

Università di Catania  
Corso di laurea in ingegneria civile strutturale e geotecnica

## **Costruzioni in zona sismica**

Modellazione della struttura (2<sup>a</sup> parte)

20-22 novembre 2012

Aurelio Ghersi

# Modellazione della struttura

“In generale il modello della struttura sarà costituito da elementi resistenti piani a telaio o a parete, connessi da diaframmi orizzontali.

Se i diaframmi orizzontali sono in grado di raccogliere le forze d'inerzia e trasmetterle ai sistemi resistenti verticali (telai, pareti e nuclei) comportandosi il più possibile come corpi rigidi nel proprio piano, i gradi di libertà dell'edificio possono essere ridotti a tre per piano”

Modello di telaio spaziale con impalcati indeformabili,  
o di insieme spaziale di telai piani

# Evoluzione del modello di telaio

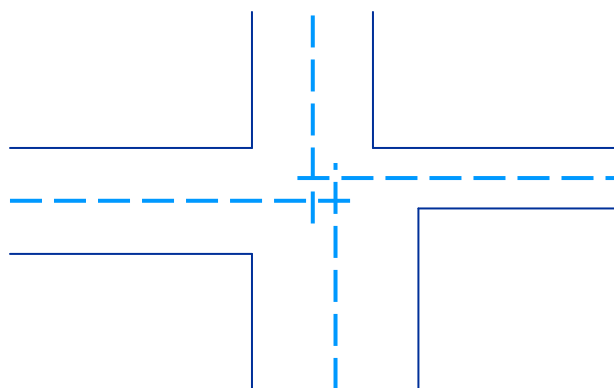
Evoluzione legata allo sviluppo dei mezzi di calcolo:

- Singoli telai piani, con ripartizione delle forze orizzontali in base alla rigidezza dei telai
- Insieme spaziale di telai piani, collegati da impalcati planimetricamente indeformabili
- Telaio spaziale, con impalcati planimetricamente indeformabili (o con impalcati deformabili)

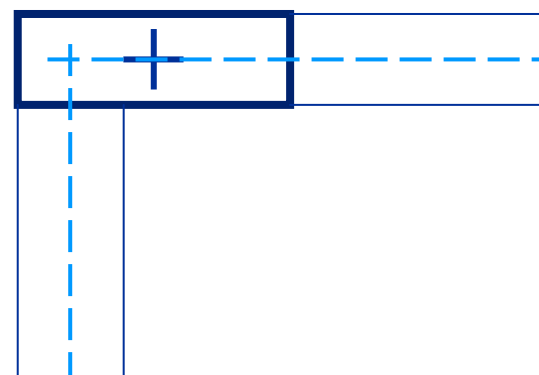
# Il modello di telaio

## Problemi:

- La presenza di aste con sezioni di dimensioni non trascurabili e diverse tra loro può inficiare il modello di telaio (piano o spaziale), che richiede che gli assi delle aste convergano in un punto (nodo)



