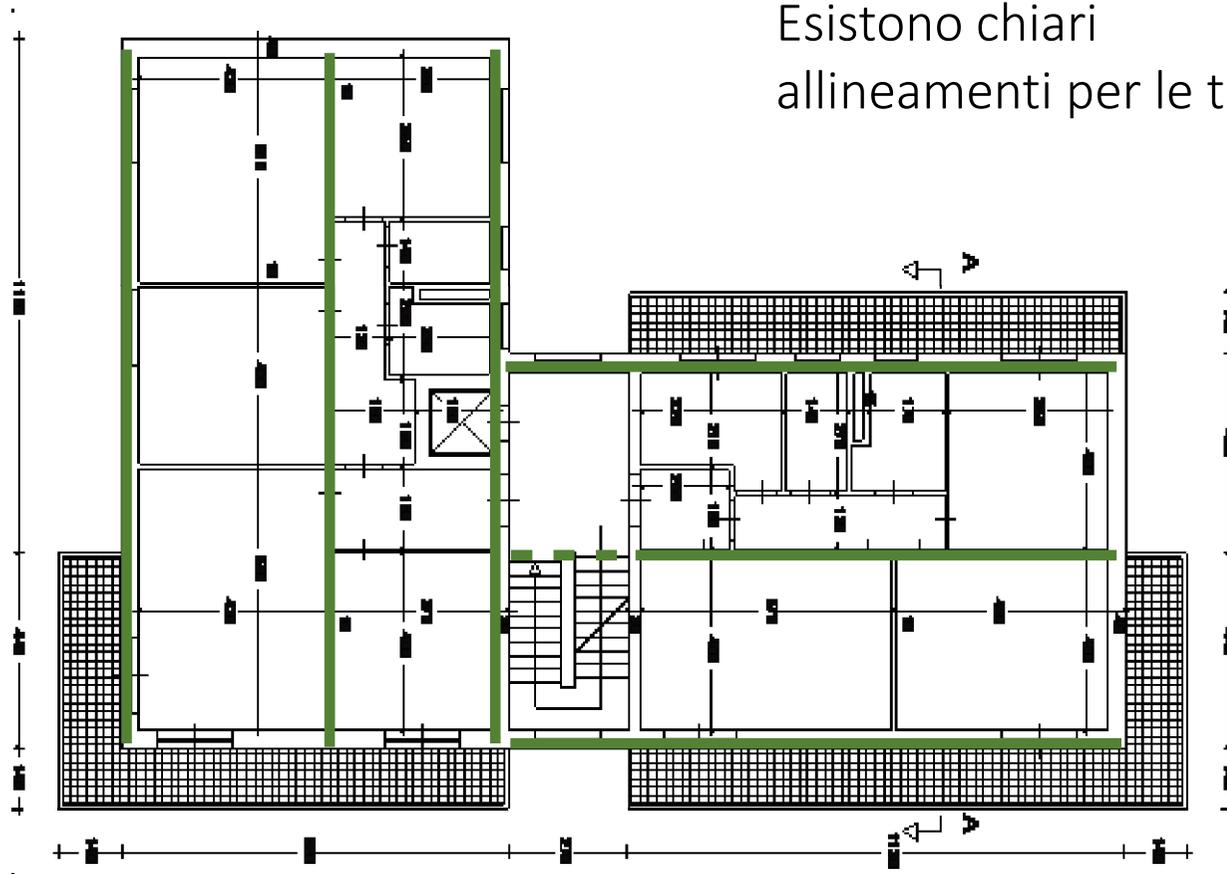
# Pianta del piano tipo

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

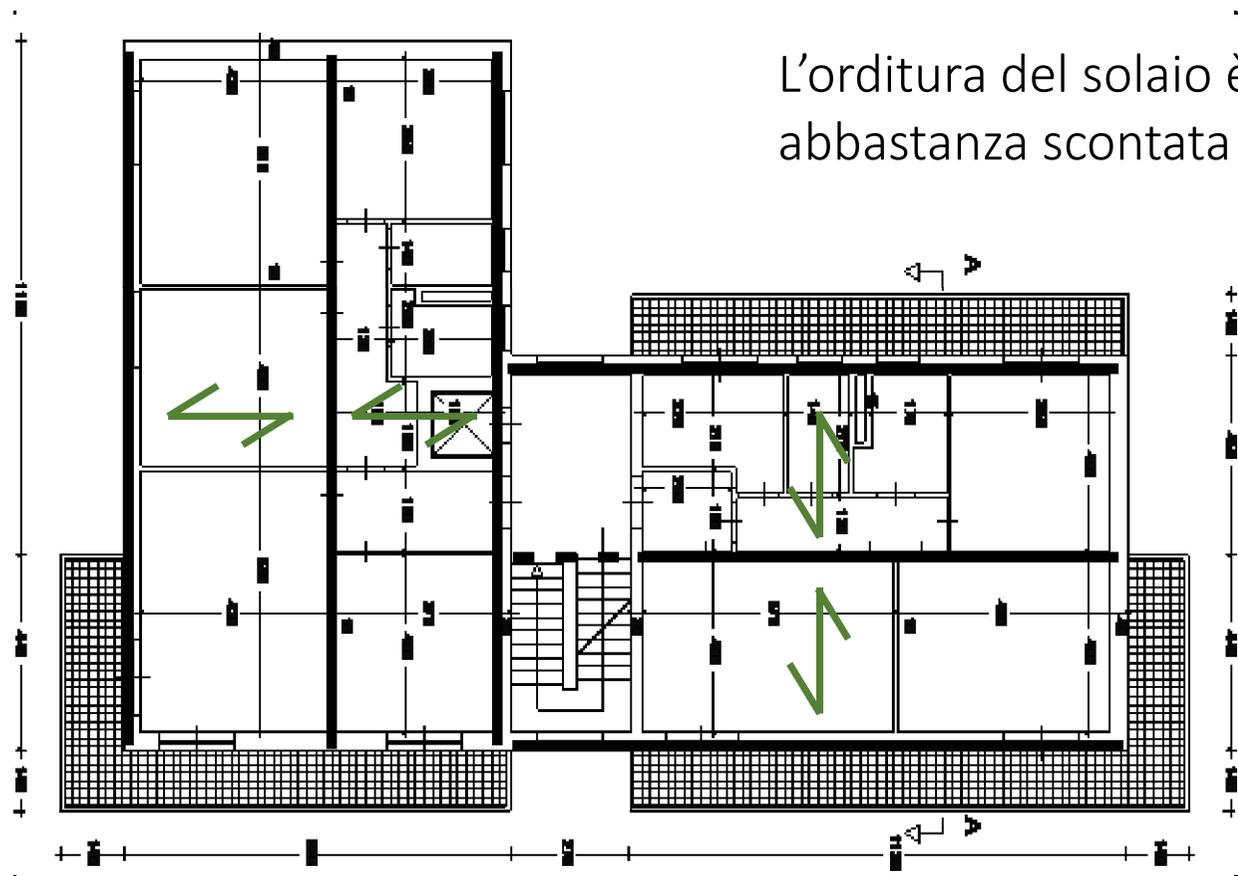


# Pianta del piano tipo

Esistono chiari allineamenti per le travi

