

Incontro di aggiornamento

**Impostazione e controllo del progetto
di edifici antisismici in c.a. secondo le indicazioni
del capitolo 10 delle NTC08**

1 - Esame visivo della struttura

Aula magna, Facoltà di Ingegneria, Catania
18-19 maggio 2010

Aurelio Ghersi

Esame visivo della carpenteria e giudizio qualitativo

Carpenteria e fondazione

- Esaminare l'orditura dei solai, la posizione di travi e pilastri (ed anche la fondazione)
- La struttura deve essere idonea a portare
 - i carichi verticali
 - le azioni orizzontali equivalenti al sisma
- La fondazione deve essere idonea a evitare
 - cedimenti verticali
 - spostamenti relativi del piede dei pilastri

Obiettivi generali

La struttura dovrebbe essere il più regolare possibile

In particolare, la struttura deve essere regolare sia in pianta che in altezza

La normativa fornisce indicazioni, che però non sempre sono significative

I problemi legati alla regolarità sono tanti

Occorrerebbe individuare prima i problemi e poi, in base a questi, definire la regolarità

Regolarità in pianta

- configurazione compatta e approssimativamente simmetrica
- rapporto tra i lati di un rettangolo in cui è inscritta la pianta inferiore a 4
- rientri o sporgenze non superiori al 25% della dimensione della pianta nella stessa direzione
- impalcati infinitamente rigidi nel loro piano

Criteri poco significativi e quasi non utilizzati

Regolarità in altezza

I sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza dell'edificio

Massa e rigidezza non variano bruscamente da un piano all'altro

Il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza di calcolo non varia molto da un piano all'altro

Principi generali = prestazione richiesta

Regolarità in altezza

Andando dal basso verso l'alto:

- le variazioni di massa sono, al massimo, il 25%
- la rigidezza non si riduce più del 30% e non aumenta più del 10%
- il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza di calcolo varia di $\pm 20\%$

Regole applicative = prescrizioni (obbligatorie?)

Regolarità in altezza

Si noti inoltre che:

- il controllo delle masse può essere effettuato *a priori*, all'inizio del calcolo
- il controllo sulla rigidezza e sulla resistenza può essere effettuato solo *a posteriori*, dopo aver effettuato il calcolo e la disposizione delle armature

Obiettivi generali

La struttura dovrebbe essere il più regolare possibile

Esaminare se è stata divisa in blocchi staticamente separati da giunti

Prestare molta attenzione alla 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 rigidezze

Anche la soletta rampante può dare problemi

Edifici con pareti o nuclei in c.a.

Compito dei diversi elementi:

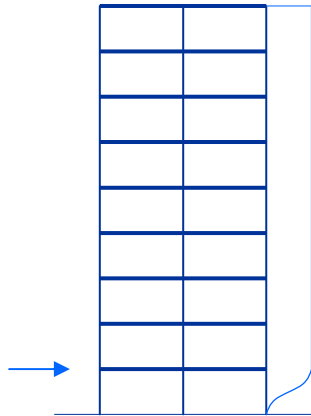
- Le pareti portano l'azione sismica
- Pilastri e travi portano i carichi verticali

Impostazione
separata,
più semplice

Ma, attenzione:

Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

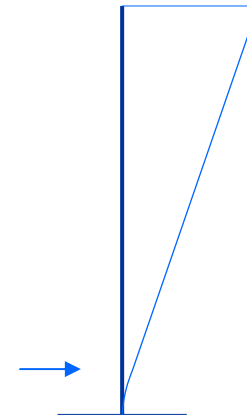
Comportamento a mensola e comportamento a telaio



Telaio (con travi rigide)

Forze applicate ai piani inferiori
provocano grossi spostamenti ...

... ma gli spostamenti non
aumentano ai piani superiori



Mensole (pareti, oppure
telaio con travi a spessore)

Forze applicate ai piani inferiori
provocano piccoli spostamenti ...

... ma gli spostamenti aumentano
di molto ai piani superiori

Edifici con pareti o nuclei in c.a.

Compito dei diversi elementi:

- Le pareti portano l'azione sismica
 - Pilastri e travi portano i carichi verticali
- Impostazione separata, più semplice

Ma, attenzione:

Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

Le fondazioni richiedono uno studio particolare
(e costi maggiori)

Edifici a struttura intelaiata

Travi e pilastri portano sia carichi verticali che azioni orizzontali

Esaminare separatamente:

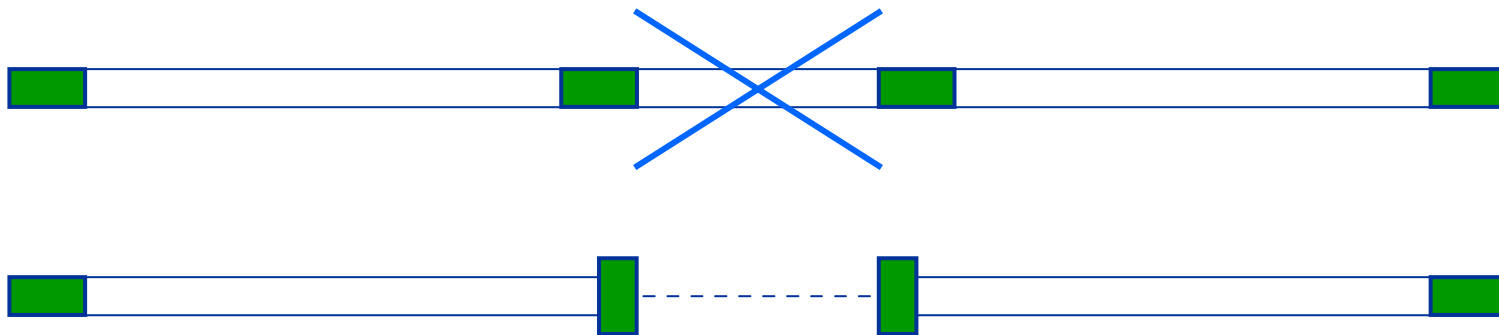
1. La carpenteria per quanto riguarda il modo in cui porta i carichi verticali
2. La carpenteria per quanto riguarda il suo comportamento nei confronti di azioni orizzontali

Edifici a struttura intelaiata

Stare attenti a:

- Luci di sbalzi, solai e travi molto forti e non uniformi

In particolare, sono da evitare campate di trave troppo corte, che provocherebbero concentrazione di sollecitazioni



Edifici a struttura intelaiata

Stare attenti a:

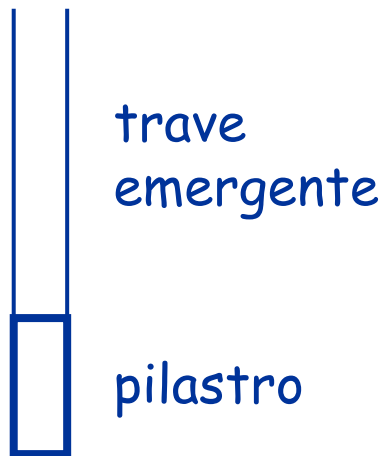
- Luci di sbalzi, solai e travi molto forti e non uniformi

In particolare, sono da evitare campate di trave troppo corte, che provocherebbero concentrazione di sollecitazioni

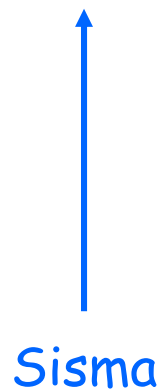
- Forti disuniformità di carico verticale sui pilastri (carichi maggiori richiedono sezioni maggiori, che provocherebbero concentrazione di sollecitazioni)

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

In genere sono presenti in carpenteria 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

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

In genere sono presenti in carpenteria travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

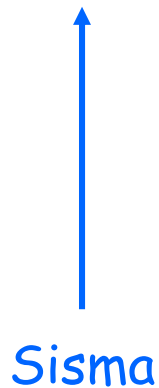
In genere sono presenti in carpenteria travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



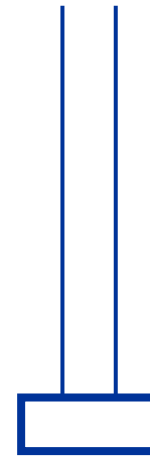
Elemento
con buona
rigidezza a
tutti i piani



Elemento con
rigidezza
solo al primo
piano



Sisma



I pilastri con inerzia
minima danno contributo
in prima approssimazione
trascurabile

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

In genere sono presenti in carpenteria travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



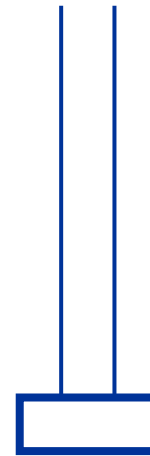
Elemento
con buona
rigidezza a
tutti i piani