Vista laterale



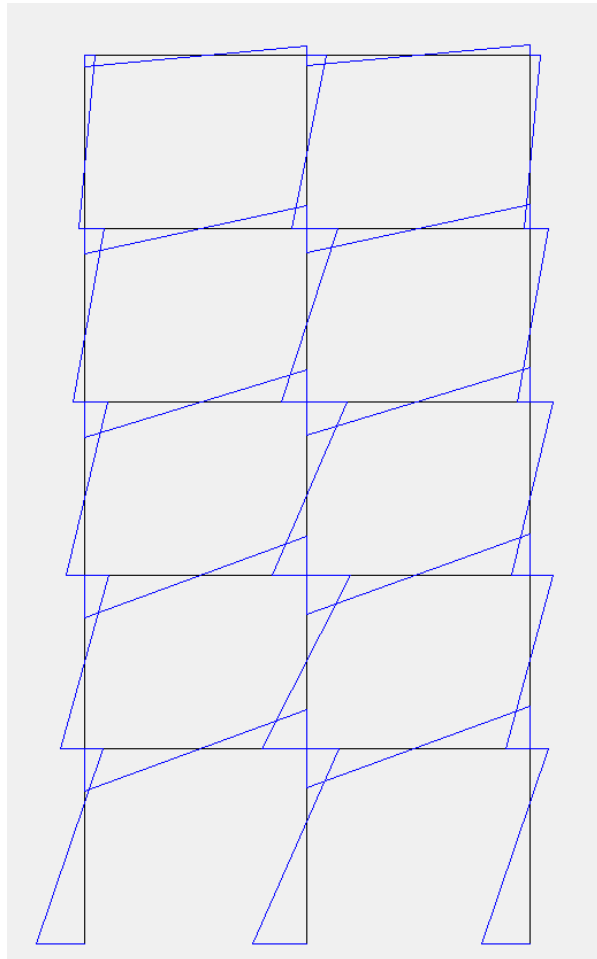
Vista in pianta

# Il modello di telaio

## Problemi:

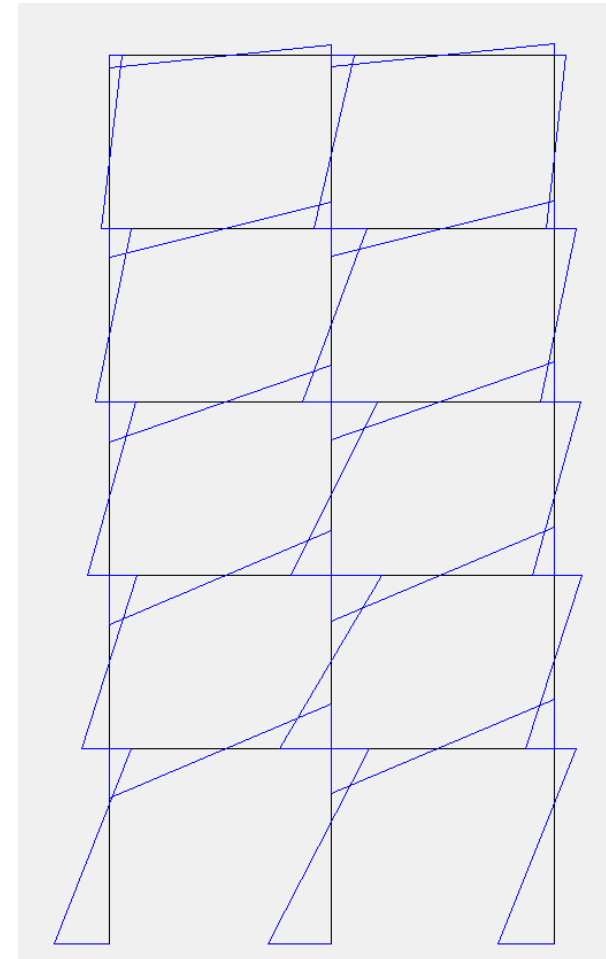
- La presenza di aste con sezioni di dimensioni non trascurabili e diverse tra loro può inficiare il modello di telaio (piano o spaziale), che richiede che gli assi delle aste convergano in un punto (nodo)  
Aggiunta di tratti rigidi o offset, che complicano il modello

# Senza tratti rigidi



analisi statica

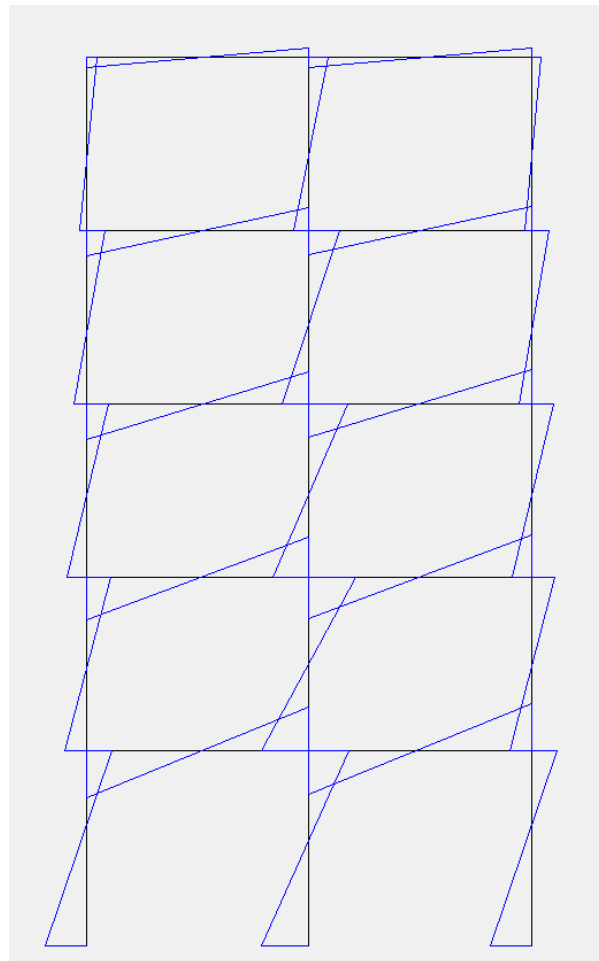
$T = 0.533 \text{ s}$



analisi modale

vedi file  
Tel\_7y

## Con tratti rigidi

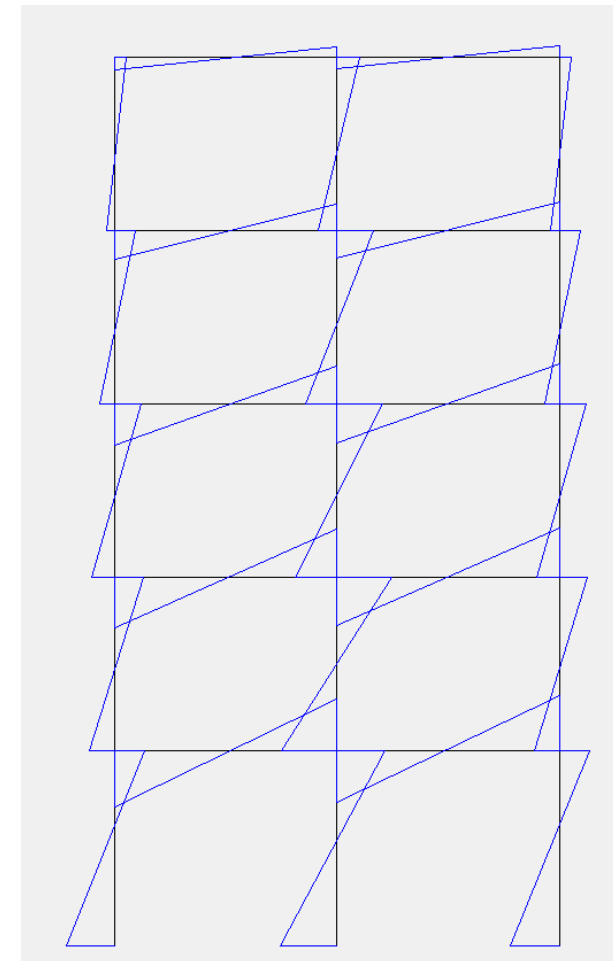


analisi statica

Cambia  
(di molto)  
il periodo

Cambia  
qualcosa dove  
c'è variazione  
dei tratti  
rigidi

$T = 0.426 \text{ s}$



analisi modale

# Il modello di telaio

## Problemi:

- La presenza di aste con sezioni di dimensioni non trascurabili e diverse tra loro può inficiare il modello di telaio (piano o spaziale), che richiede che gli assi delle aste convergano in un punto (nodo)  
Aggiunta di tratti rigidi o offset, che complicano il modello
- **Modello di insieme spaziale di telai piani**
  - La mancanza di aste verticali può inficiare il modello, che trascura la congruenza verticale dei telai ortogonali nei punti di contatto
  - La non ortogonalità di travi può inficiare il modello, che trascura la interazione flessione-torsionale tra i telai ortogonali



# L'impalcato planimetricamente indeformabile

"Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano, a condizione che siano realizzati in cemento armato, oppure in latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore"

È comunque necessario verificare  
la rigidezza e la resistenza dell'impalcato

# L'impalcato

Impalcato =

insieme di solai e travi posti ad una stessa quota (in particolare, soggetti ad azioni orizzontali); la parte resistente di questo elemento è, soprattutto, la soletta del solaio.