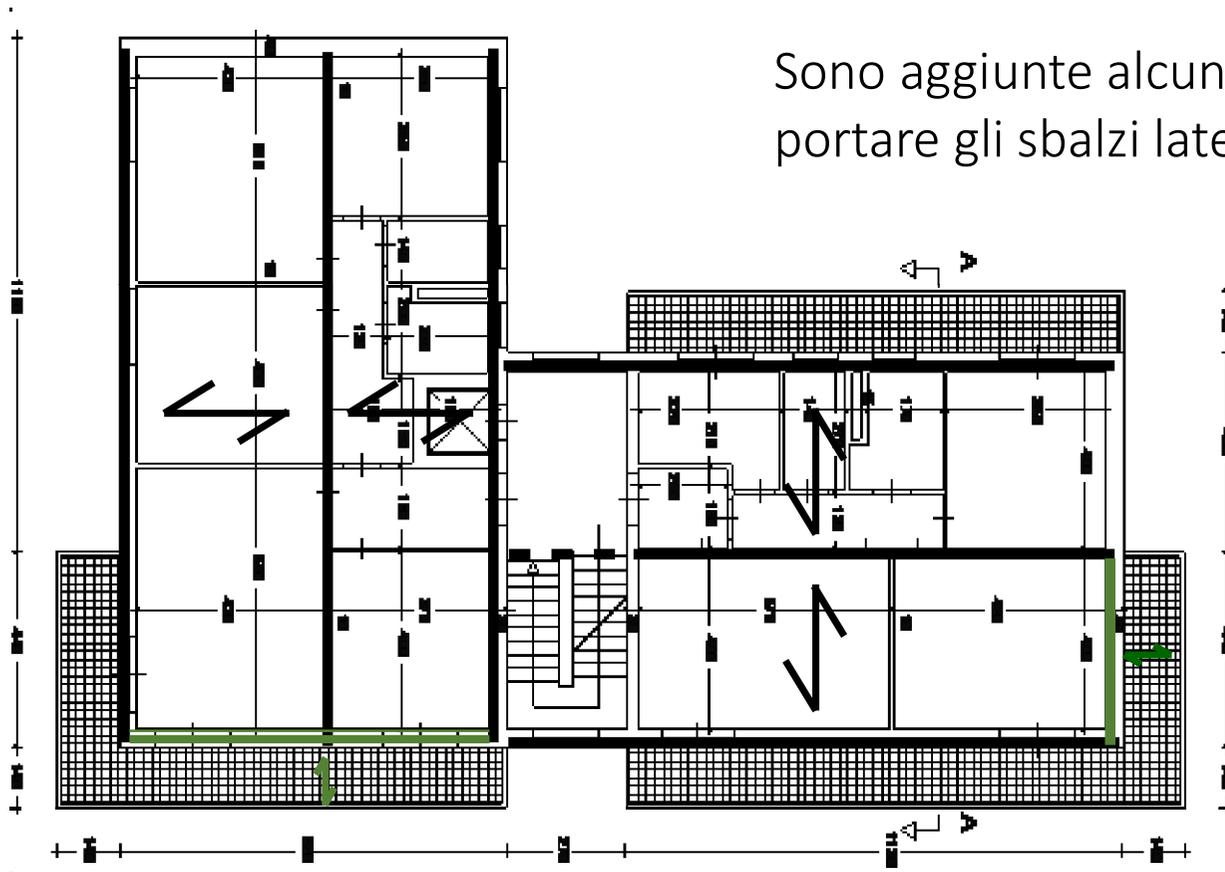


# Pianta del piano tipo



# Pianta del piano tipo

Sono aggiunte alcune travi per portare gli sbalzi laterali

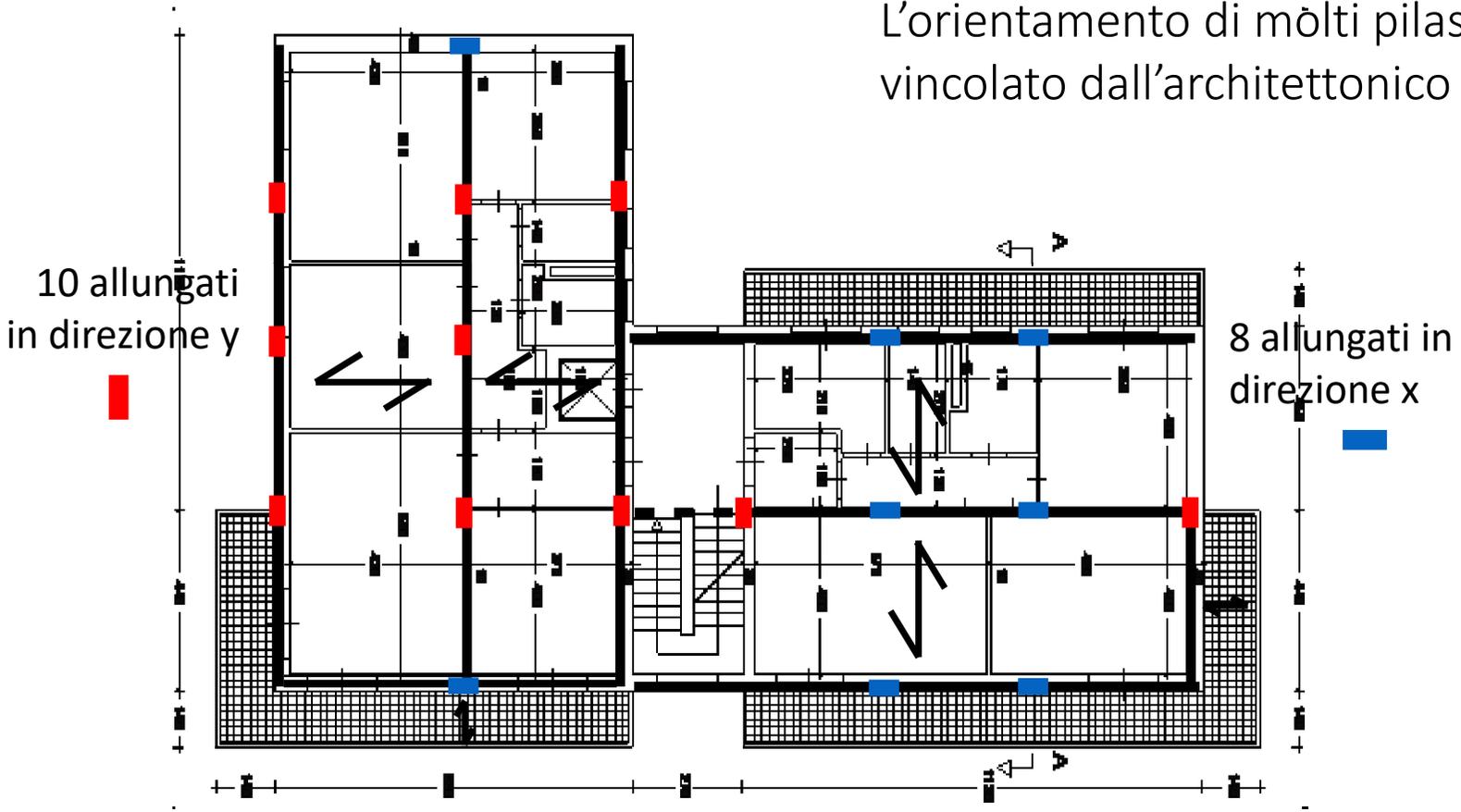