Elemento con
rigidezza
solo al primo
piano



Sisma



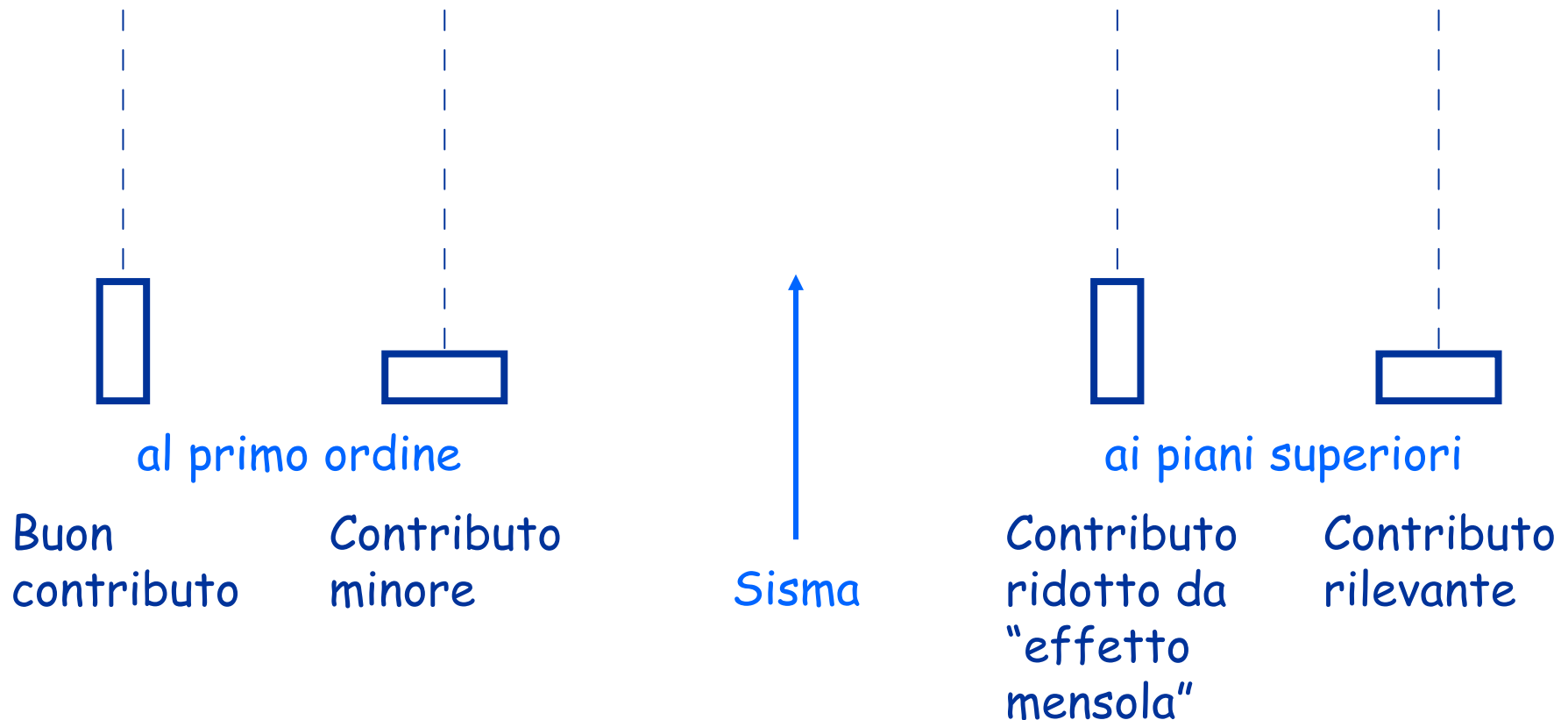
Elemento con
rigidezza
limitata a
tutti i piani



Elemento con
rigidezza
trascurabile
a tutti i piani

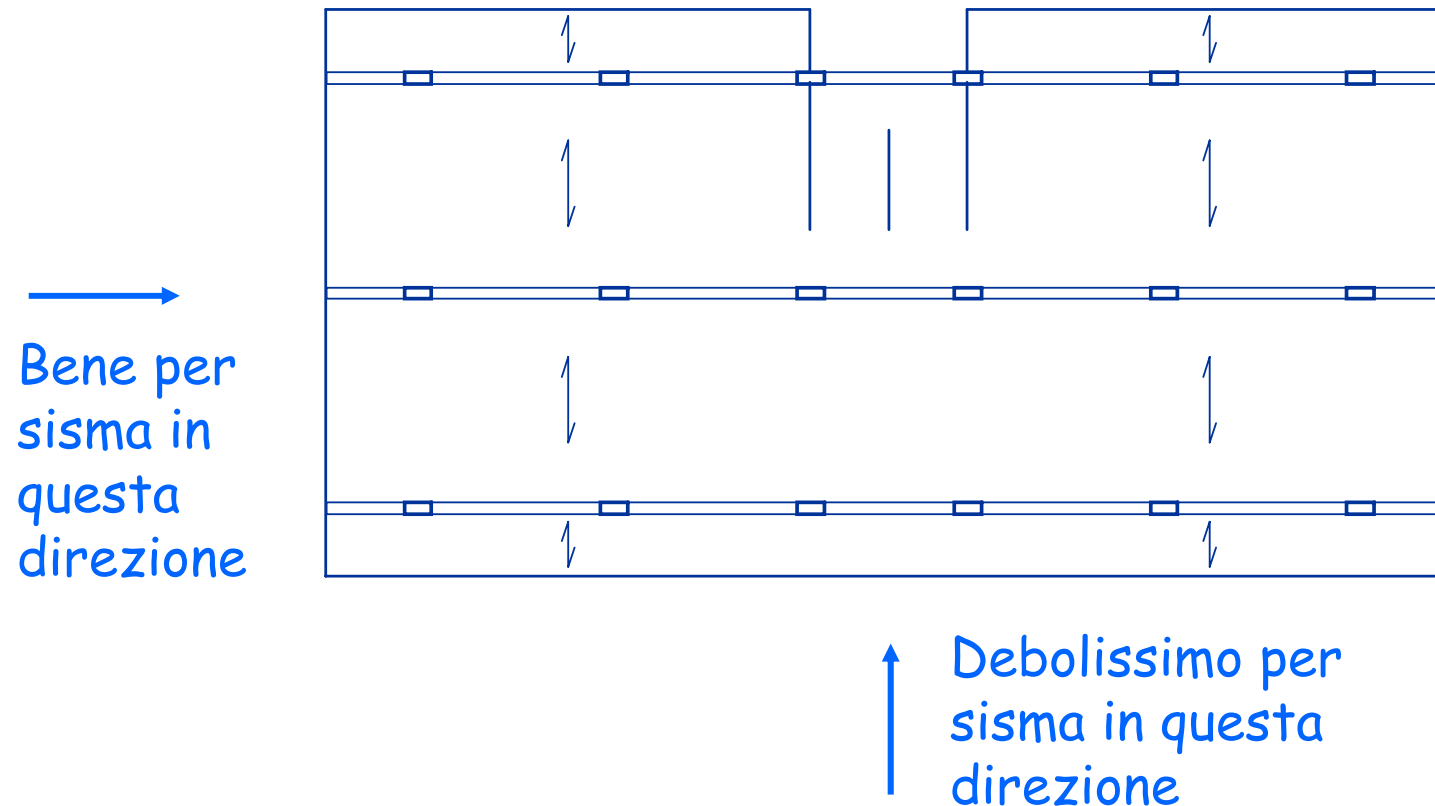
Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



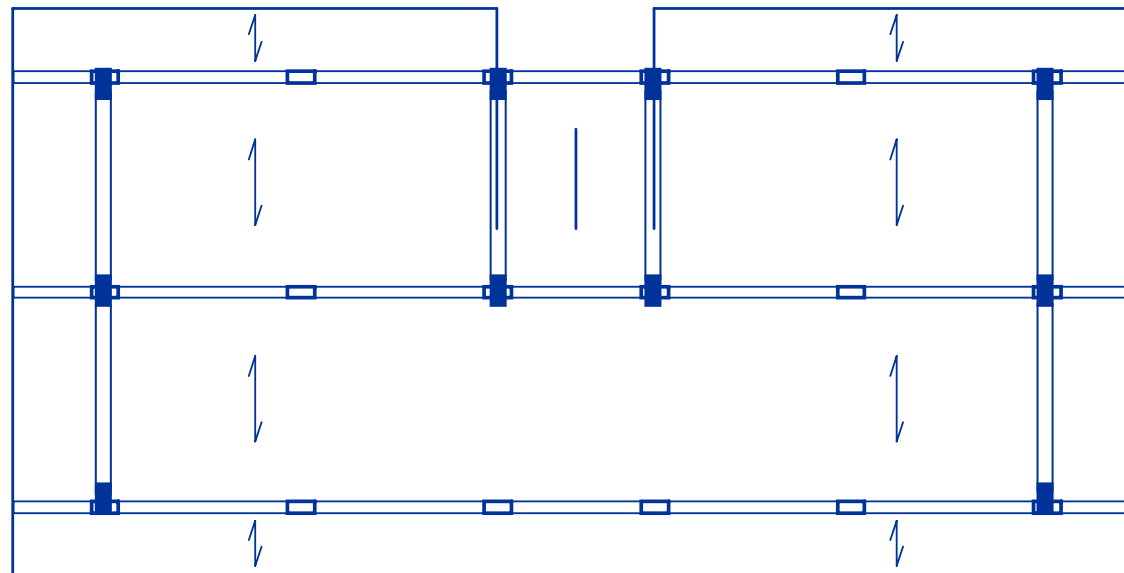
Carpenteria: da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Carpenteria pensata per soli carichi verticali:



Carpenteria: da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:

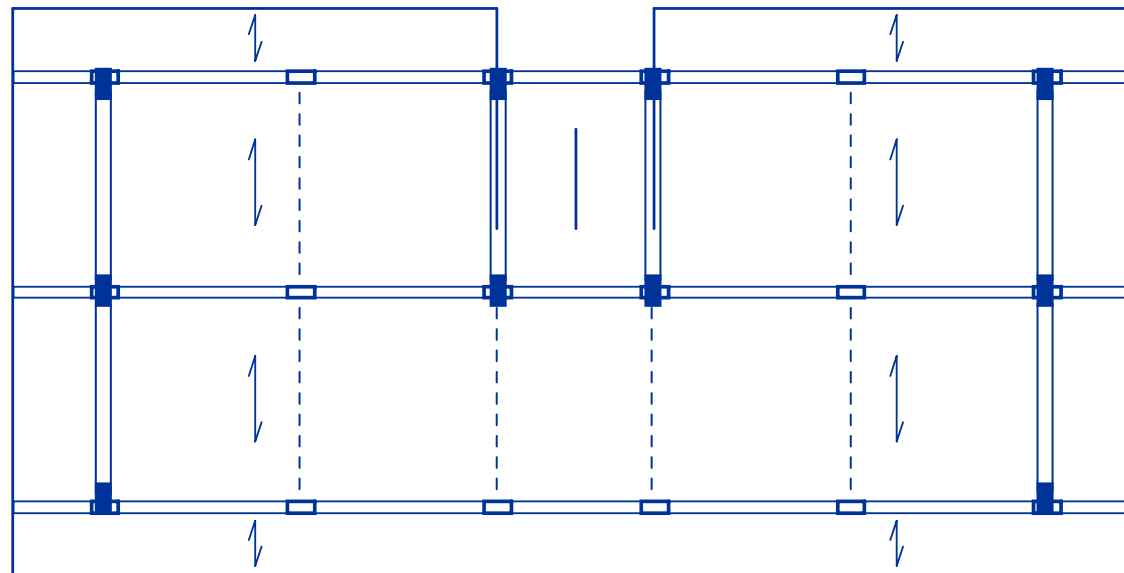


Sono stati girati un
certo numero di pilastri

Sono state aggiunte travi
emergenti per renderli efficaci

Carpenteria: da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:



Sono state aggiungere anche altre travi, a spessore, che sono però irrilevanti ai fini sismici