Impalcato rigido:

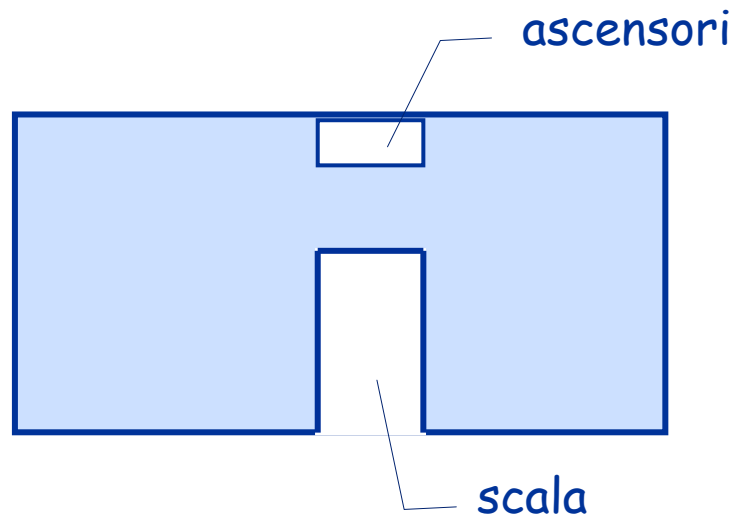
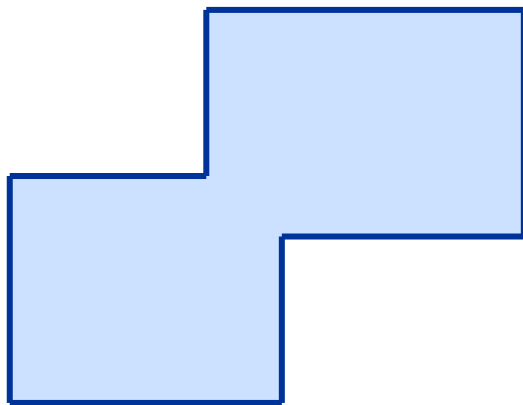
modellato come vincolo mutuo tra i nodi del telaio

Impalcato deformabile:

modellato come insieme di lastre (o più grossolanamente come diagonali), collegate ai nodi del telaio spaziale

# Irregolarità strutturali per l'impalcato

Forma poco compatta, presenza di grosse rientranze,  
grossi fori o parti mancanti nell'impalcato:  
riduce localmente la resistenza e rende possibili grosse  
deformazioni localizzate



# Irregolarità strutturali per l'impalcato

Forma poco compatta, presenza di grosse rientranze, grossi fori o parti mancanti nell'impalcato:

riduce localmente la resistenza e rende possibili grosse deformazioni localizzate

Presenza di un numero molto basso di elementi resistenti verticali (singole pareti o nuclei irrigidenti):

nascono sollecitazioni e deformazioni rilevanti per riportare l'azione sismica a tali elementi

Variazione della rigidezza degli elementi resistenti verticali (soprattutto se pareti) tra un piano e l'altro :

nel trasferire azioni rilevanti da un punto all'altro l'impalcato può essere molto sollecitato e deformarsi molto

# Modellazione della struttura modulo elastico e rigidezza

“Per rappresentare la rigidezza degli elementi strutturali ... si deve tener conto della fessurazione dei materiali fragili.

In caso non siano effettuate analisi specifiche, la rigidezza flessionale e a taglio di elementi in cemento armato può essere ridotta sino al 50% della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati, tenendo debitamente conto dell'influenza della sollecitazione assiale permanente.”

Differenza tra travi e pilastri

# Modellazione della struttura modulo elastico e rigidezza

## Riflessioni:

- Ridurre la rigidezza per tener conto delle condizioni fessurate, se fatto in misura uguale per tutti gli elementi, fa aumentare il periodo proprio (quindi spesso riduce le forze e proporzionalmente le sollecitazioni)
- Ridurre la rigidezza in maniera differenziata tra travi (di più) e pilastri (di meno) può aumentare le sollecitazioni nei pilastri