# Pianta del piano tipo

L'orientamento di molti pilastri è vincolato dall'architettoneco

10 allungati in direzione y

8 allungati in direzione x

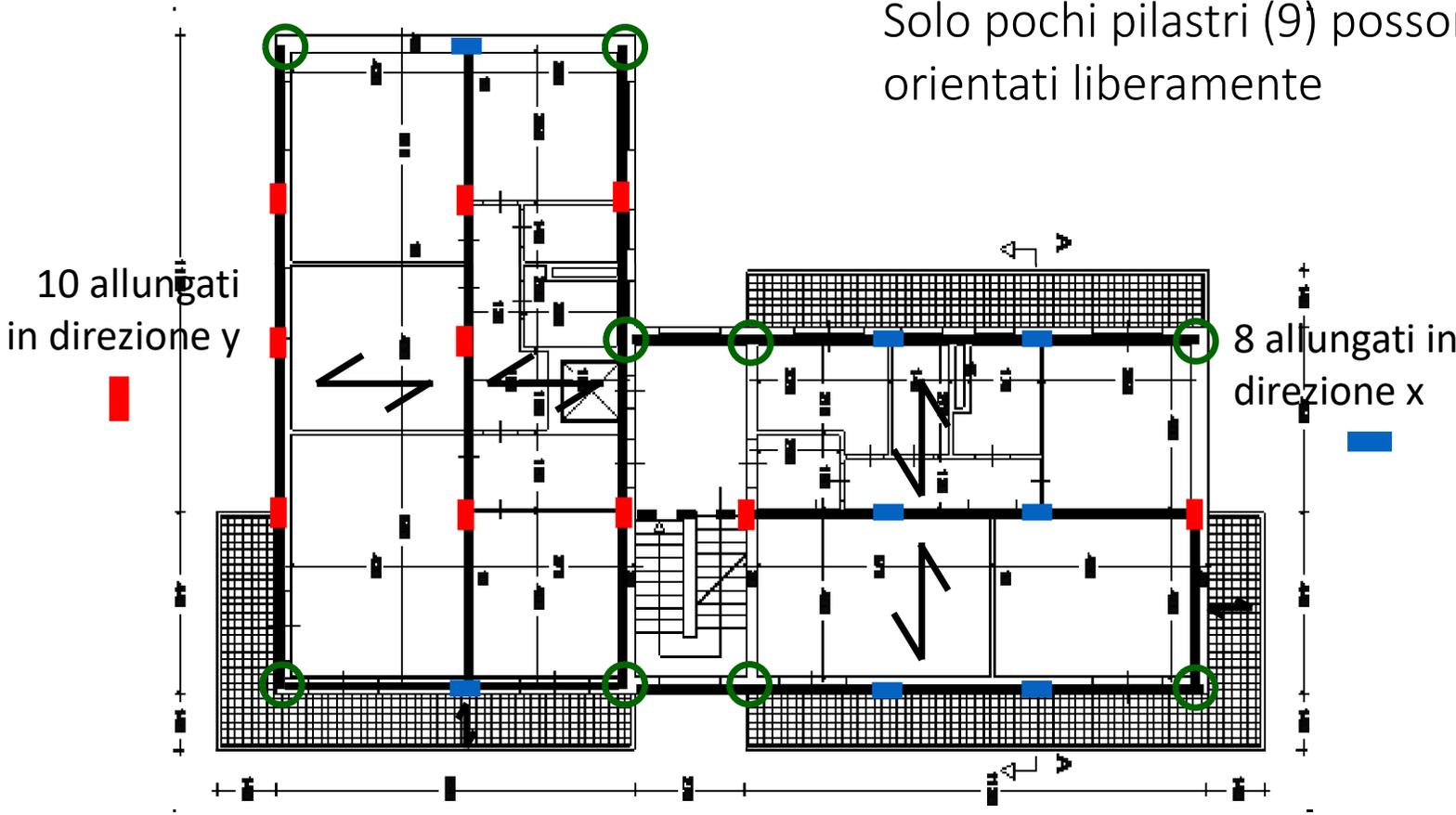


# Pianta del piano tipo

Solo pochi pilastri (9) possono essere orientati liberamente

