

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

Palermo
30 settembre 2011

1 - Esame visivo della struttura

Aurelio Ghersi

**Esame visivo della carpenteria
e giudizio qualitativo**

Carpenteria e fondazione

- Esaminare l'orditura dei solai, la posizione e la sezione delle travi, la posizione, la sezione e l'orientamento dei 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 ...

... ma i problemi legati alla regolarità sono tanti

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

**Regolarità:
problemi e definizione di regolarità**

Ad esempio:

- Un comportamento fortemente rotazionale provoca:
 - Contributo di più modi di oscillazione e questo rende necessario usare l'analisi modale
 - Maggiori sollecitazioni negli elementi periferici e questo può portare a riduzione di q
- Oltre che, in generale, ad un comportamento peggiore ed a maggiori costi di realizzazione



Per questo è importante la regolarità in pianta

**Regolarità:
problemi e definizione di regolarità**

Ad esempio:

- Un impalcato molto deformabile provoca:
 - Maggiori complicazioni nel calcolo perché occorre modellare l'impalcato come deformabile
 - Difficoltà nell'analizzare i risultati dell'analisi modale
- Oltre che, in generale, ad un comportamento peggiore ed a maggiori costi di realizzazione



Per questo è importante che l'impalcato sia rigido

Regolarità: problemi e definizione di regolarità

Ad esempio:

- Un comportamento fortemente diverso da piano a piano provoca:
 - Maggiori sollecitazioni in alcuni elementi e questo può portare a riduzione di q
 - Rischio, al limite, di piano soffice
- Oltre che, in generale, ad un comportamento peggiore ed a maggiori costi di realizzazione



Per questo è importante la regolarità in altezza

Obiettivi generali

La struttura dovrebbe essere il più regolare possibile

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

... ma i problemi legati alla regolarità sono tanti

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

La normativa fornisce indicazioni, che però non sempre sono significative

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 rigidità 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 rigidità 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

Indipendentemente dalle indicazioni di normativa (o dimenticandole proprio) è opportuno

- Esaminare visivamente la struttura a priori, prima del calcolo, ed esprimere "a occhio" un giudizio sulla regolarità, pensando ai diversi aspetti per cui essa condiziona comportamento della struttura e calcolo
- Effettuare a posteriori, dopo aver effettuato il calcolo e la disposizione delle armature, un controllo - anche numerico - per rafforzare o modificare il giudizio iniziale

Obiettivi generali

La struttura dovrebbe essere il più regolare possibile

- Esaminare se è stata divisa in blocchi staticamente separati da giunti
- Esaminare se vi sono impalcati sfalsati
- 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 rigidità

Anche la soletta rampante può dare problemi

Disposizione degli elementi strutturali in edifici con pareti o nuclei in c.a.

Compito dei diversi elementi:

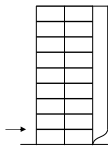
- Le pareti portano l'azione sismica
- Pilastri e travi portano i carichi verticali

Impostazione separata, più semplice

Ma, attenzione:

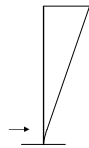
Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

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

Disposizione degli elementi strutturali in 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)

Disposizione degli elementi strutturali in edifici a struttura intelaiata

Travi e pilastri portano sia carichi verticali che azioni orizzontali

Esaminare separatamente:

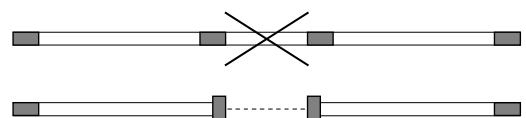
1. La carpenteria per quanto riguarda il modo in cui porta i carichi verticali
2. La carpenteria per quanto riguarda il suo comportamento nei confronti di azioni orizzontali

Disposizione degli elementi strutturali in 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



Disposizione degli elementi strutturali in edifici a struttura intelaiata

Stare attenti a:

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

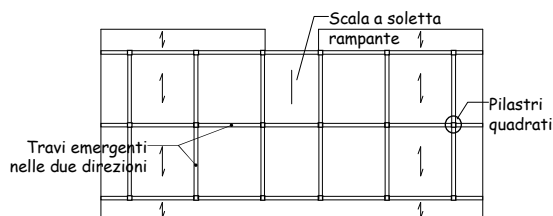
In particolare, sono da evitare campate di trave troppo corte, che provocherebbero concentrazione di sollecitazioni