meglio lasciar perdere,  
finché non si hanno  
indicazioni più affidabili

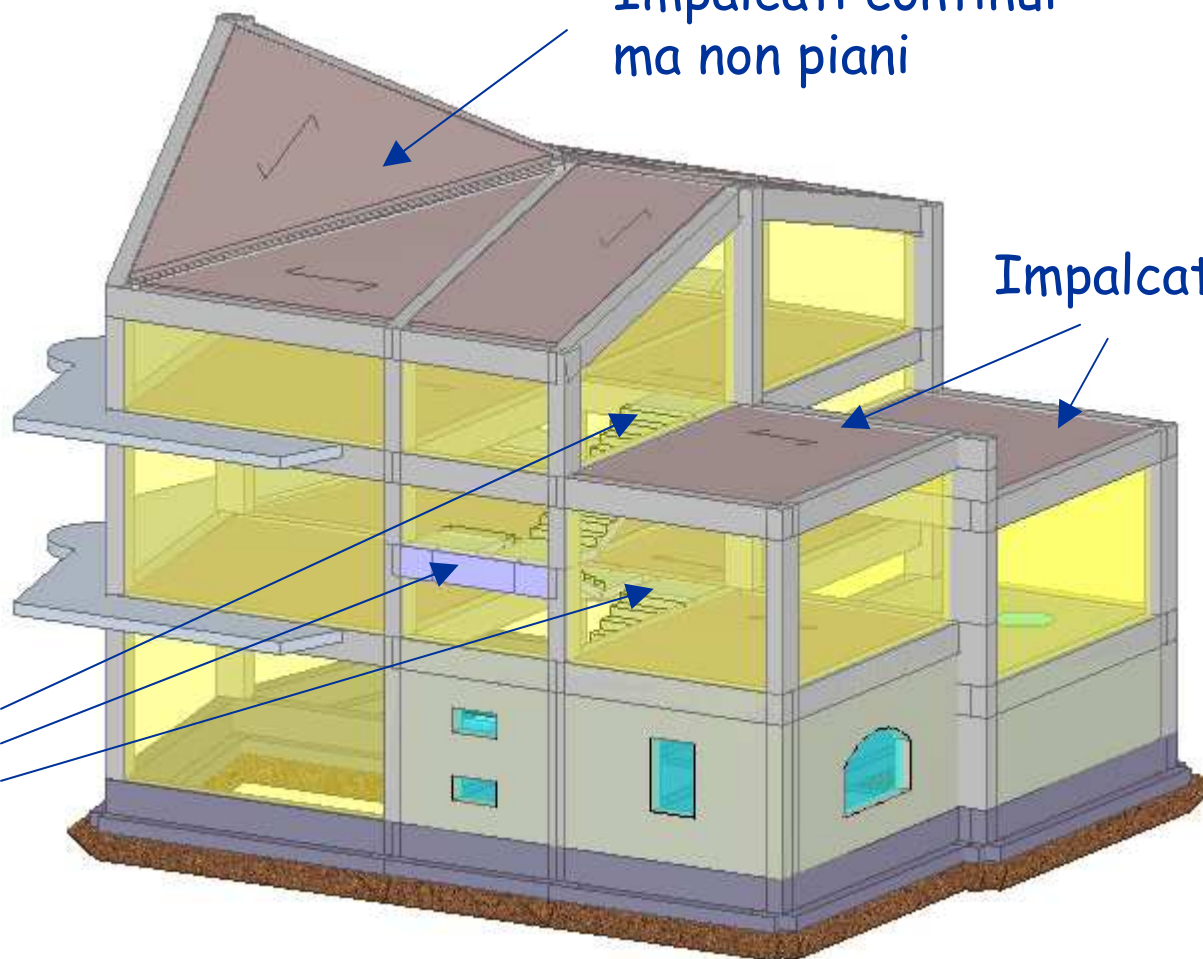
# Modellazione: qualche considerazione

Problemi:

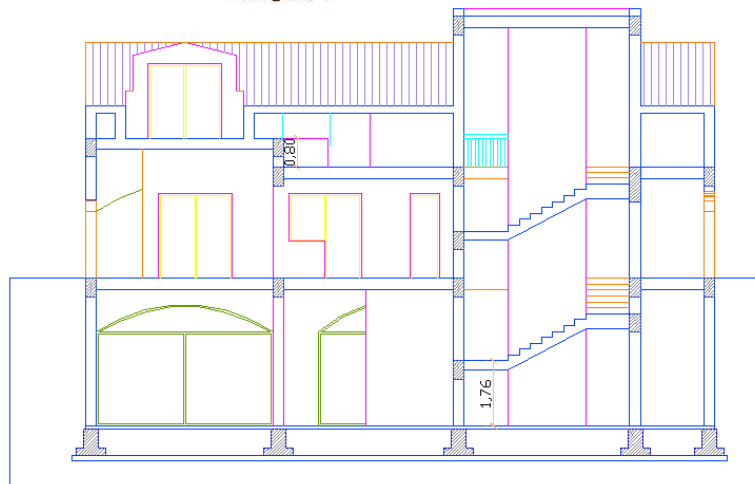
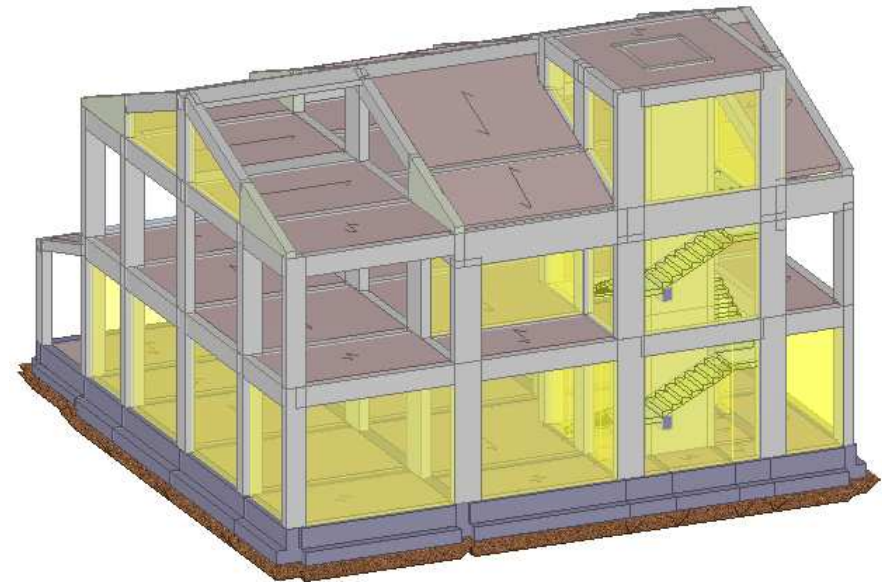
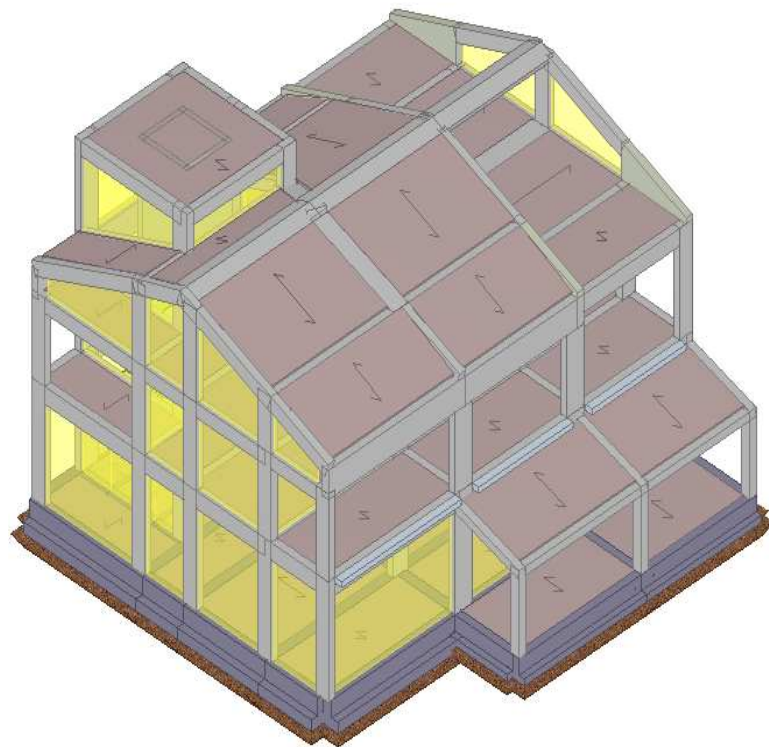
Scale, che  
creano  
collegamenti  
tra impalcati