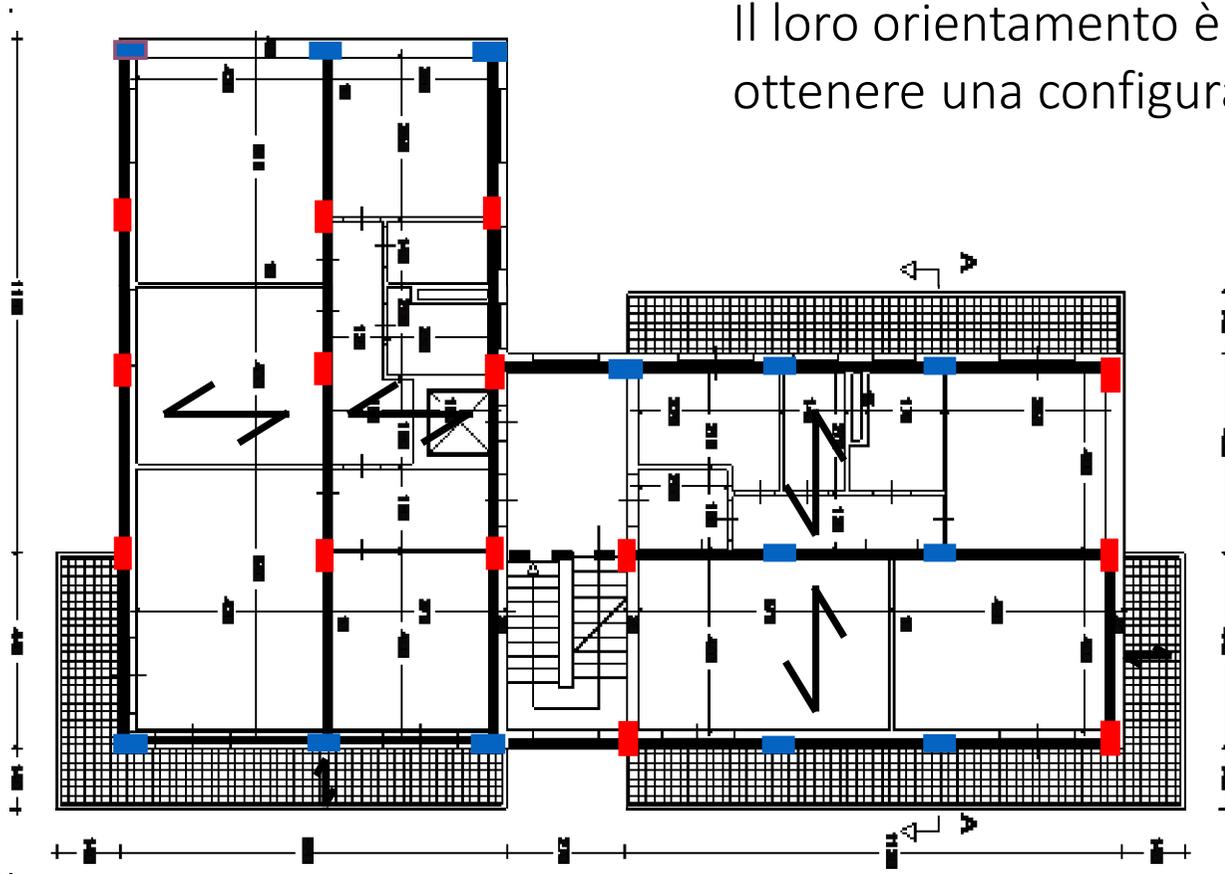
10 allungati in direzione y

8 allungati in direzione x



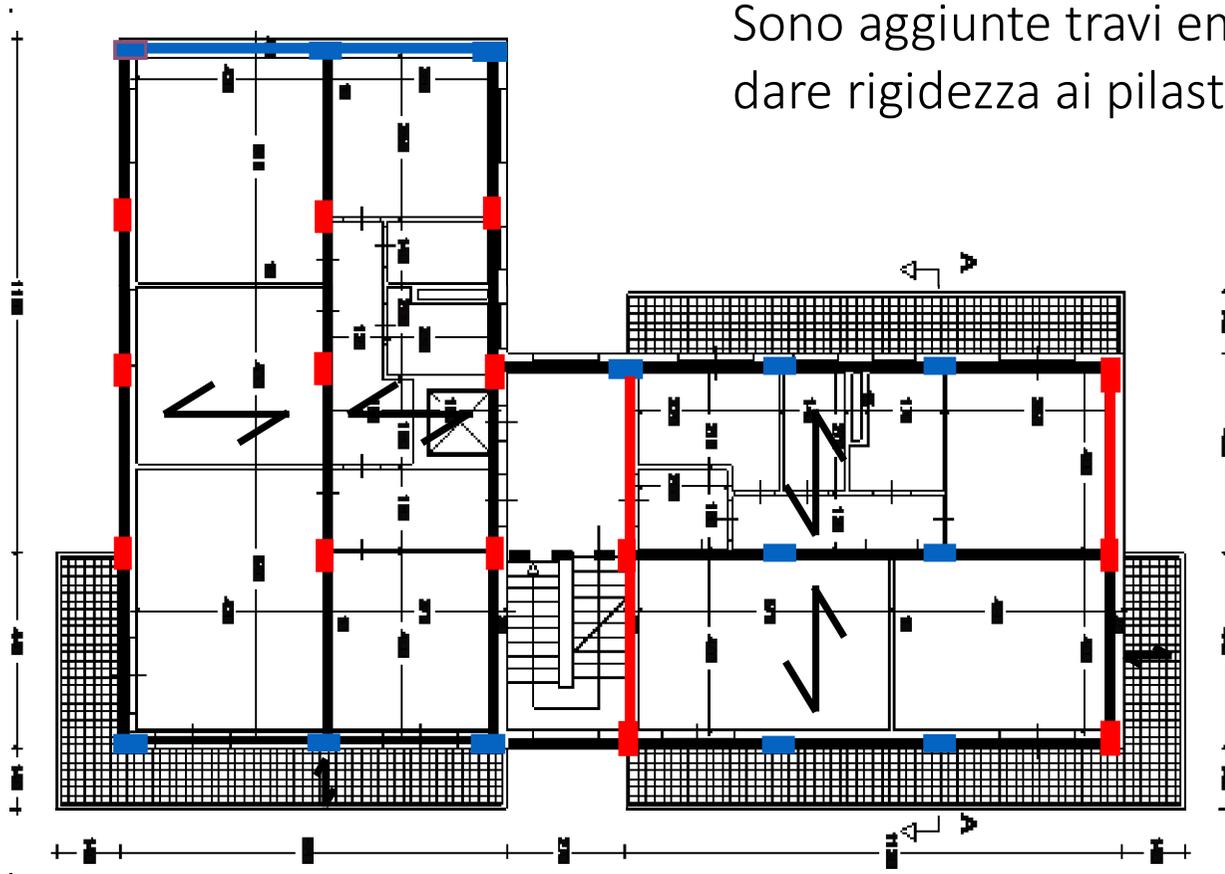
# Pianta del piano tipo

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