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

Disposizione degli elementi strutturali in edifici a struttura intelaiata

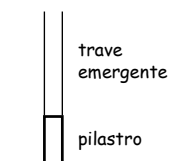
Per sopportare bene le azioni orizzontali:

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

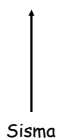


Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



Elemento con buona rigidità a tutti i piani



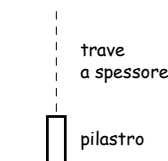
La resistenza all'azione sismica è affidata ai pilastri allungati nella direzione del sisma ed accoppiati a travi emergenti

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

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



Elemento con buona rigidità a tutti i piani



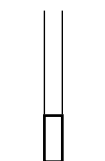
Elemento con rigidità solo al primo piano



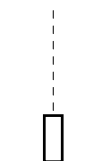
Un pilastro rigido accoppiato ad una trave a spessore fornisce un contributo basso a tutti i piani, tranne che al primo

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 rigidità a tutti i piani



Elemento con rigidità solo al primo piano



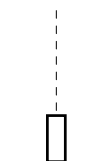
I pilastri con inerzia minima danno contributo in prima approssimazione trascurabile

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

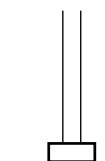
In genere sono presenti in carpenteria travi sia emergenti che a spessore e pilastri rettangolari



Elemento con buona rigidità a tutti i piani



Elemento con rigidità solo al primo piano



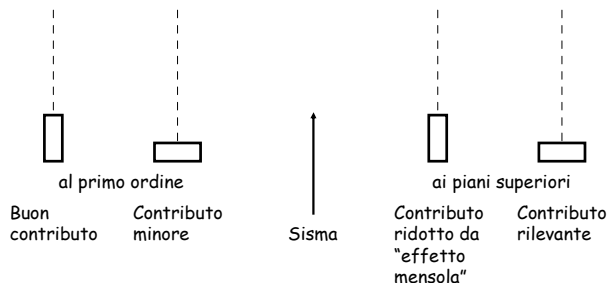
Elemento con rigidità limitata a tutti i piani



Elemento con rigidità trascurabile a tutti i piani

Individuare gli elementi che resistono alle azioni orizzontali

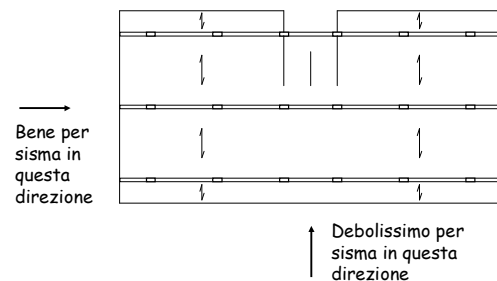
Se tutte le travi sono a spessore, il comportamento dei pilastri è un po' diverso



Carpenteria:

da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

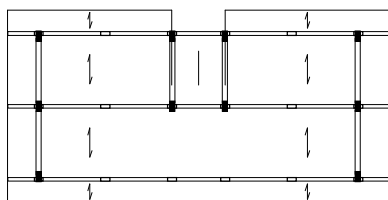
Carpenteria pensata per soli carichi verticali:



Carpenteria:

da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

Interventi, per azioni orizzontali:



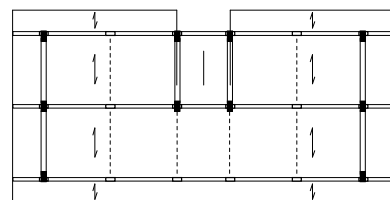
Sono stati girati un certo numero di pilastri

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 1

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

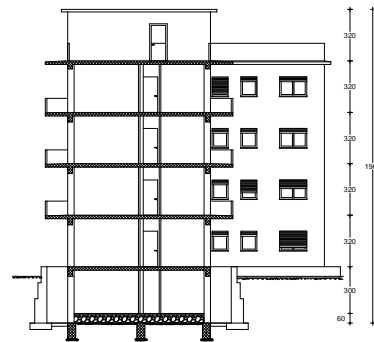
Solai:
in latero-cemento, gettati in opera