Impalcati continui  
ma non piani

Impalcati sfalsati



# Modellazione: un esempio reale

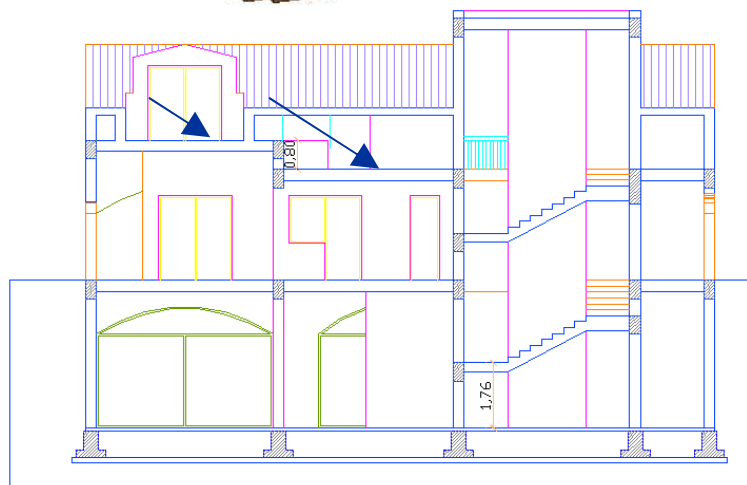
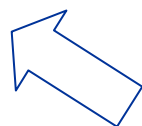
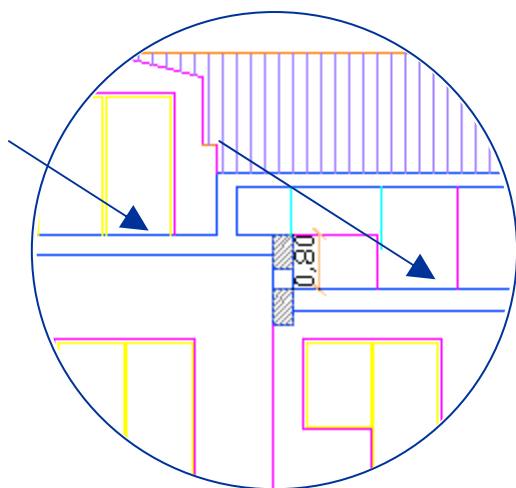
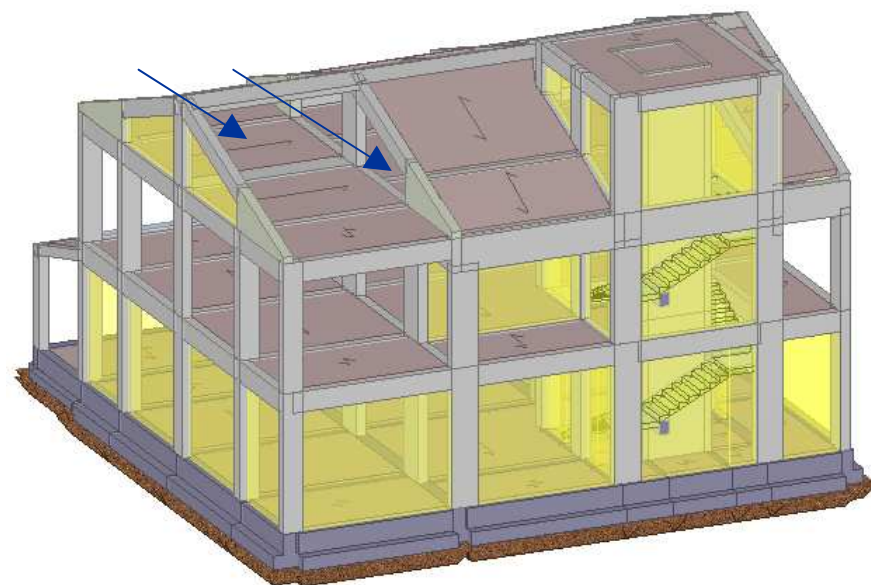