Esempio

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 2 ($a_g = 0.25 g$)

Categoria di suolo:

categoria C (sabbie e ghiaie mediamente addensate)

Edificio analizzato

Struttura portante principale:

con struttura intelaiata in cemento armato

Solai:

in latero-cemento, gettati in opera

Scale:

a soletta rampante (tipologia "alla Giliberti")

Fondazioni:

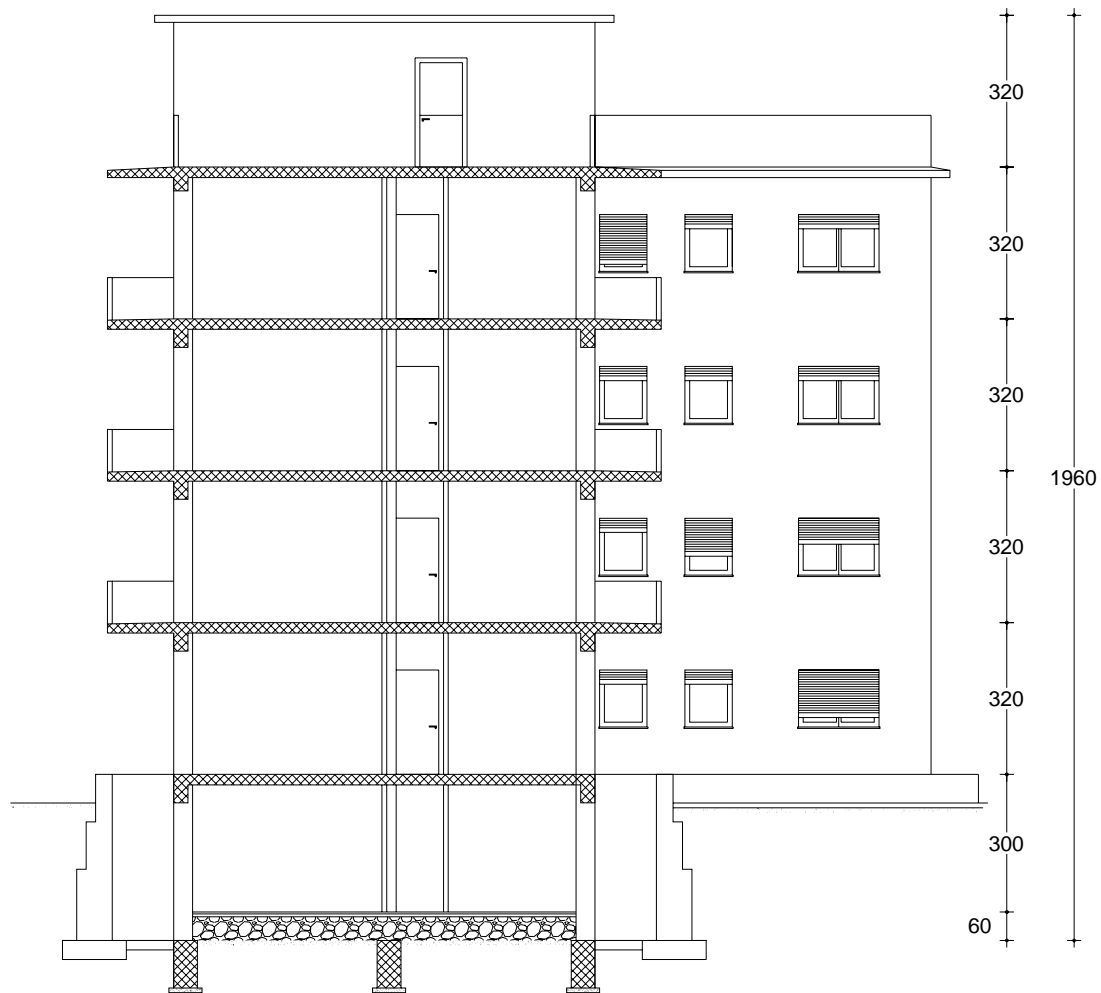
reticolo di travi rovesce

Materiali:

calcestruzzo C25/30 ($f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

acciaio B450C

Edificio analizzato

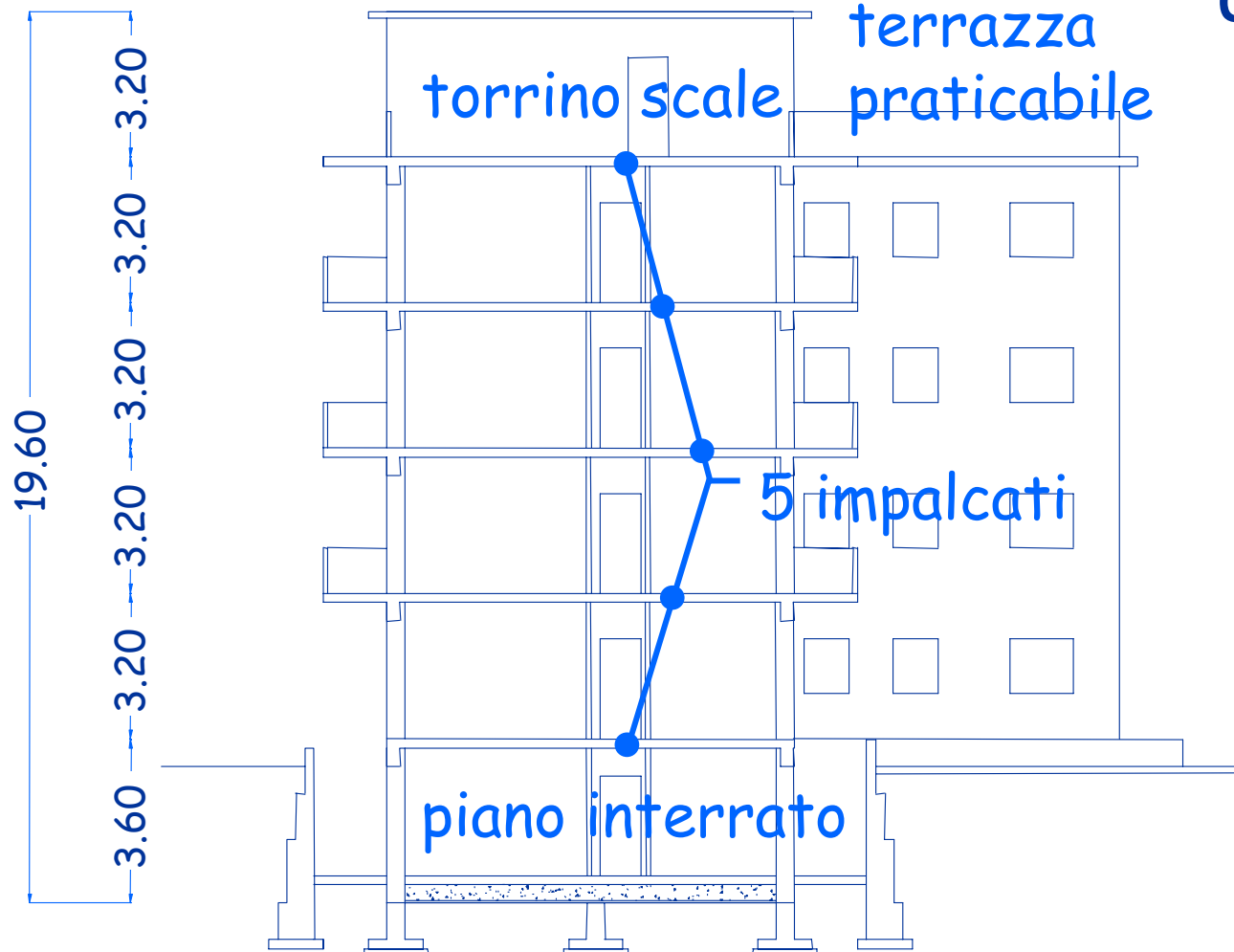


Sezione

Edificio analizzato

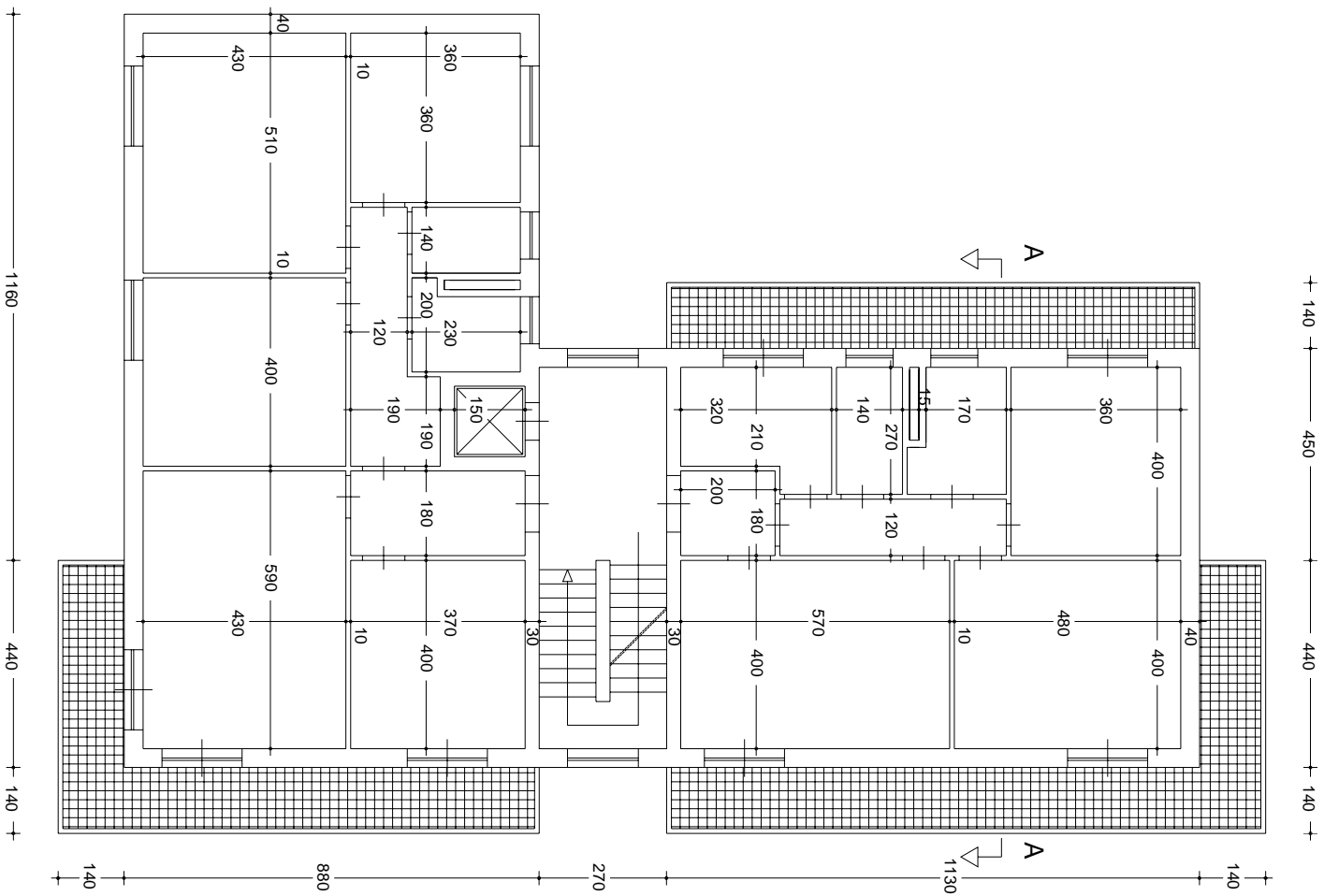
Sismicità media
= zona 2

Terreno
costituito da
sabbie e ghiaie
mediamente
addensate



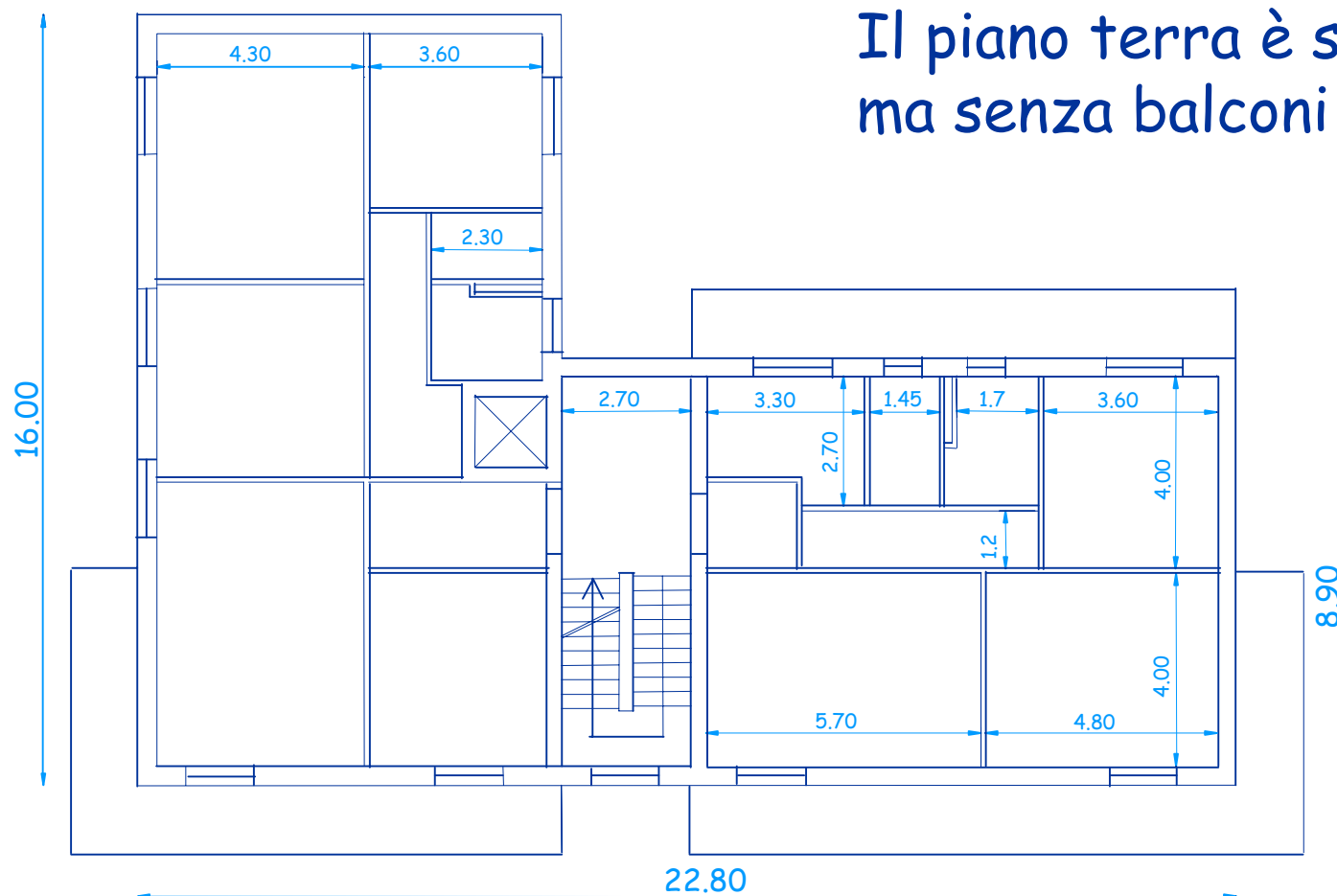
Sezione

Piano tipo