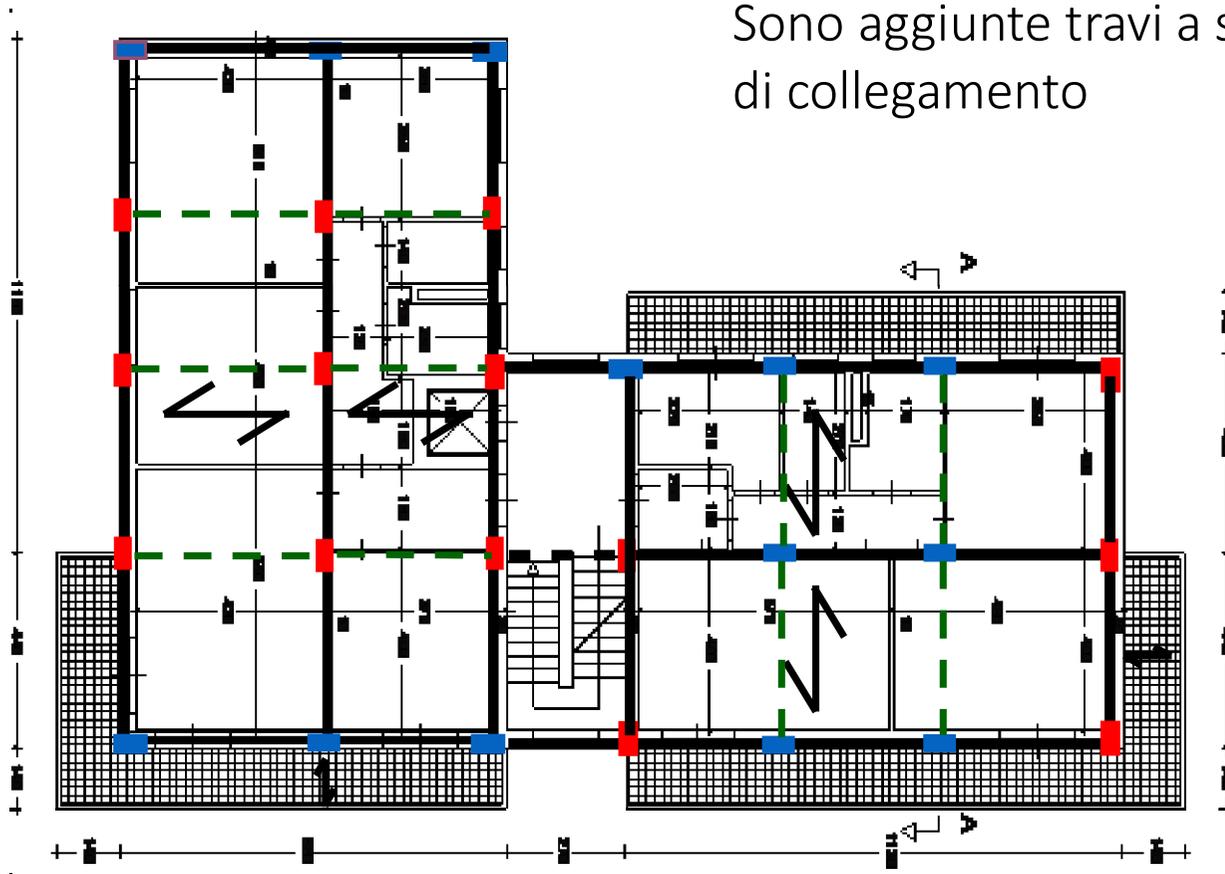
# Pianta del piano tipo

Sono aggiunte travi emergenti per dare rigidità ai pilastri



# Pianta del piano tipo

Sono aggiunte travi a spessore, di collegamento