Si ringrazia  
l'ing. Alfio Gruppillo



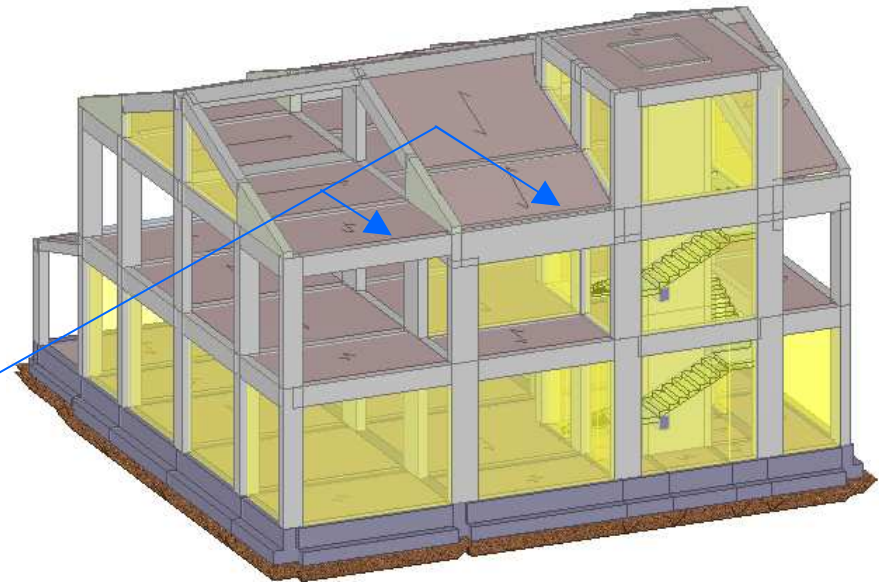
# Modellazione: un esempio reale (1)

Nel sottotetto le due  
parte di impalcato sono  
sfalsate di 80 cm

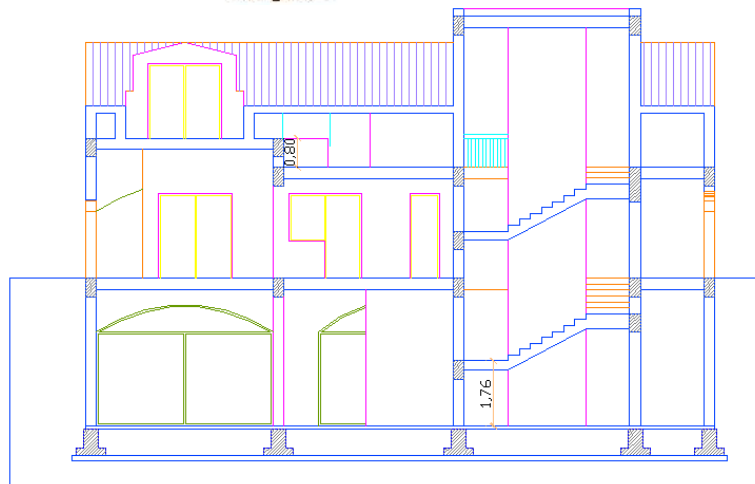


# Modellazione: un esempio reale (1)

Nel sottotetto le due  
parte di impalcato sono  
sfalsate di 80 cm

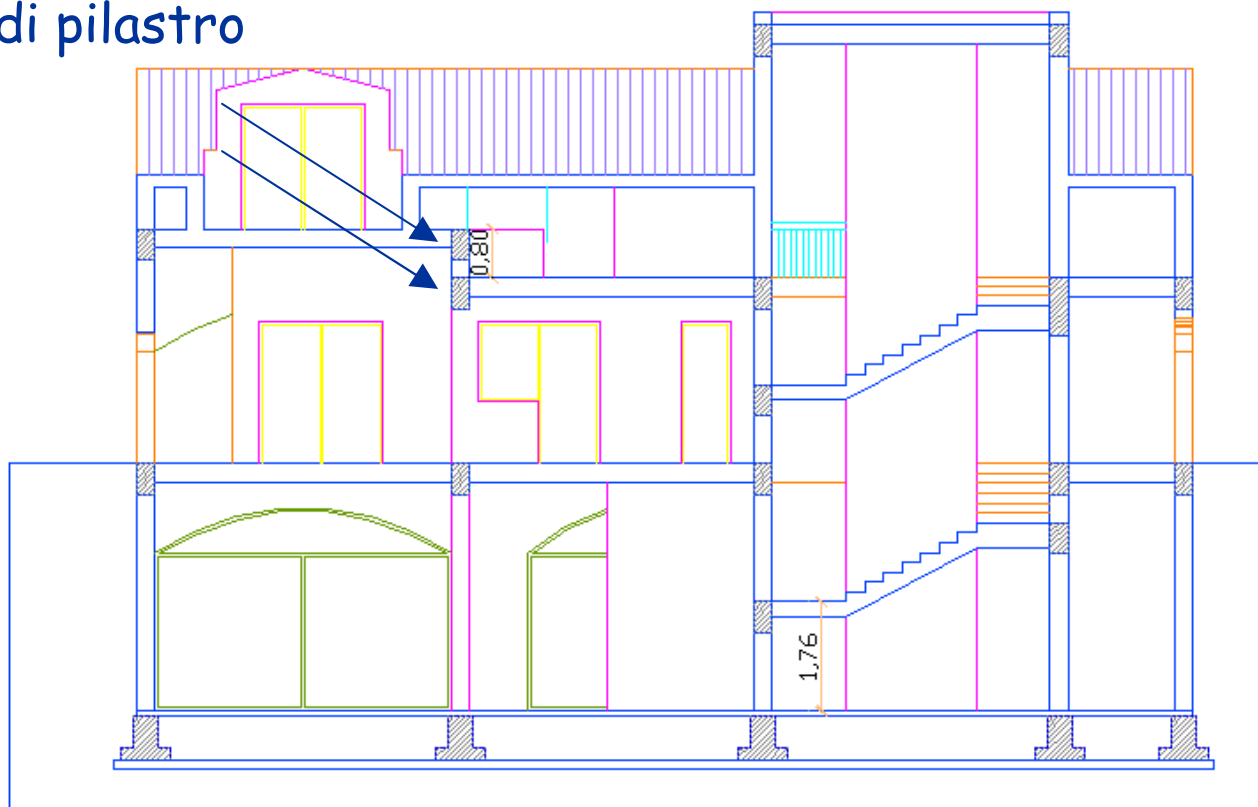


... e il tetto inclinato  
converge fino alla quota  
della parte superiore  
dell'impalcato