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

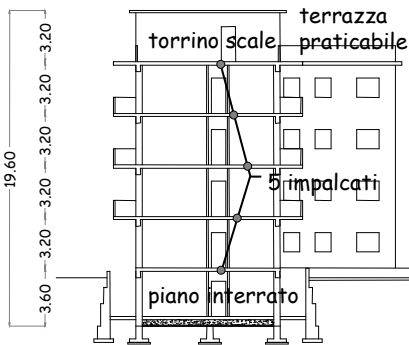


Sezione

Edificio analizzato

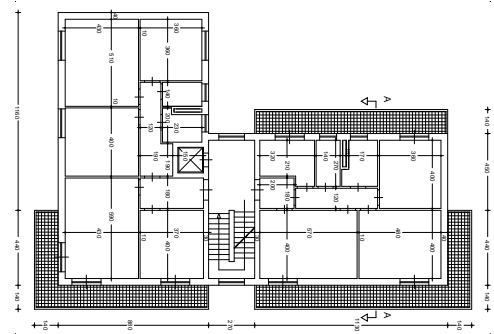
Sismicità media
= zona 2

Terreno
costituito da
sabbie e ghiaie
mediamente
addensate



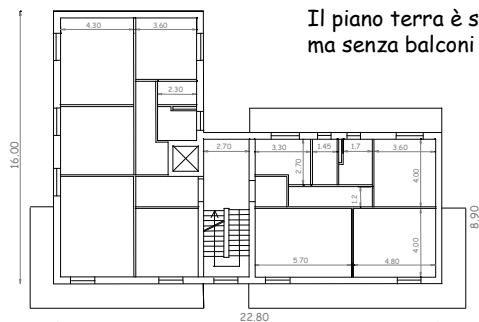
Sezione

Piano tipo



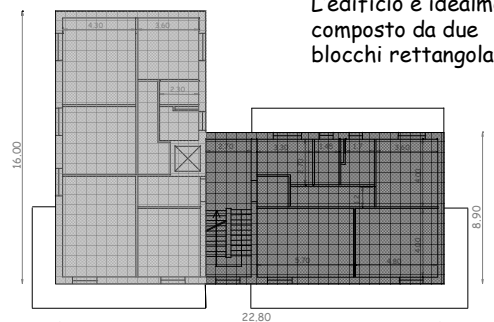
Piano tipo

Il piano terra è simile,
ma senza balconi

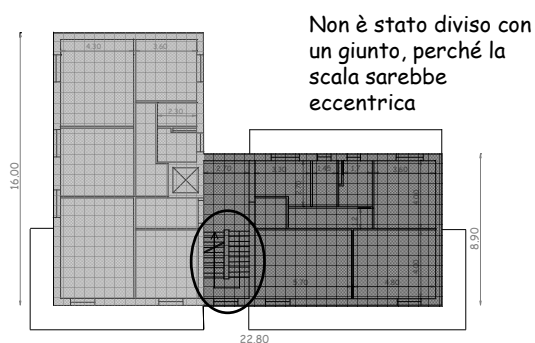


Piano tipo

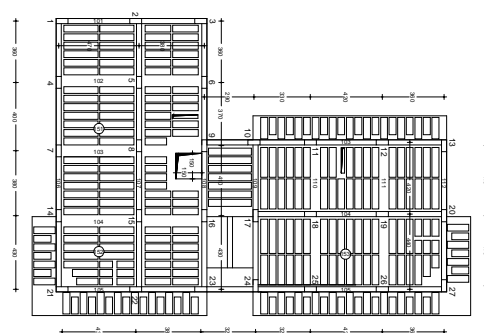
L'edificio è idealmente
composto da due
blocchi rettangolari



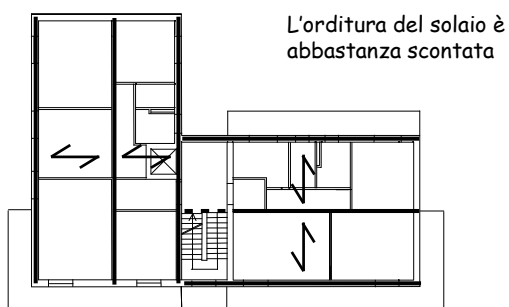
Piano tipo



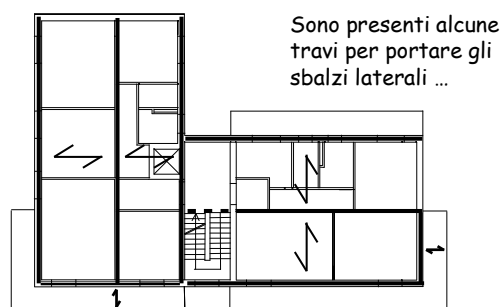
Carpenteria del piano tipo



Esame della carpenteria per quanto riguarda i carichi verticali



Esame della carpenteria per quanto riguarda i carichi verticali



Esame della carpenteria per quanto riguarda le azioni orizzontali



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
 - Sarebbe necessario uno spessore di almeno 28 cm