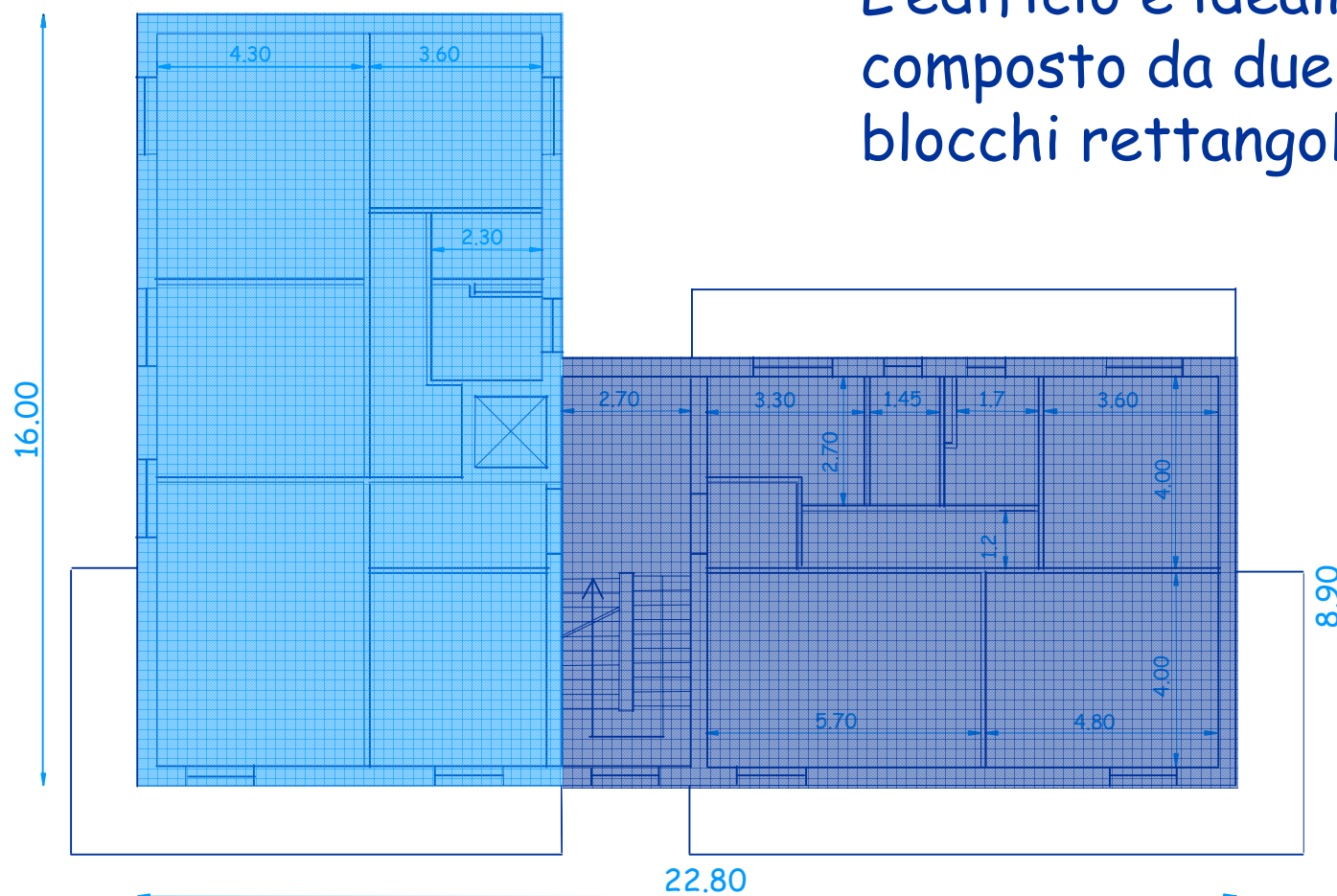
Piano tipo

Il piano terra è simile,
ma senza balconi



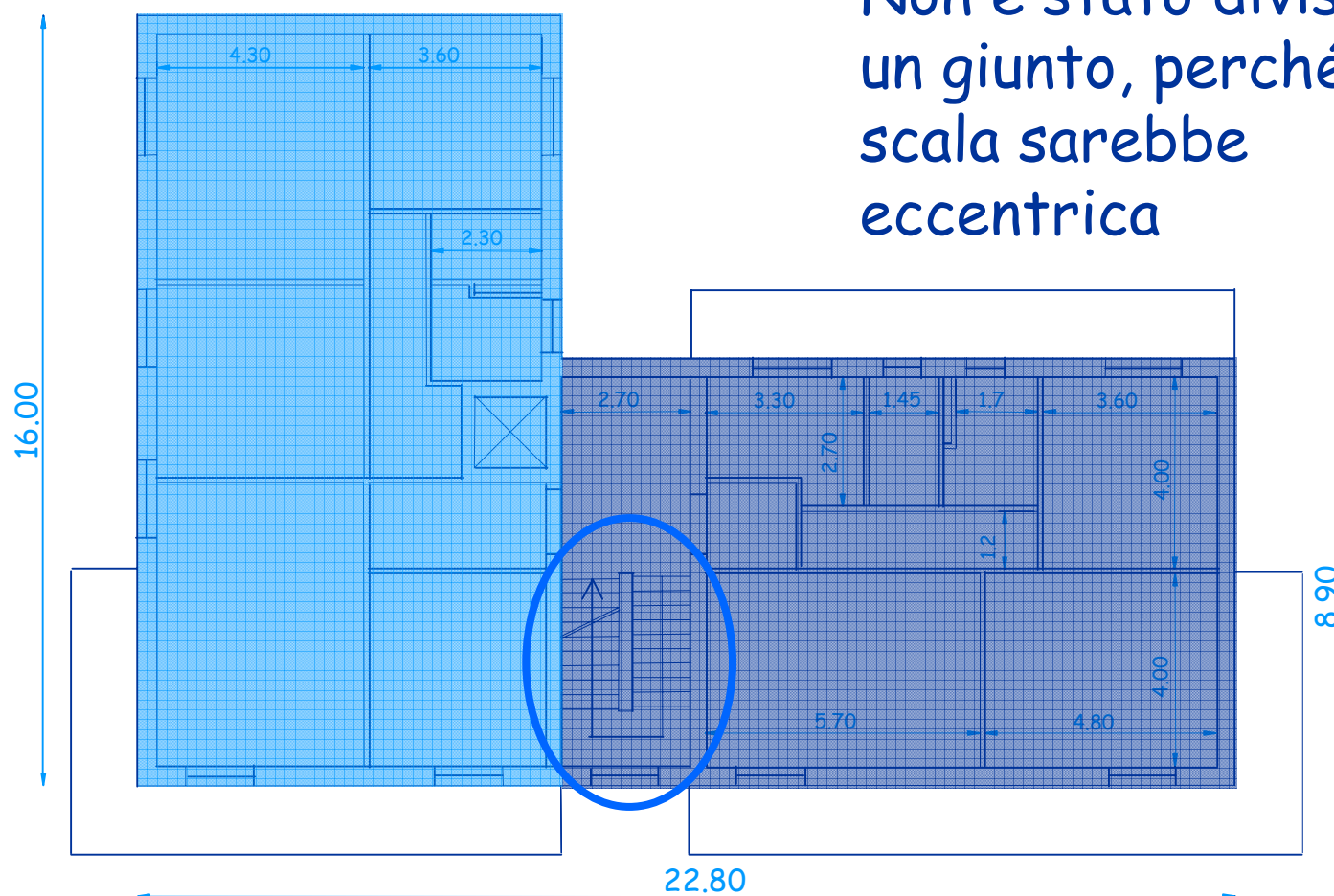
Piano tipo

L'edificio è idealmente
composto da due
blocchi rettangolari

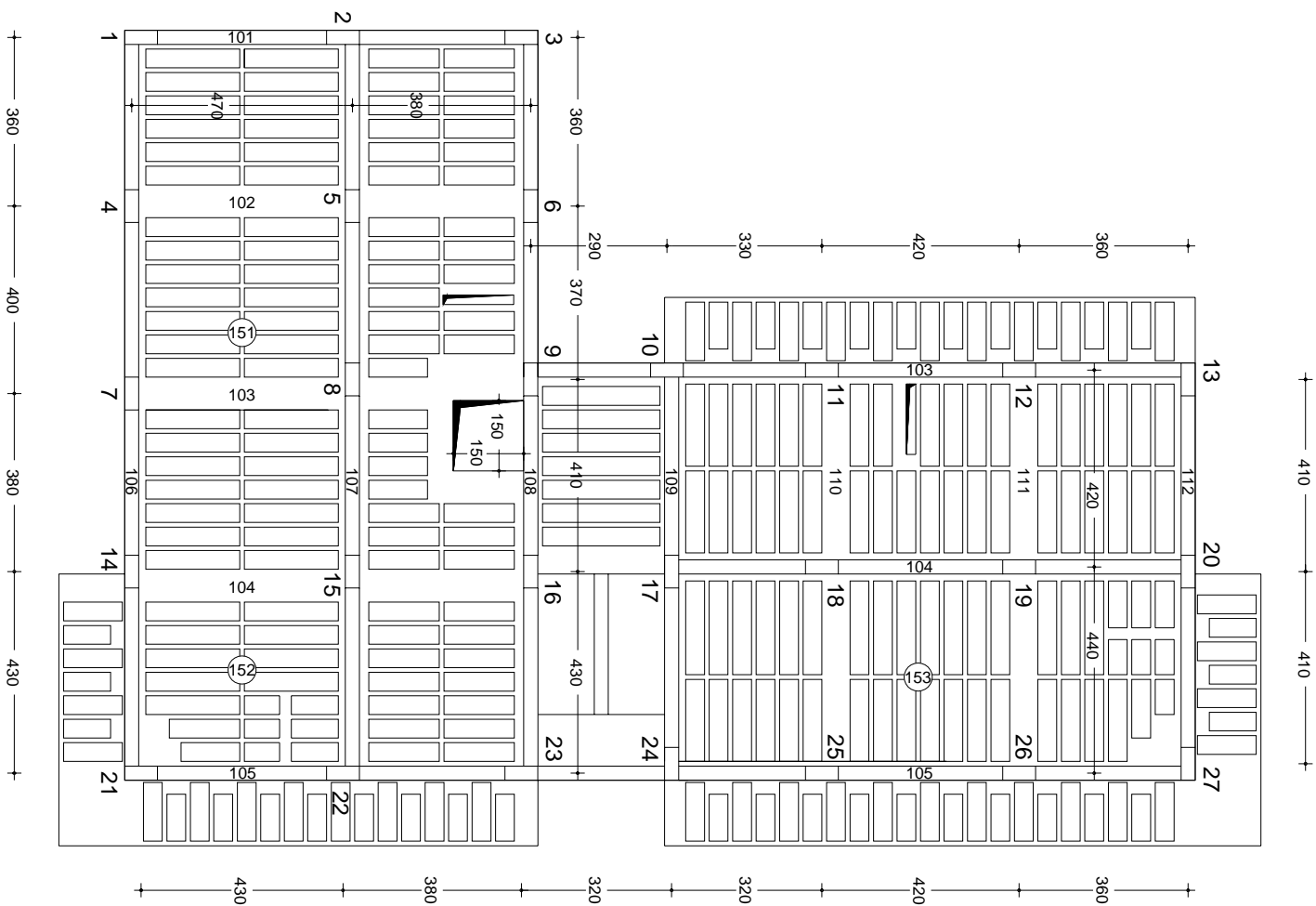


Piano tipo

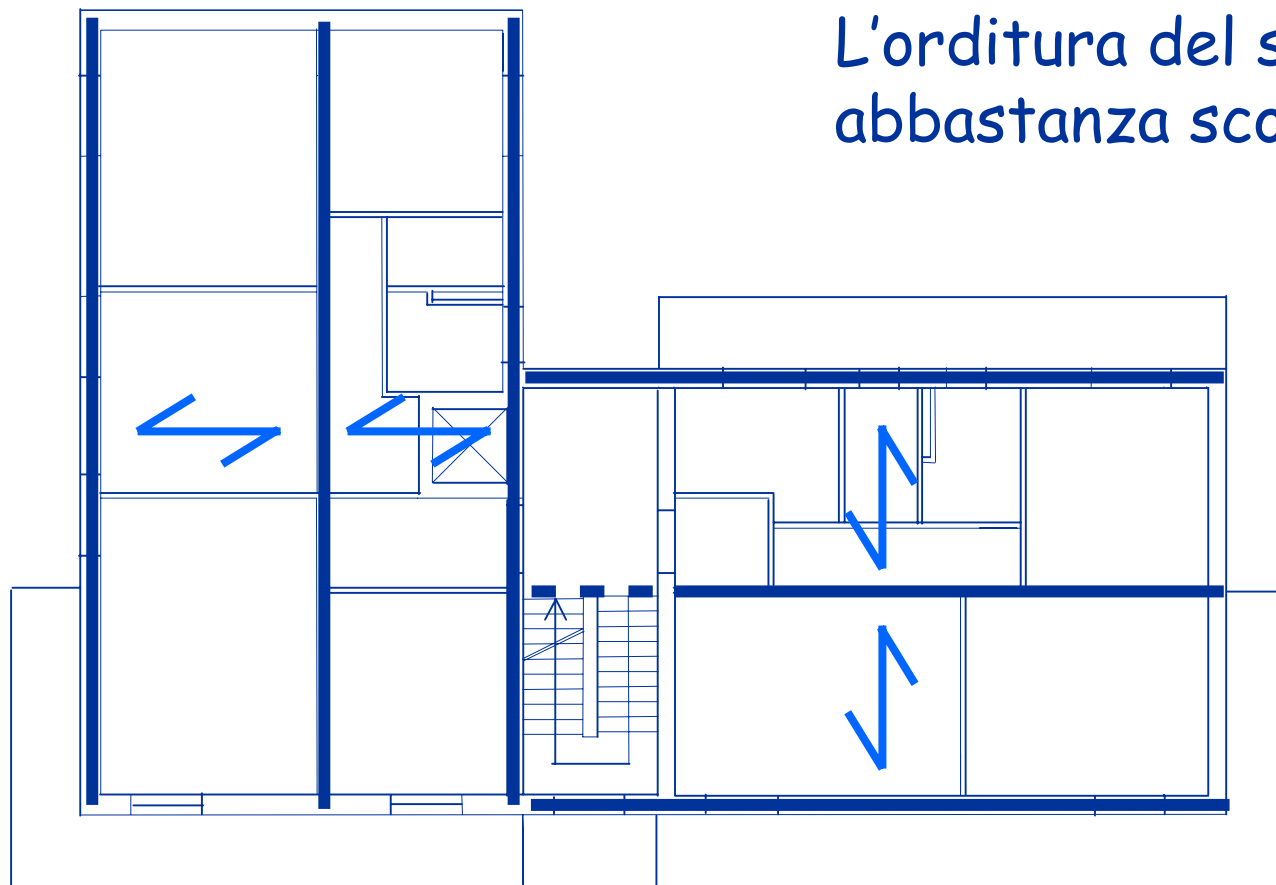
Non è stato diviso con
un giunto, perché la
scala sarebbe
eccentrica