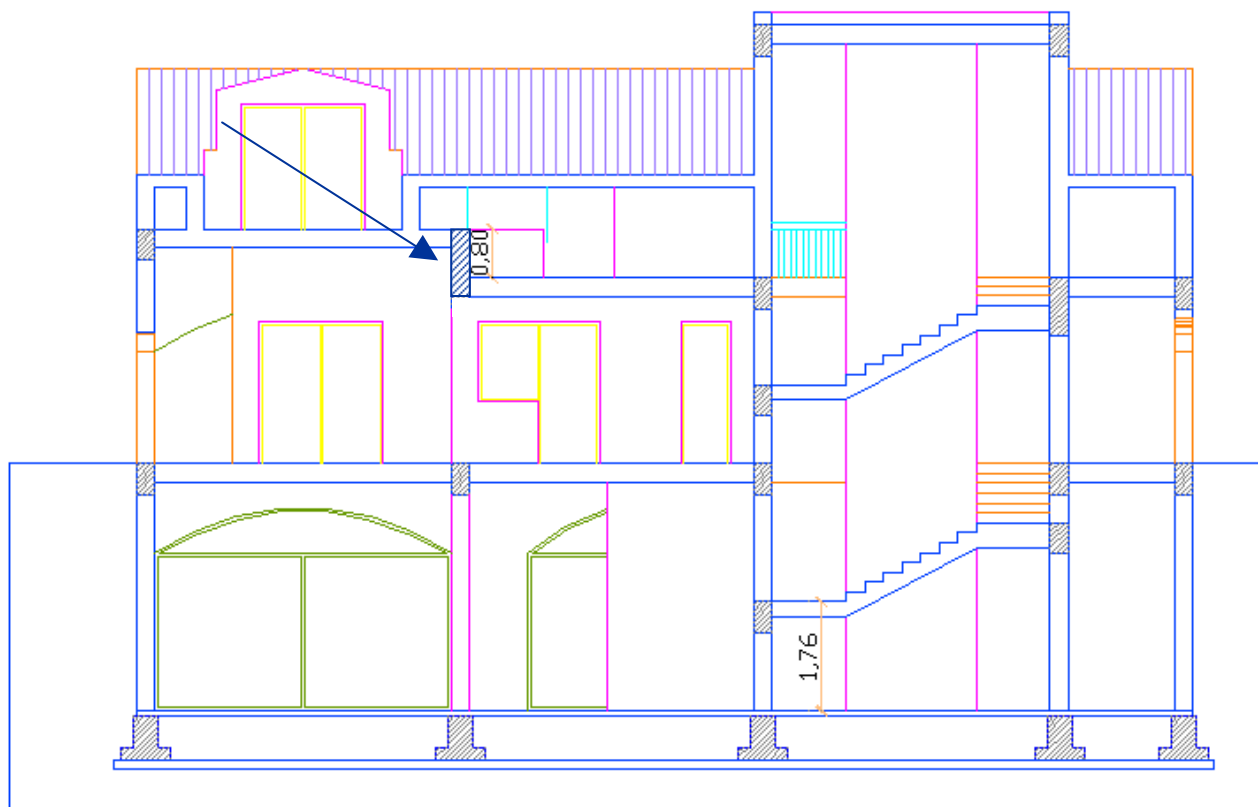
# Modellazione: un esempio reale (1)

Il progetto iniziale prevedeva due travi sfalsate, con un tratto cortissimo di pilastro

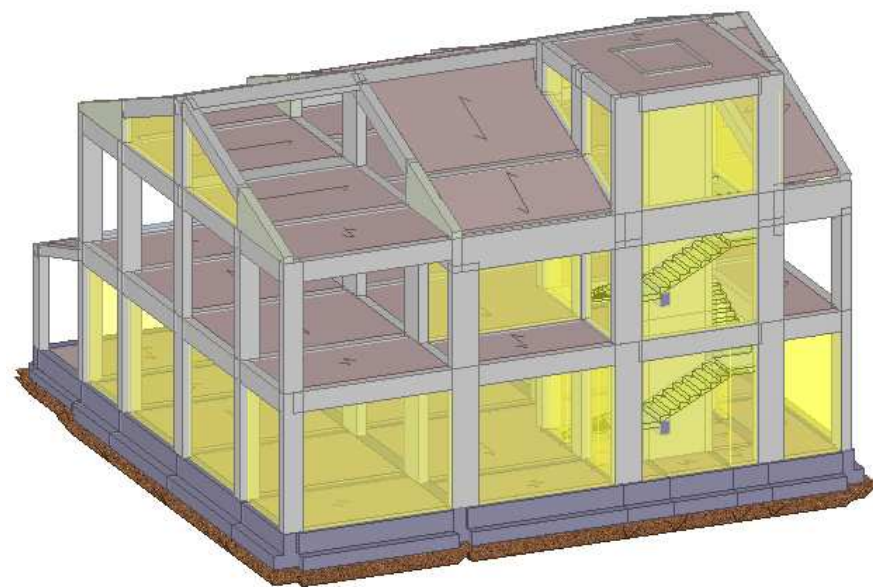
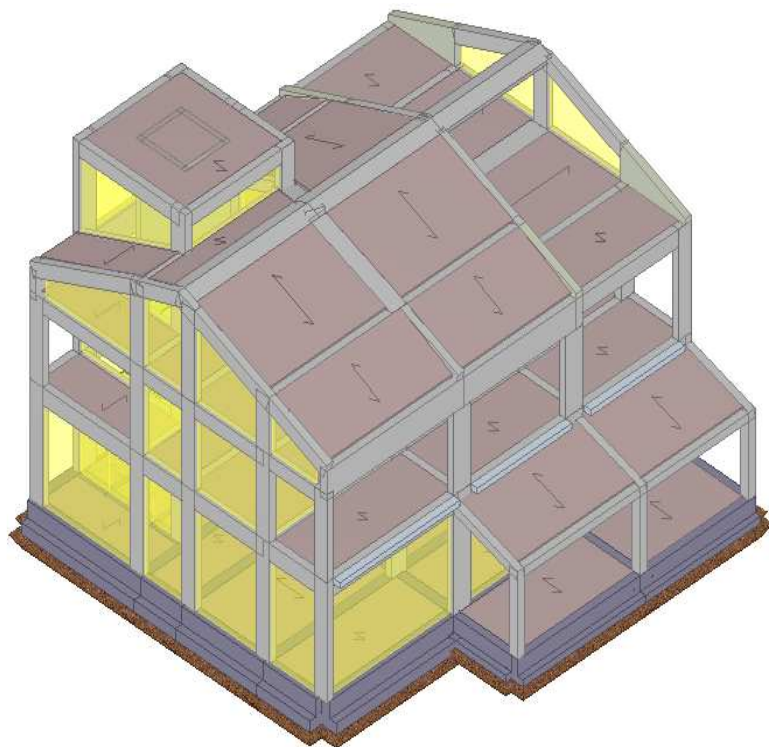