# Pianta del piano tipo

tot. 13

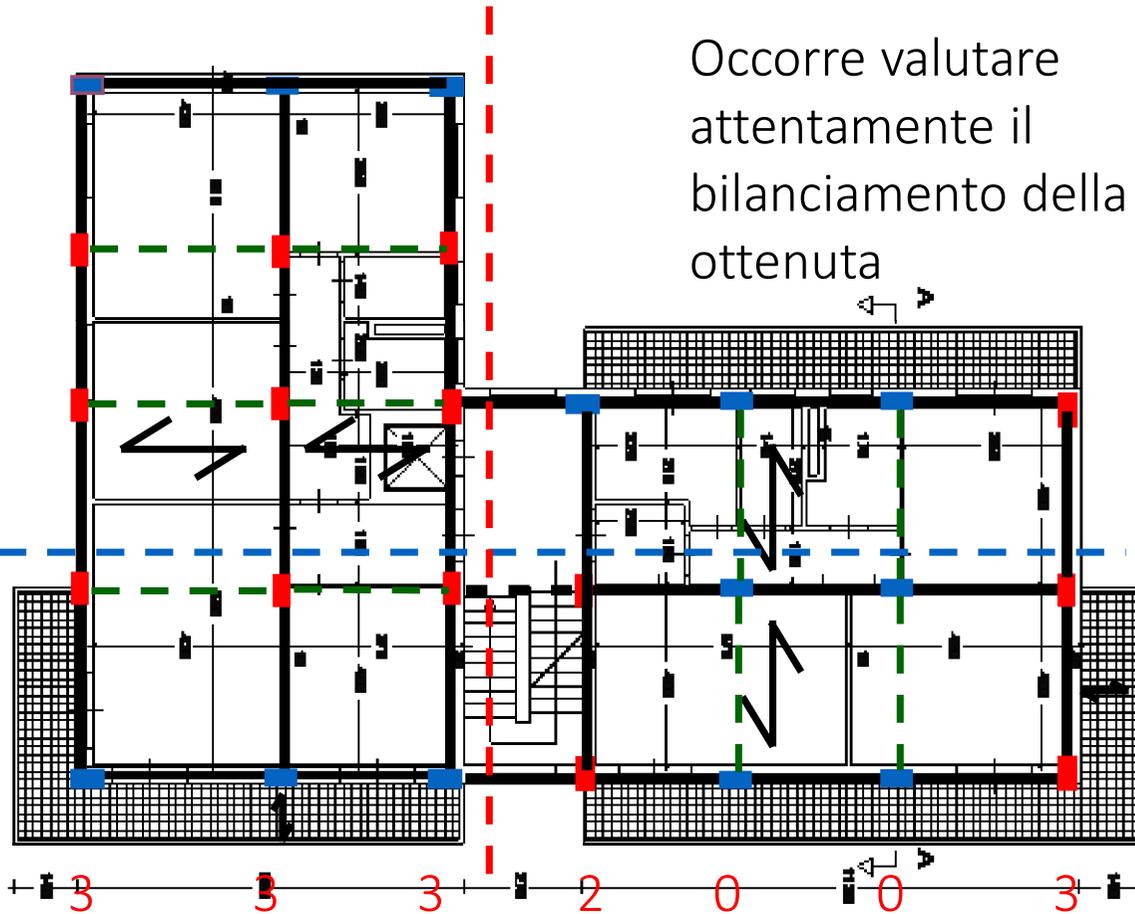
3

0

3

2

5



Occorre valutare attentamente il bilanciamento della struttura ottenuta

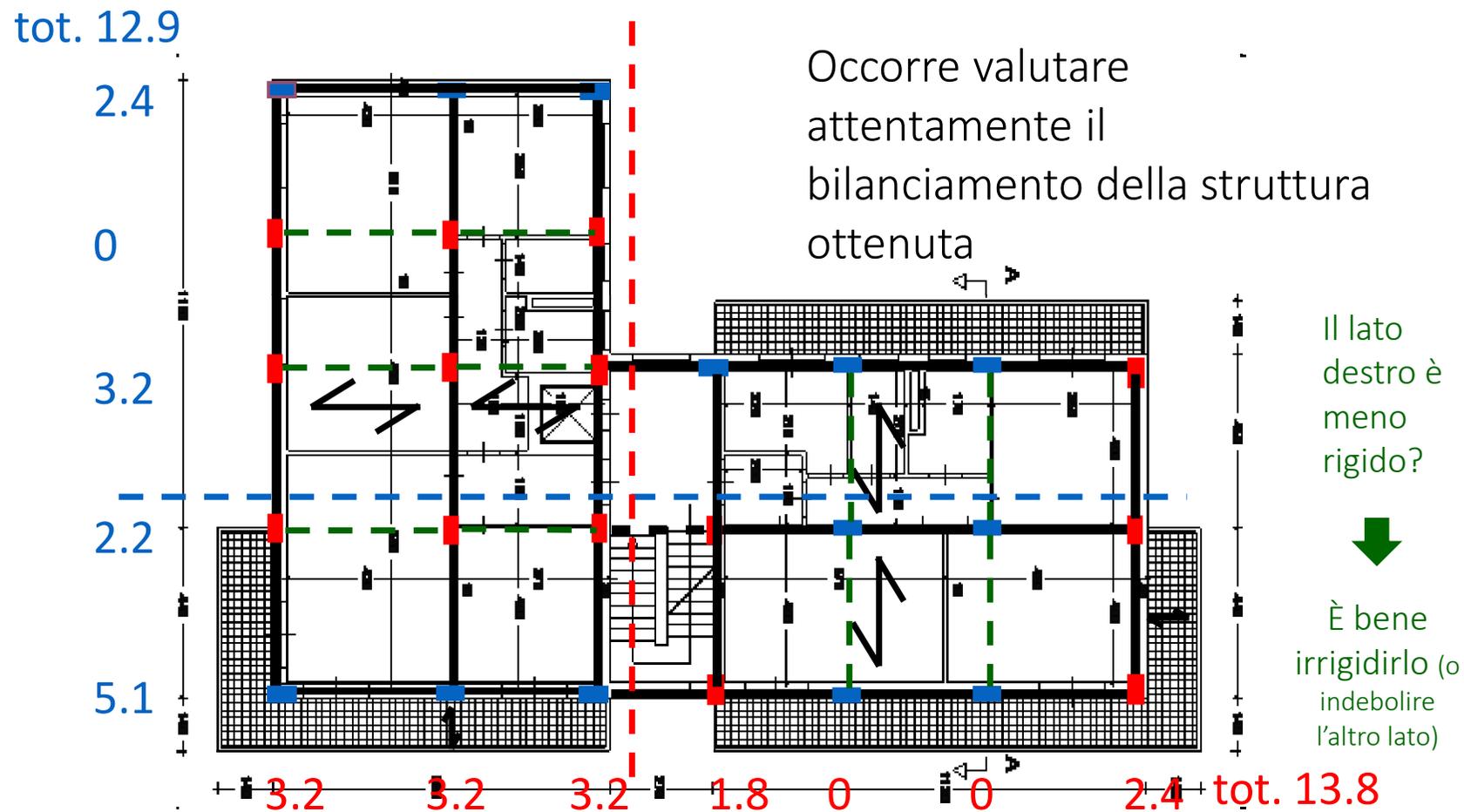
Il lato destro è meno rigido?