Carpenteria del piano tipo

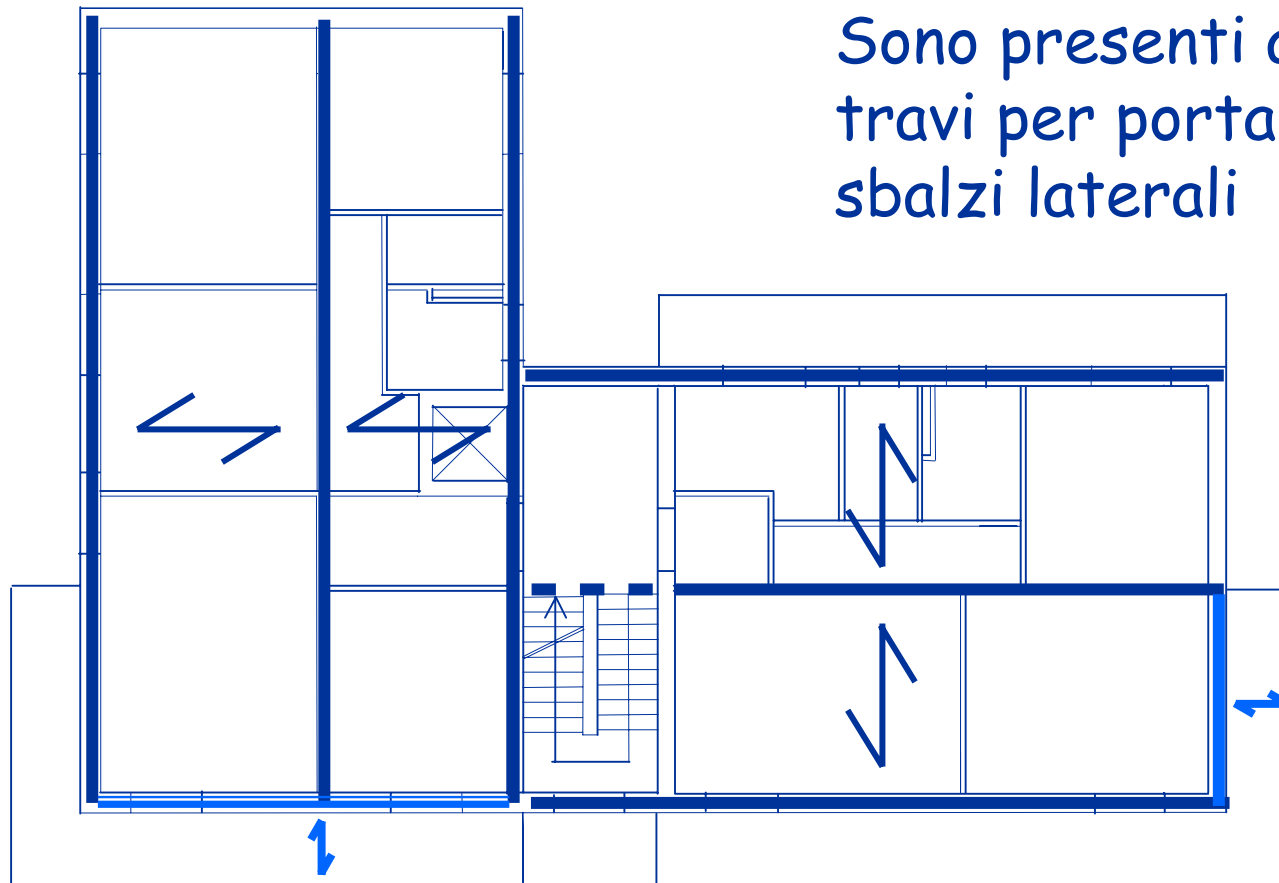


Esame della carpenteria per quanto riguarda i carichi verticali



Esame della carpenteria per quanto riguarda i carichi verticali

Sono presenti alcune
travi per portare gli
sbalzi laterali



Esame della carpenteria per quanto riguarda le azioni orizzontali



Controllo qualitativo delle dimensioni

- Solaio: spessore 22 cm
 - luce massima circa 5.00 m
 - struttura con numerose travi emergenti
 - non ci sono travi a spessore lunghe e molto caricate



lo spessore va bene

- Se tutte le travi fossero a spessore
 - portare lo spessore almeno a 28 cm

Controllo qualitativo delle dimensioni

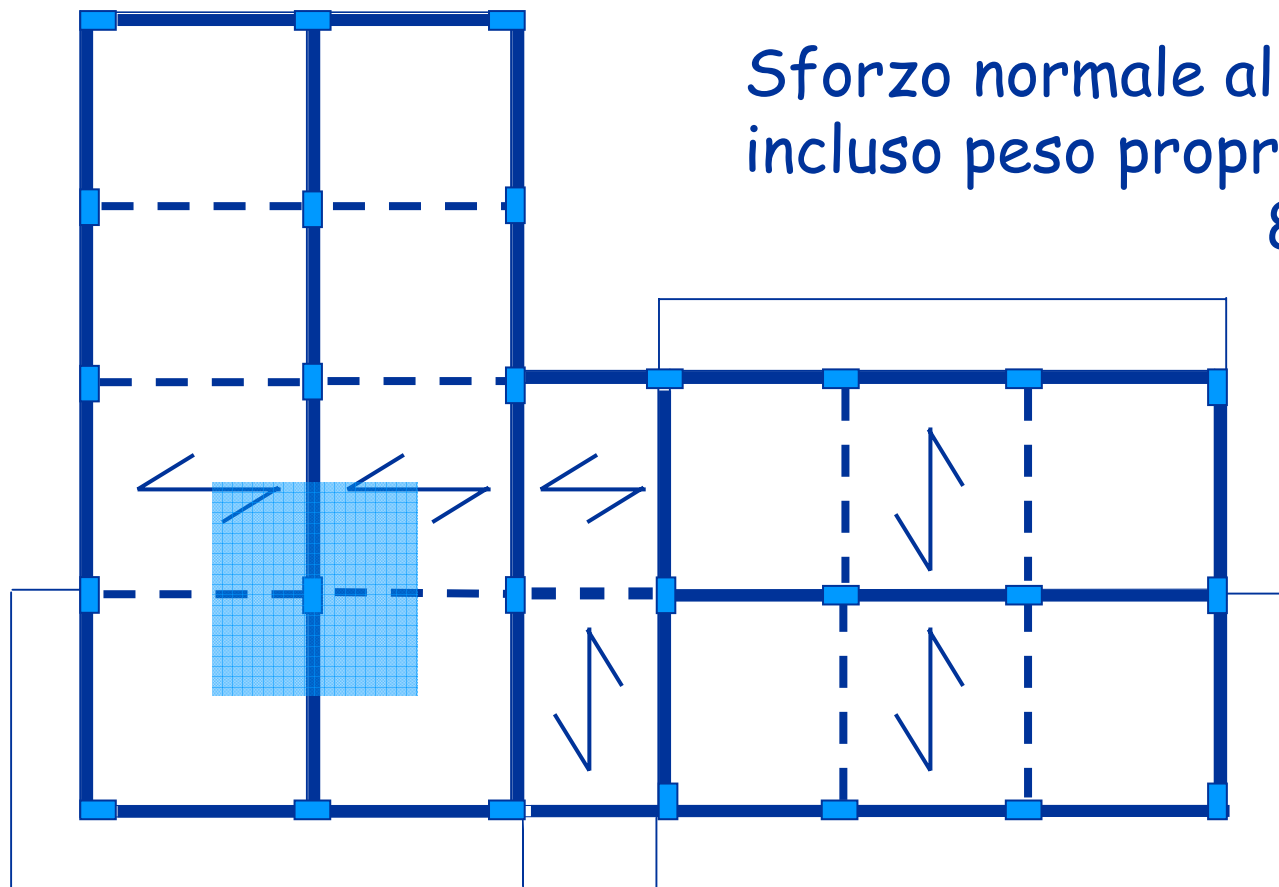
- Pilastri: tutti 30x70 (a tutti i piani)
 - che sforzo normale portano?