# Modellazione: un esempio reale (1)

Con una trave unica (alta 100 cm) si è potuto ipotizzare un impalcato continuo ...



# Modellazione: un esempio reale (1)



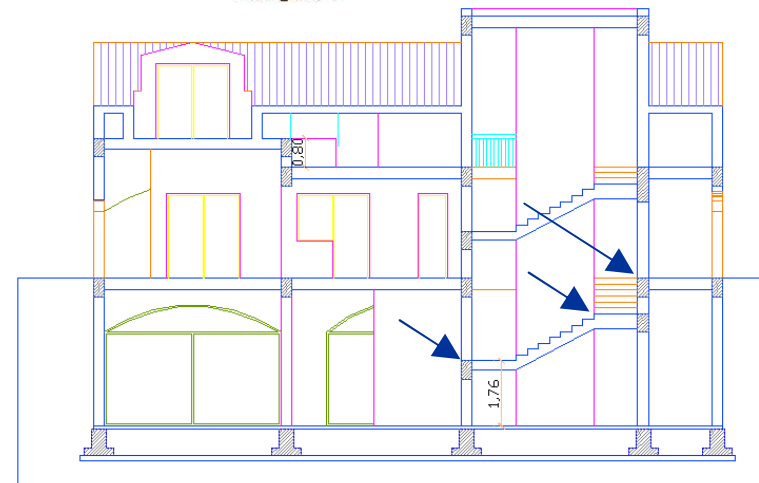
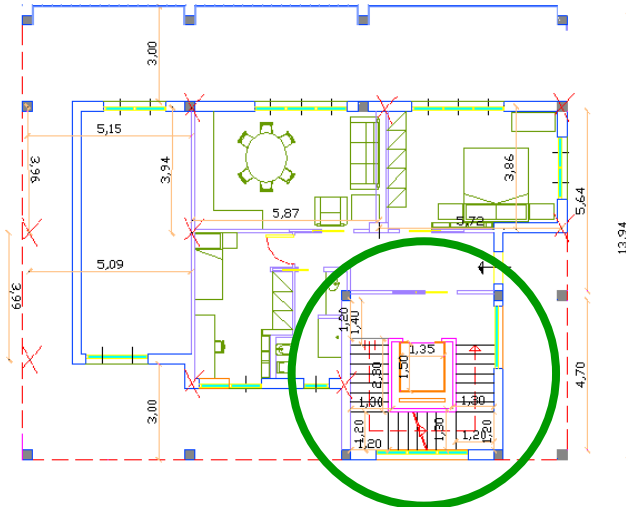
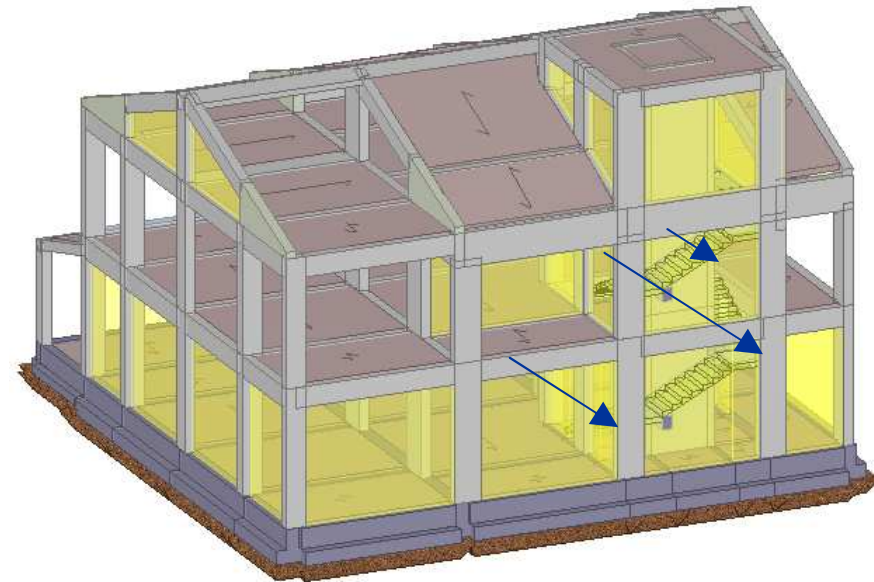
(notare che la trave alta gira su tre lati)

... e anche il tetto inclinato, poggiato su una trave così alta, diventa un tutt'uno con l'impalcato di sottotetto

## Modellazione: un esempio reale (2)

La scala costituisce un elemento di forte irregolarità

- Crea un collegamento tra quote diverse
- È in una posizione fortemente eccentrica



## Modellazione: un esempio reale (2)

## Una possibile soluzione:

- La scala come elemento indipendente, che esce a sbalzo da un nucleo (vano ascensore)
- Collegata in fondazione ma per il resto staccata dall'edificio