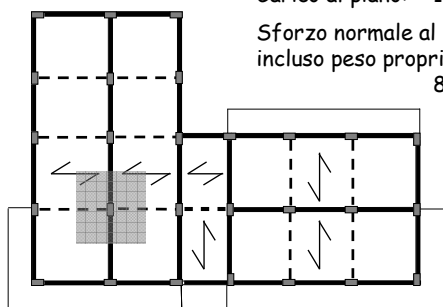
Controllo qualitativo delle dimensioni

- È opportuno che i pilastri lavorino ad una tensione media non eccessiva
- 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

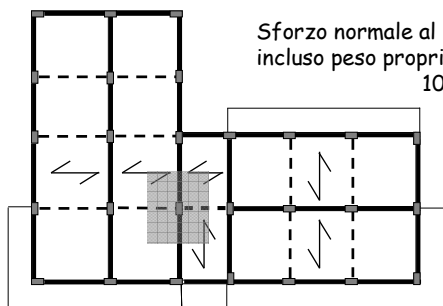
Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
830 kN



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

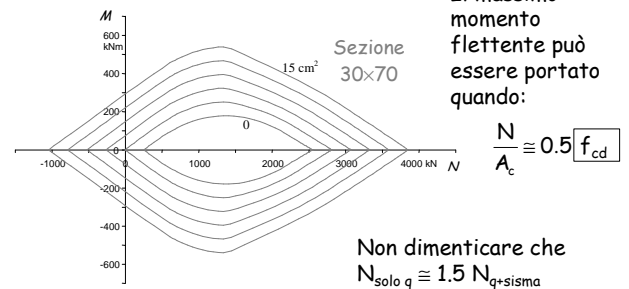
Tipo di pilastro	N_{Ed} (SLU con F)	N_{Ed} / A_c
Pilastri più caricati (20)	830 - 1050 kN	4.0 - 5.0 MPa
Pilastri perimetrali senza sbalzo (5)	600 kN	2.9 MPa
Pilastri d'angolo senza sbalzo (2)	380 kN	1.8 MPa

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

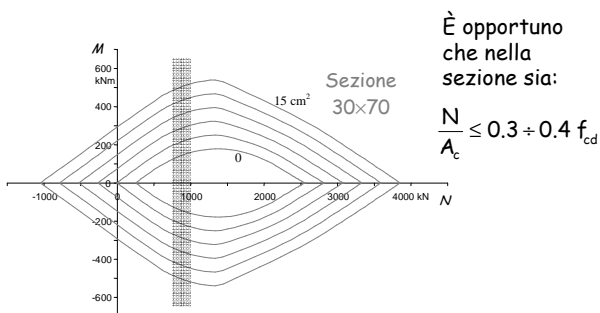
Controllo qualitativo delle dimensioni

- È opportuno che i pilastri lavorino ad una tensione media non eccessiva
- 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 giudicare le dimensioni dei pilastri

Tensione media in condizioni sismiche:

È bene che la sezione del primo ordine
abbia una tensione media N/A_c non superiore a:

$0.3 - 0.4 f_{cd}$ in presenza di sisma

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

Tipologie delle sezioni dei pilastri:

È bene che i pilastri del primo ordine abbiano un numero basso di tipi di sezione (max 2 o 3) e che non vi siano 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

Tipologie delle sezioni dei pilastri:

È bene che la sezione dei pilastri si mantenga costante o si riduca gradualmente 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

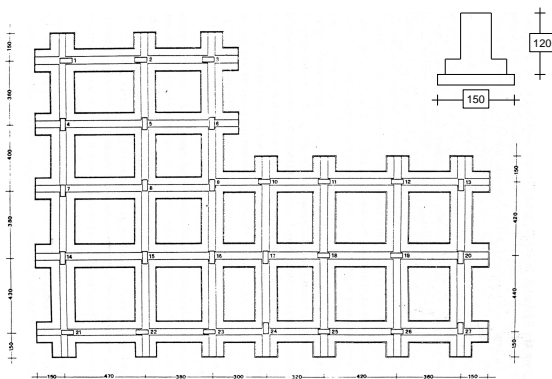
Controllo qualitativo delle dimensioni

- 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



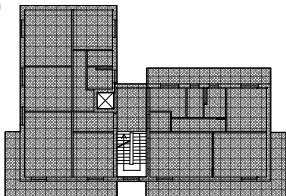
Giudizio qualitativo

- La struttura sembra sostanzialmente regolare
 - luci modeste e non molto diverse tra loro
 - pianta e carpenteria sostanzialmente uguali a tutti i piani
 - sezioni accettabili
 - rigidità uniforme nelle due direzioni
 - pilastri perimetrali che danno una buona rigidità 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)