Nell'esempio

Pilastro interno, porta
8 m di trave
21 m² di solaio

Carico al piano: 150 kN

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
830 kN



Nell'esempio

Pilastro laterale con sbalzo
pilastro d'angolo con sbalzi

Più o meno lo stesso

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
830 kN

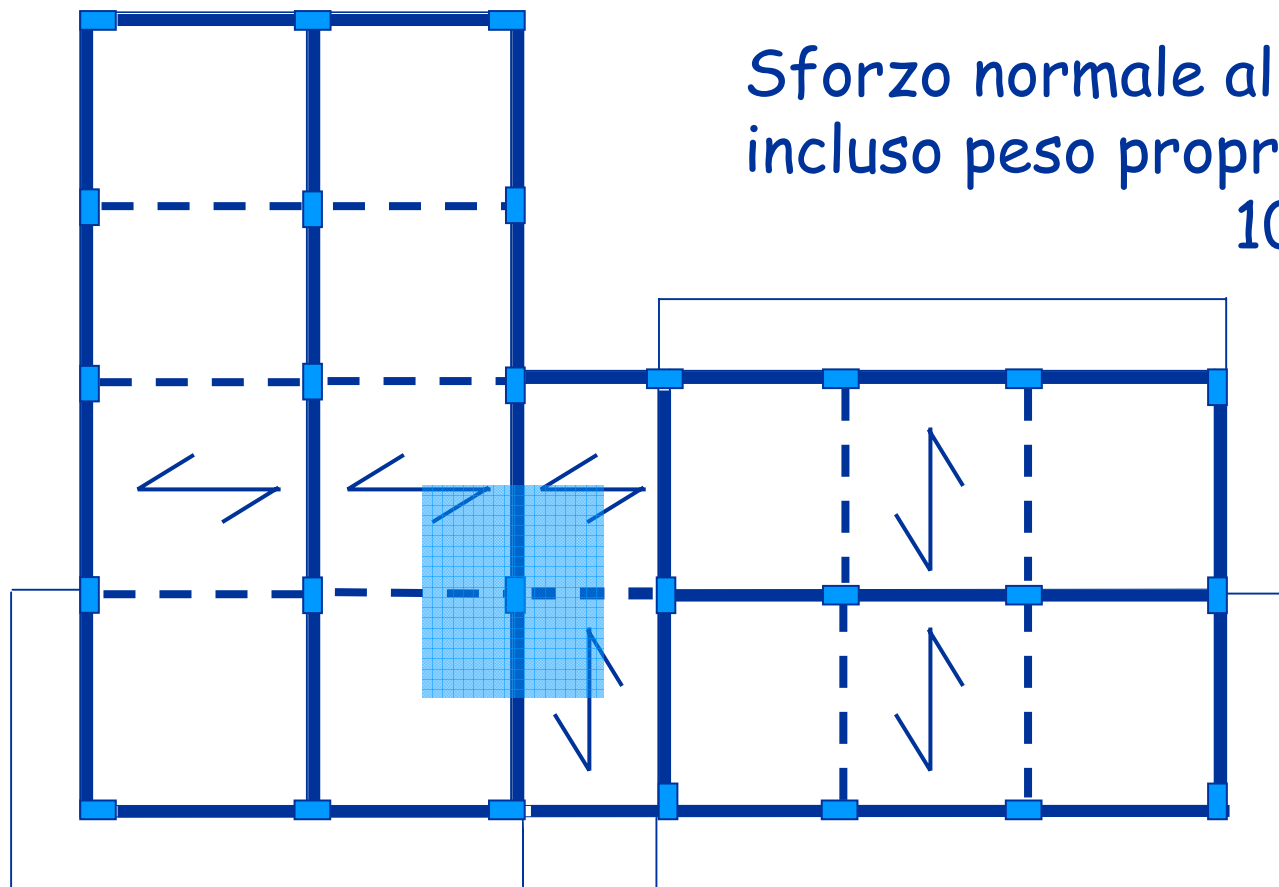


Nell'esempio

Pilastro interno in
corrispondenza della scala

Di più, a causa del torrino

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
1050 kN

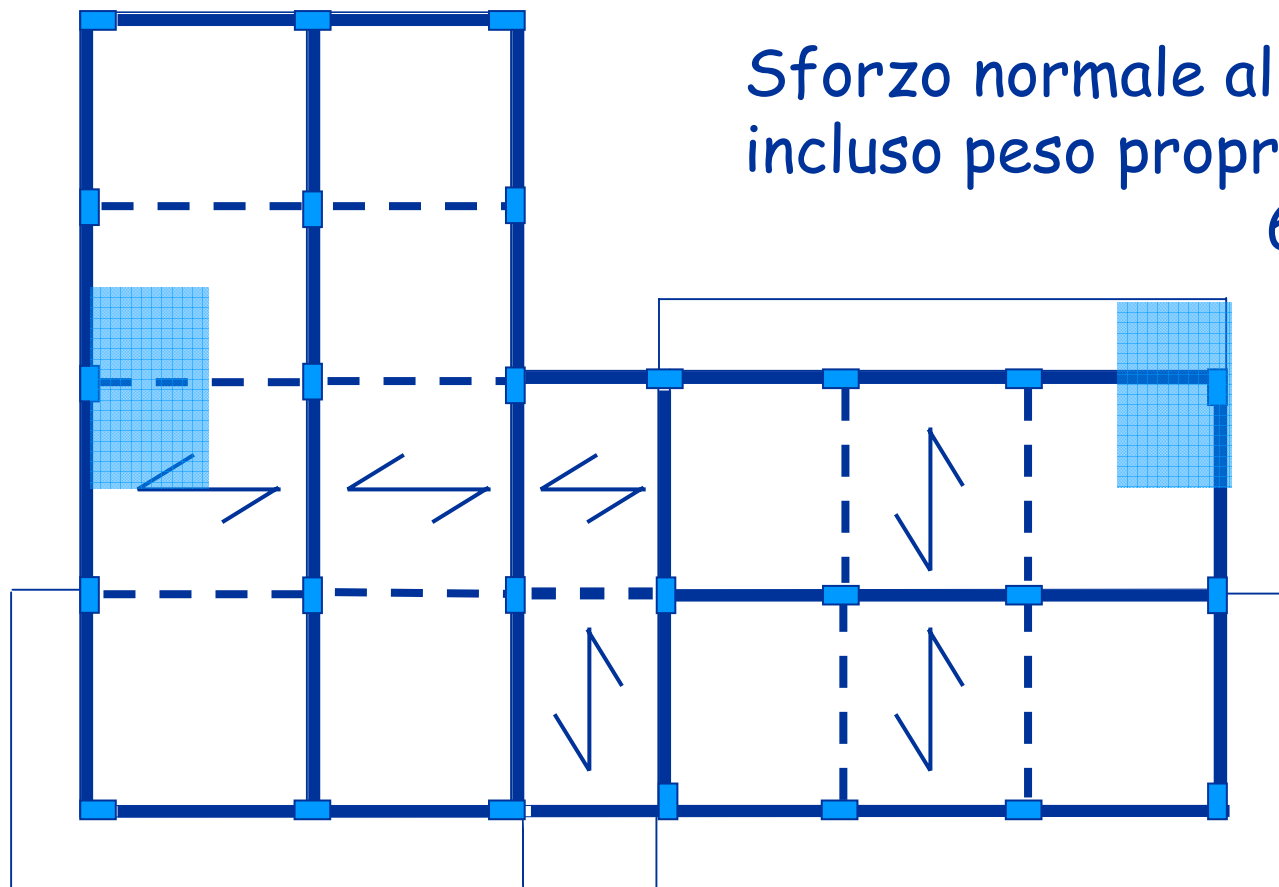


Nell'esempio

Pilastro laterale privo di
sbalzo o d'angolo con uno
sbalzo

Carico al piano minore

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
600 kN



Nell'esempio

Pilastro d'angolo
privo di sbalzo

Carico al piano ancora
minore

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
380 kN



Pilastri

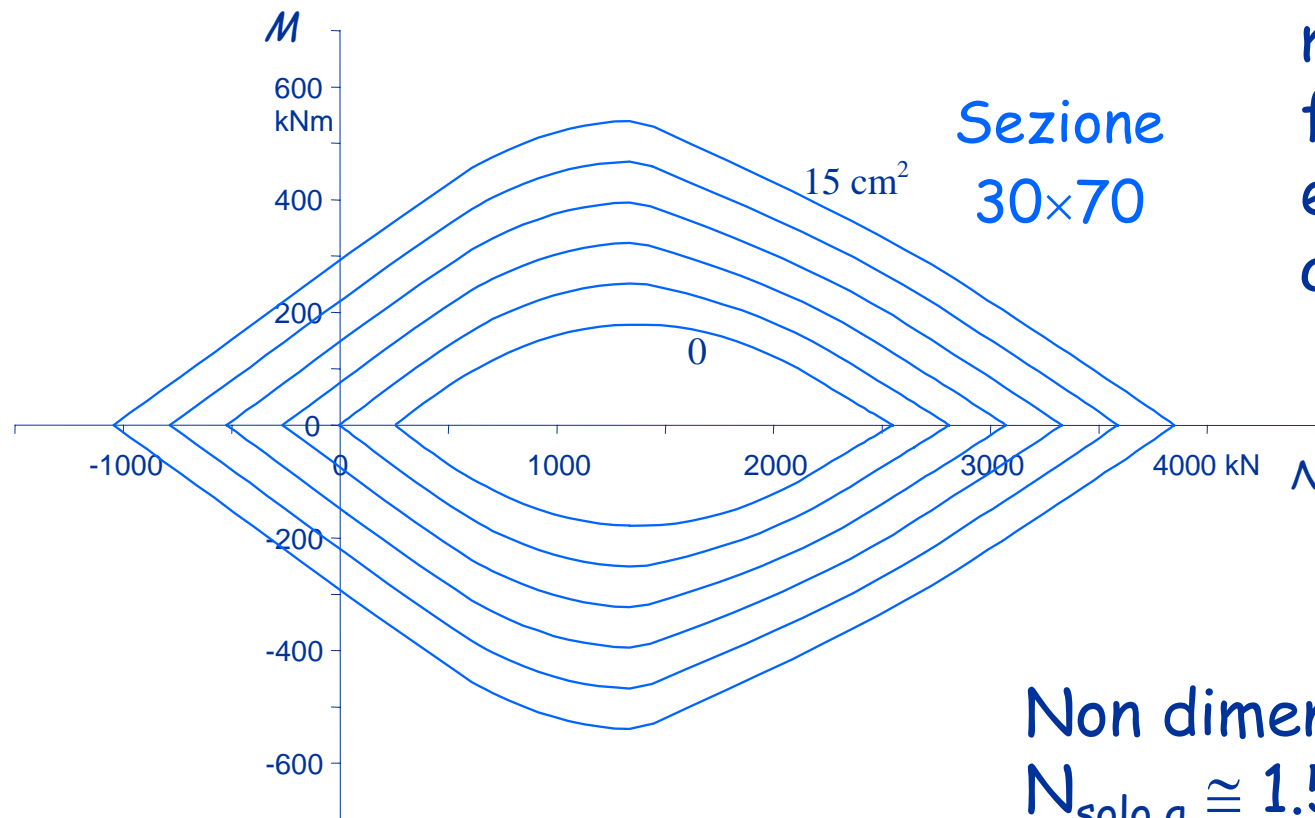
Tipo di pilastro	N_{Ed} (SLU con F)	N_{Ed} / A_c
Pilastri più caricati (20)	830 - 1050 kN	4.0 - 5.0 MPa
Pilastri perimetrali senza sbalzo (5)	600 kN	2.9 MPa
Pilastri d'angolo senza sbalzo (2)	380 kN	1.8 MPa

La tensione media vale, al massimo, circa $0.35 f_{cd}$

Controllo qualitativo delle dimensioni

- Pilastri: tutti 30x70 (a tutti i piani)
 - sforzo normale al piede che v  da 380 kN a 1050 kN
 - tensione media pari al massimo a circa $0.35 f_{cd}$
va bene ?

Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri



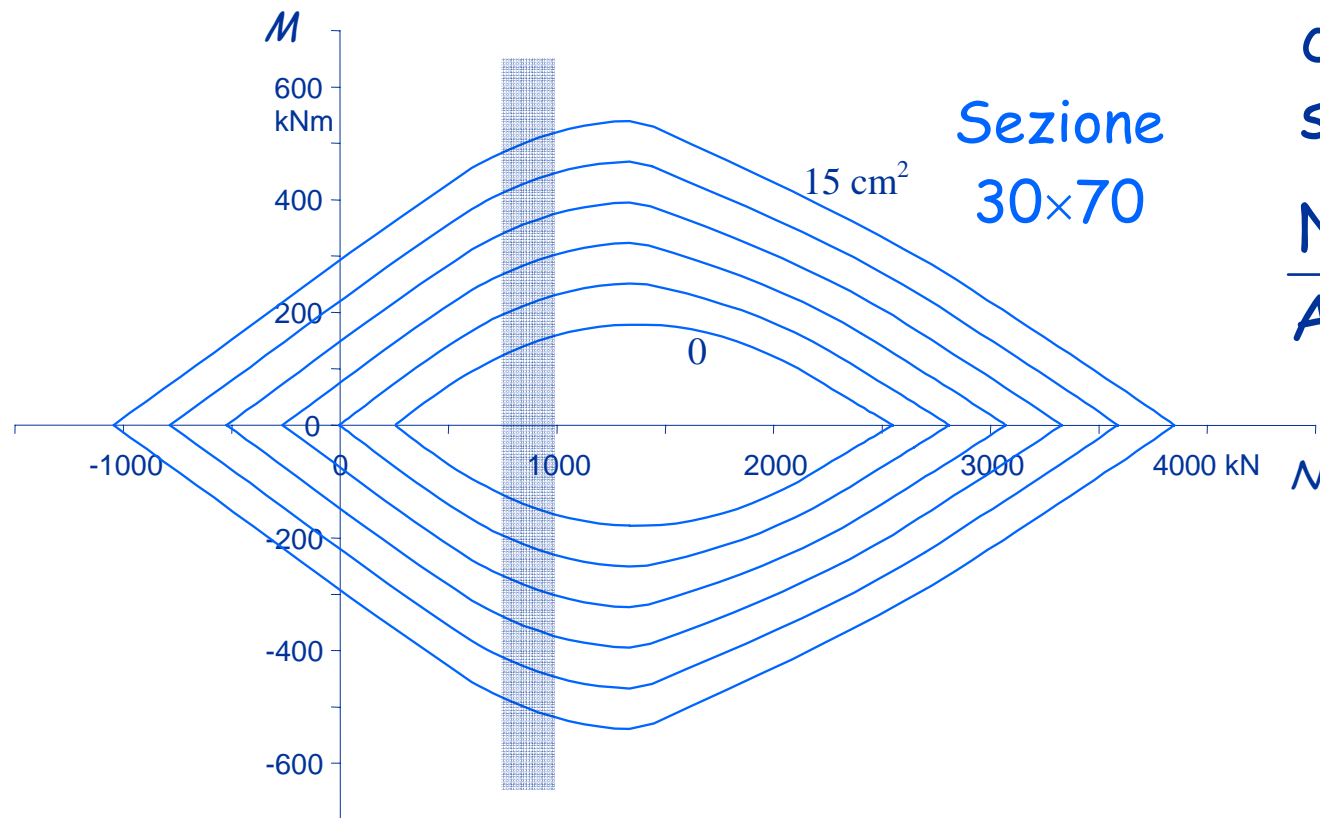
Sezione
30×70

Il massimo
momento
flettente può
essere portato
quando:

$$\frac{N}{A_c} \cong 0.5 f_{cd}$$

Non dimenticare che
 $N_{\text{solo } q} \cong 1.5 N_{q+\text{sisma}}$

Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri



È opportuno
che nella
sezione sia:

$$\frac{N}{A_c} \leq 0.3 \div 0.4 f_{cd}$$

Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri

Consigli:

1. Dimensionare la sezione del primo ordine
in modo che la tensione media N/A_c non superi:

 in presenza di sisma

$0.3-0.4 f_{cd}$ se si prevedono momenti flettenti
non troppo elevati (zona 2, suolo B
C E, q non troppo basso)

meno di $0.3 f_{cd}$ se si prevedono momenti flettenti
più elevati

Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri

Consigli:

2. Usare per i diversi pilastri del primo ordine un numero basso di tipi di sezione (max 2 o 3) ed evitare eccessive differenze di momento d'inerzia

Quindi cercare di mantenere - più o meno - la stessa altezza delle sezioni e variare la base

Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri

Consigli:

3. Ridurre gradualmente la sezione andando verso l'alto

Limitare le variazioni di sezione, che sono sempre possibile causa di errori costruttivi

Evitare forti riduzioni di tutti i pilastri ad uno stesso piano

Mantenere una dimensione adeguata, non troppo piccola, anche ai piani superiori

Controllo qualitativo delle dimensioni

- Pilastri: tutti 30x70 (a tutti i piani)
 - sforzo normale al piede che va da 380 kN a 1050 kN
 - tensione media pari al massimo a circa $0.35 f_{cd}$
 - è usata un'unica sezione



va bene

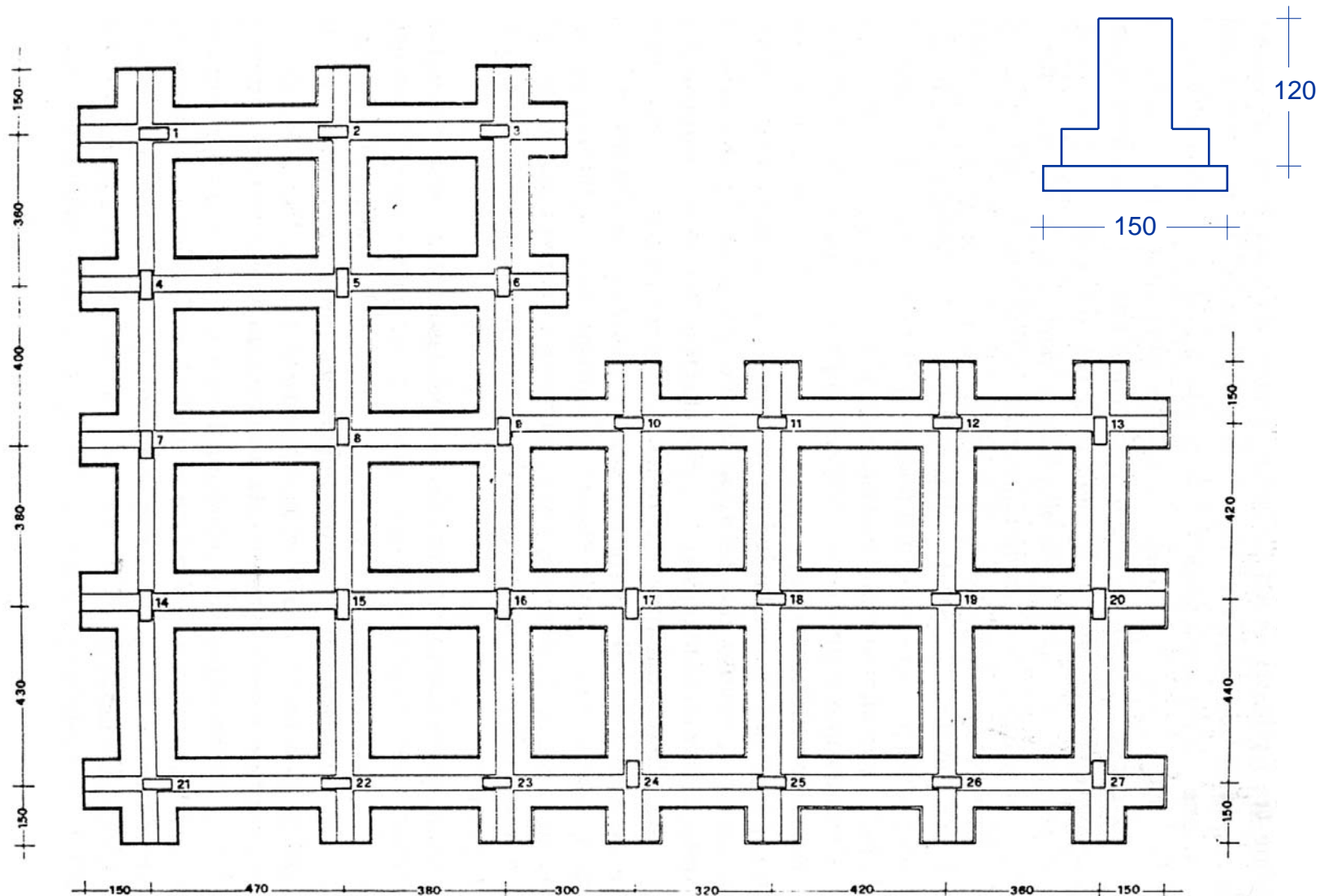
Controllo qualitativo delle dimensioni

- Travi emergenti:
30x60 ai quattro impalcati inferiori
30x50 al quinto impalcato
 - le travi sono poco più piccole dei pilastri
 - variazione minima tra i diversi piani



la sezione andrebbe controllata
ma a occhio sembra poter andare bene

Pianta delle fondazioni



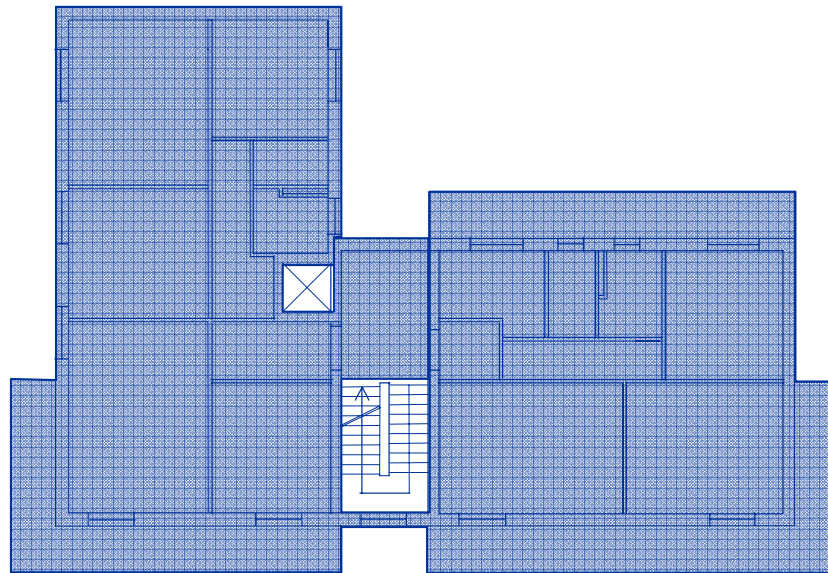
Giudizio qualitativo

- La struttura sembra sostanzialmente regolare
 - luci modeste e non molto diverse tra loro
 - pianta e carpenteria sostanzialmente uguali a tutti i piani
 - sezioni accettabili
 - rigidezza uniforme nelle due direzioni
 - pilastri perimetrali che danno una buona rigidezza torsionale
 - forse è debole il lato destro

Giudizio qualitativo

... segue

- La fondazione appare adeguata
 - buona rigidezza
 - buon collegamento tra i pilastri
- L'impalcato è compatto (anche togliendo scala e ascensore)



Altro caso

edificio con tutte travi a spessore