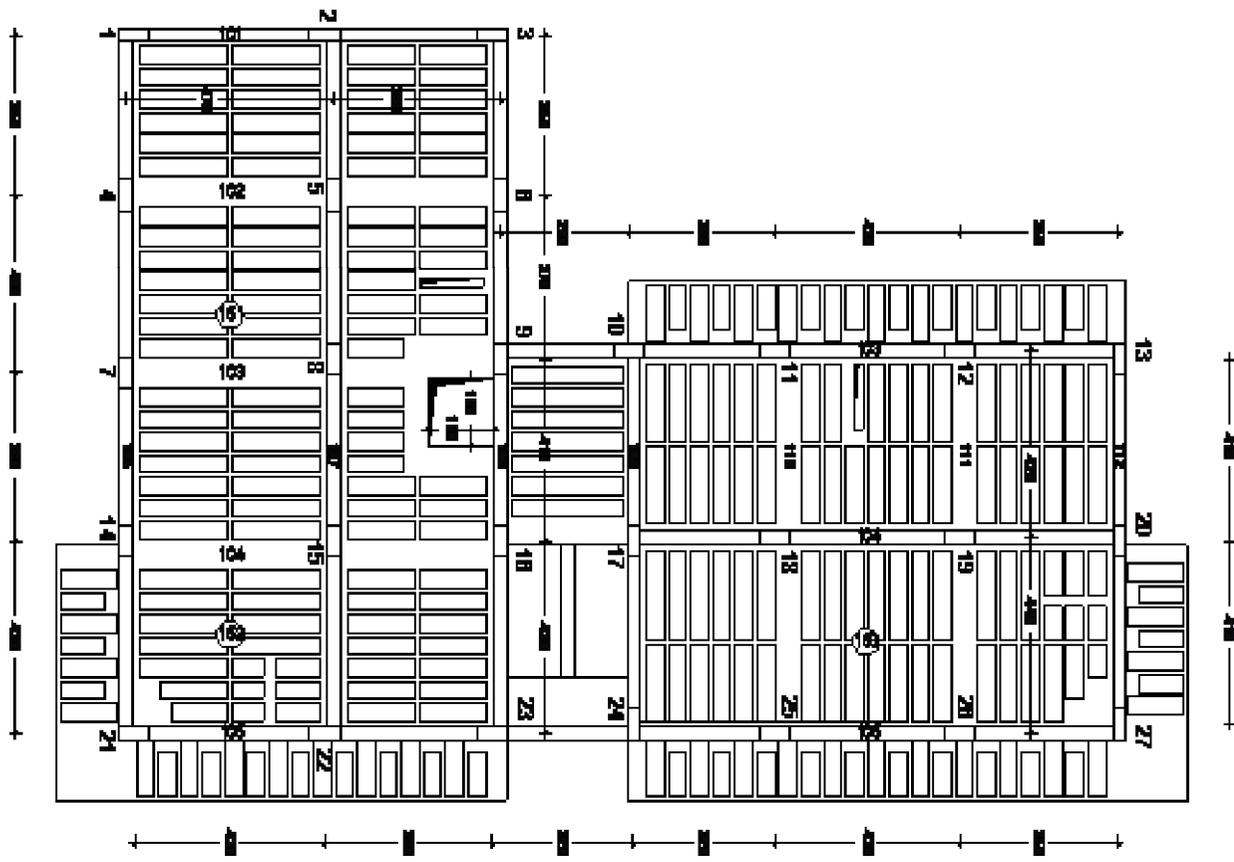
È bene irrigidirlo (o indebolire l'altro lato)

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 ...