Esempio 2

Vista 3D

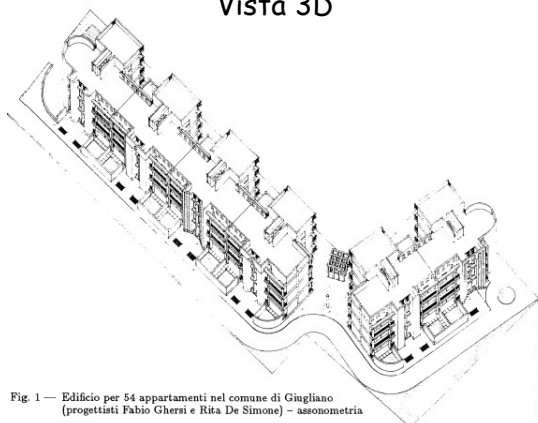
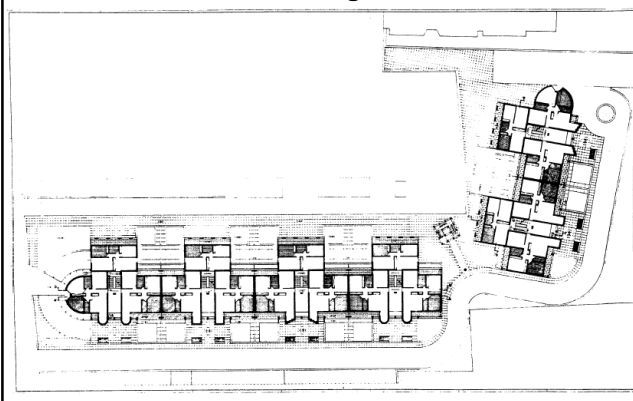
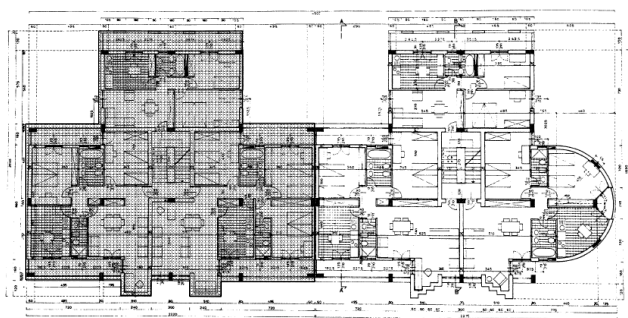


Fig. 1 — Edificio per 54 appartamenti nel comune di Giugliano (progettisti Fabio Gheri e Rita De Simone) — assonometria

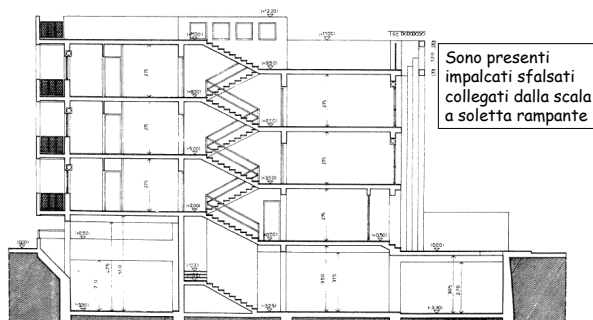
Planimetria generale



Pianta (2 corpi di fabbrica)

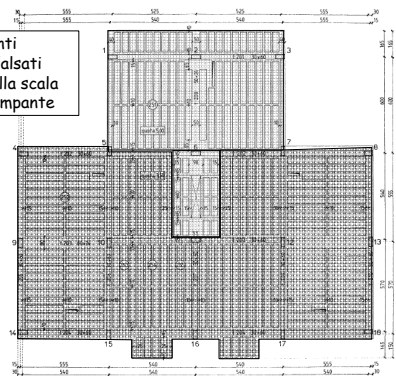


Sezione



Carpenteria

Sono presenti
impalcati sfalsati
collegati dalla scala
a soletta rampante



Travi e pilastri

La struttura ha un
asse di simmetria

... ma forse ci sono
troppi pilastri rigidi
in direzione x nella
parte superiore

Occorre
controllare
attentamente il
comportamento
degli impalcati
sfalsati

... e capire bene
l'influenza della
scala

