

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

NTC 08, punto 7.2.2

**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

NTC 08, punto 7.2.2

## 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?)

NTC 08, punto 7.2.2

## 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.

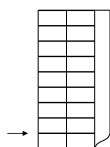
Compito dei diversi elementi:

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

Ma, attenzione:

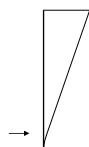
Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

## 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:

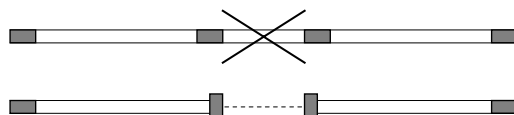
1. La carpenteria per quanto riguarda il modo in cui porta i carichi verticali
2. La carpenteria per quanto riguarda il suo comportamento nei confronti di azioni orizzontali

## 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:

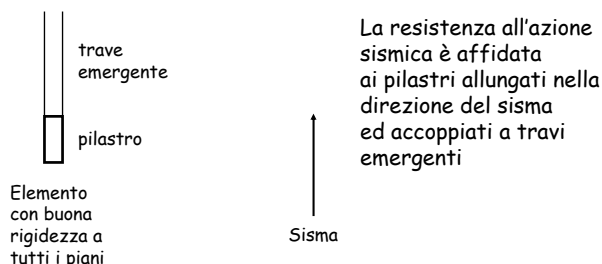
- Luci di sbalzi, solai e travi molto forti e non uniformi

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)

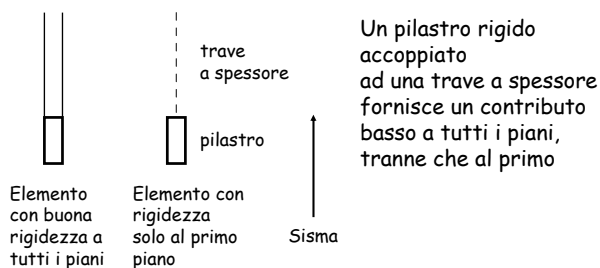
## Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



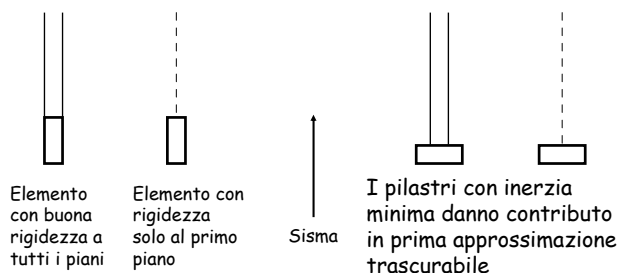
## Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



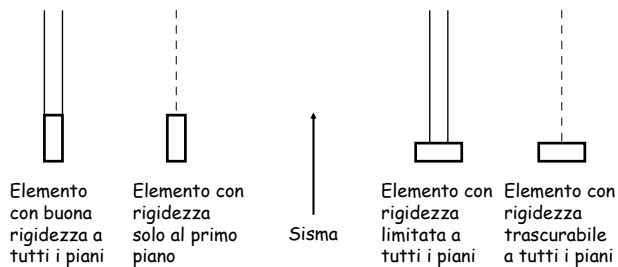
## Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



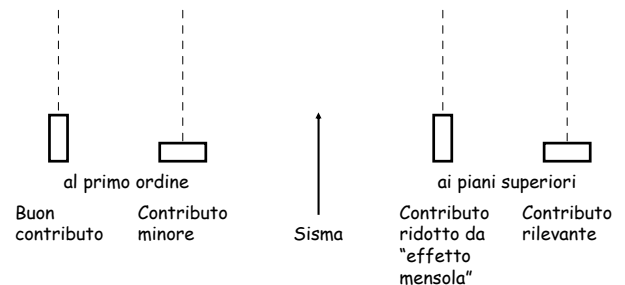
### Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



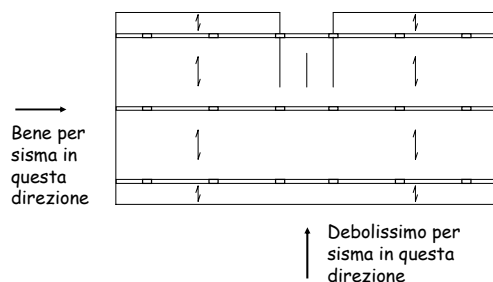
### Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



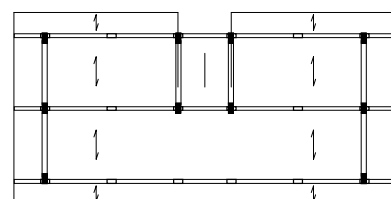
### Carpenteria: da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Carpenteria pensata per soli carichi verticali:



### Carpenteria: da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:

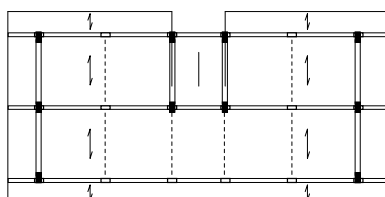


Sono stati girati un certo numero di pilastri

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

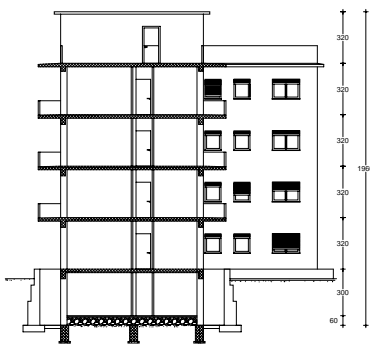
**Solai:**  
in latero-cemento, gettati in opera

**Scale:**  
a soletta rampante (tipologia "alla Giliberti")

**Fondazioni:**  
reticolo di travi rovesce

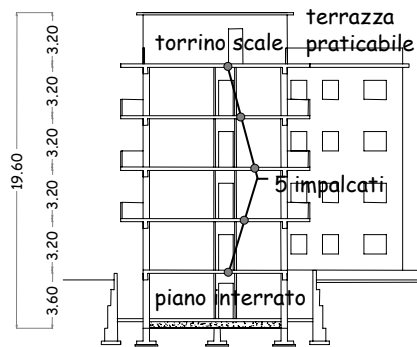
**Materiali:**  
calcestruzzo C25/30 ( $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ,  $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$ )  
acciaio B450C

## Edificio analizzato



Sezione

## Edificio analizzato

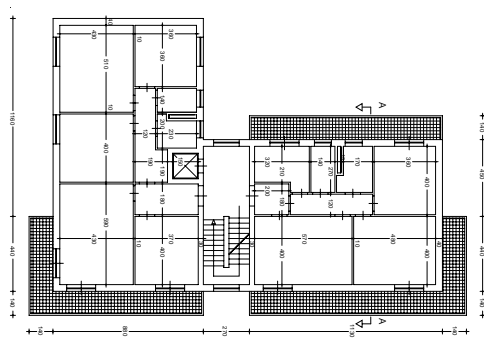


Sezione

Sismicità media  
= zona 2

Terreno  
costituito da  
sabbie e ghiaie  
mediamente  
addensate

## Piano tipo

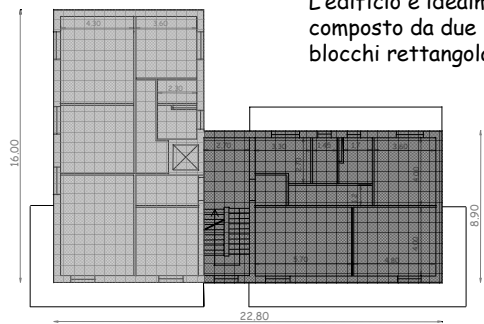


## Piano tipo



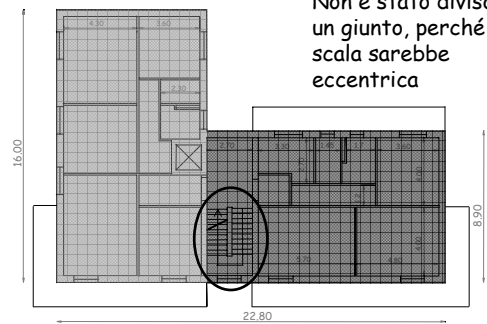
Il piano terra è simile,  
ma senza balconi

### Piano tipo



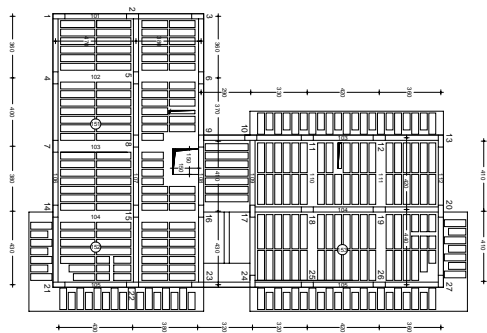
L'edificio è idealmente composto da due blocchi rettangolari