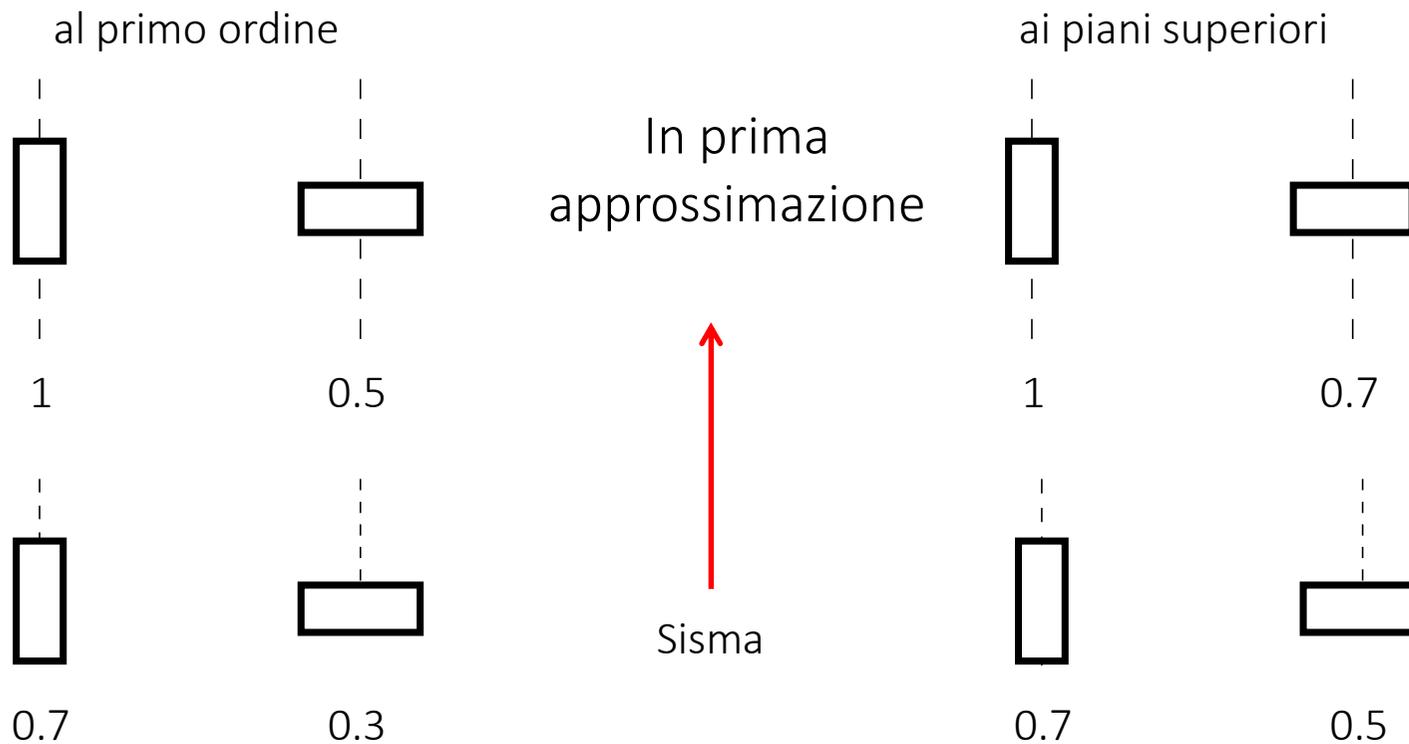
# Impostazione della carpenteria solo con travi a spessore

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

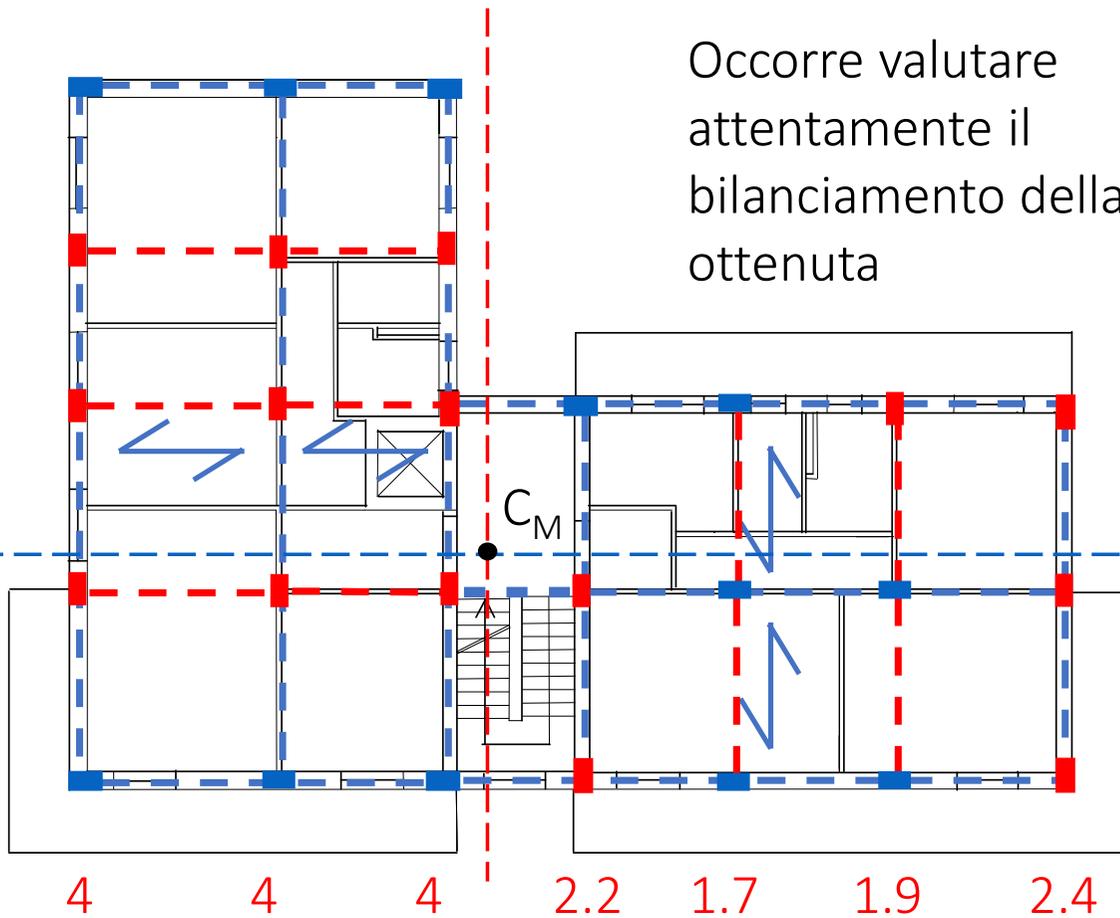
5.1

5.9

Occorre valutare attentamente il bilanciamento della struttura ottenuta

La rigidità dei telai esterni è minore

Quindi rigidità torsionale più bassa



Piano tipo

4

4

4

2.2

1.7

1.9

2.4

tot. 20.2