### Piano tipo

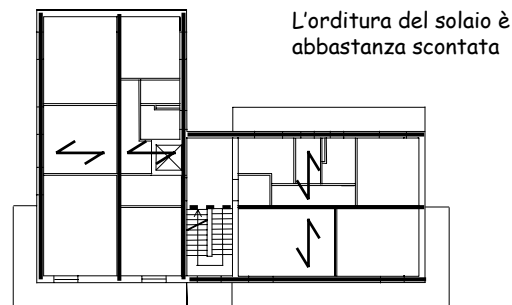


Non è stato diviso con un giunto, perché la scala sarebbe eccentrica

### Carpenteria del piano tipo

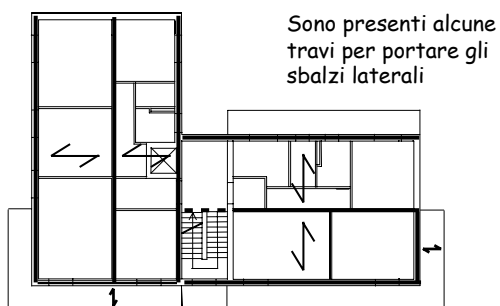


### Esame della carpenteria per quanto riguarda i carichi verticali



L'orditura del solaio è abbastanza scontata

### 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



Il pilastri sono stati orientati in modo da ottenere una configurazione bilanciata

Il lato destro è meno rigido?

### 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 m<sup>2</sup> di solaio

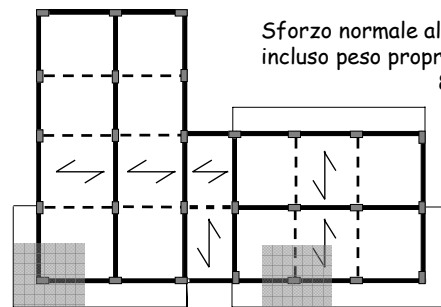
Carico al piano: 150 kN  
Sforzo normale al piede,  
incluso peso proprio:  
830 kN



#### Nell'esempio

Pilastro laterale con sbalzo  
pilastro d'angolo con sbalzi  
Più o meno lo stesso

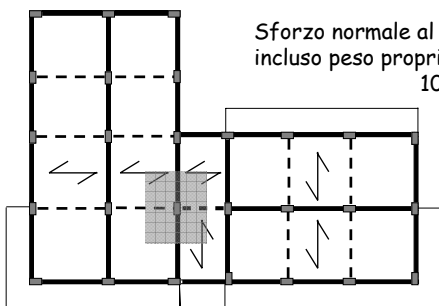
Sforzo normale al piede,  
incluso peso proprio:  
830 kN



#### 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

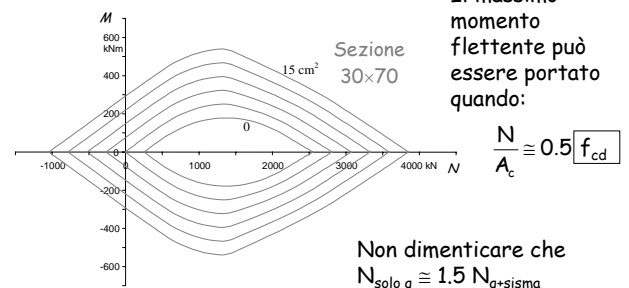
Tipo di pilastro	$N_{Ed}$ (SLU con F)	$N_{Ed} / A_c$
Pilastri più caricati (20)	830 - 1050 kN	4.0 - 5.0 MPa
Pilastri perimetrali senza sbalzo (5)	600 kN	2.9 MPa
Pilastri d'angolo senza sbalzo (2)	380 kN	1.8 MPa

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

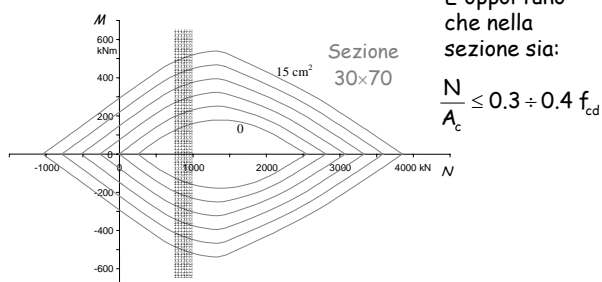
## Controllo qualitativo delle dimensioni

- Pilastri: tutti 30x70 (a tutti i piani)
  - sforzo normale al piede che va 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



## Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri



## Possibili criteri per le dimensioni dei pilastri

### Consigli:

- 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

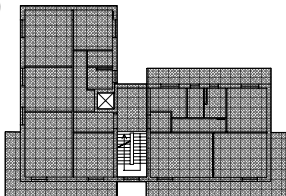




## Giudizio qualitativo

... 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

