

Corsi di aggiornamento

# Progettazione strutturale e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

## 3. Progetto di edifici antisismici in c.a. con struttura a telaio

16 - Modellazione della struttura  
b. altri aspetti

Spoletto

1-2 marzo 2018

Aurelio Ghersi

L'impalcato

# Modellazione della struttura

Il modello della struttura deve essere tridimensionale e rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza

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 cemento armato di almeno 40 mm di spessore

L'ipotesi di impalcato rigido è fondamentale nella modellazione della struttura

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:

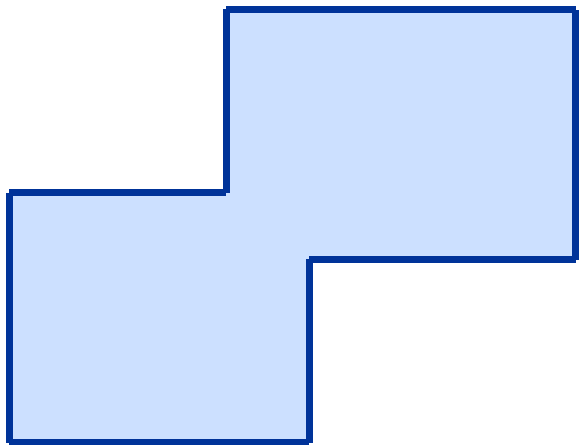
modellato come vincolo mutuo tra i nodi del telaio

Impalcato deformabile:

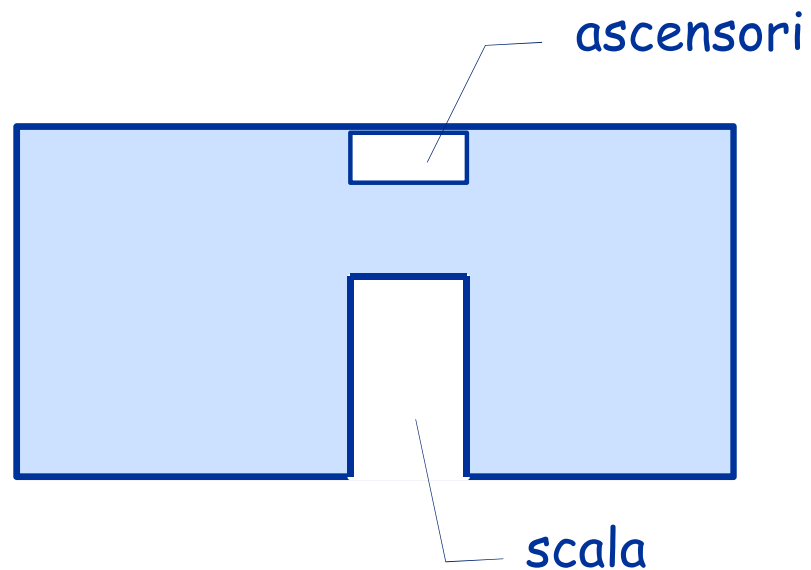
modellato come insieme di lastre (o più grossolanamente come diagonali), collegate ai nodi del telaio spaziale

# 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



qui la debolezza è evidente



in altri casi uno sguardo superficiale  
può trarre in inganno

# 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

Elementi non strutturali

# Modellazione della struttura

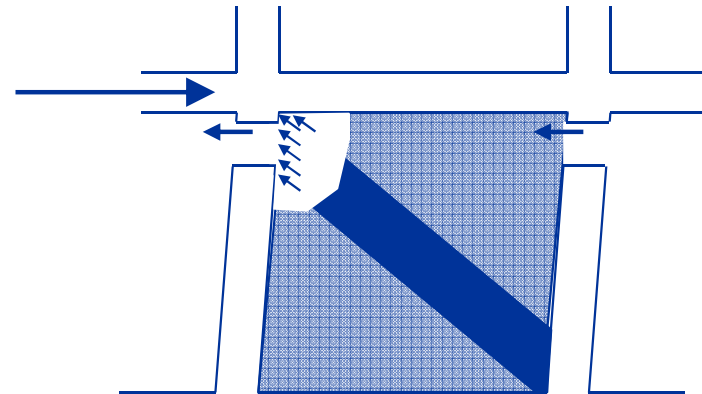
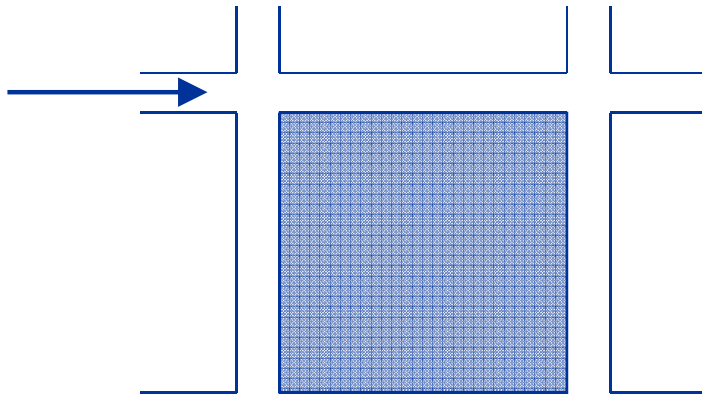
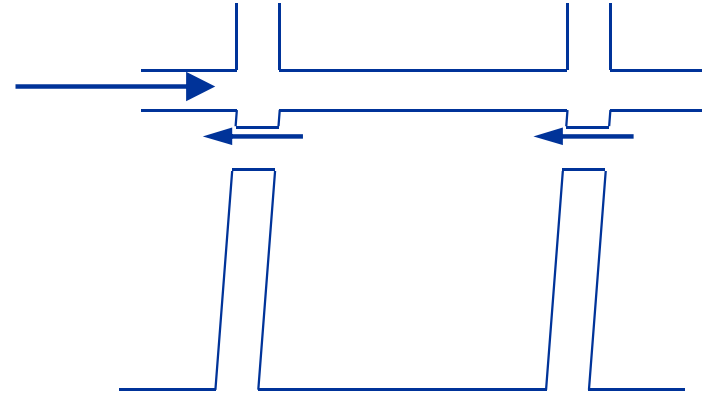
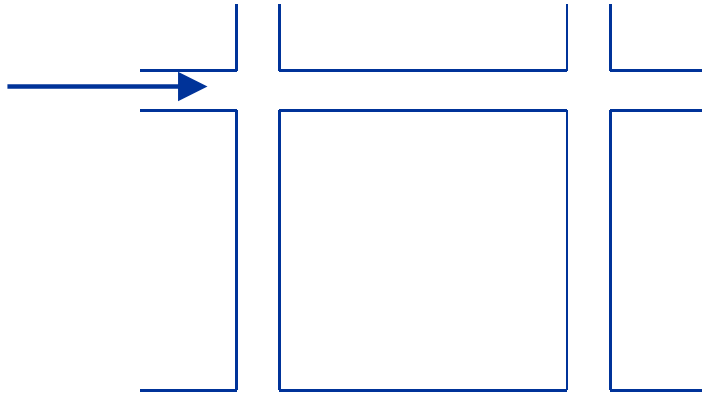
Il modello della struttura deve essere tridimensionale e rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza

Gli elementi non strutturali (quali tamponature e tramezzi) possono essere rappresentati unicamente in termini di massa, considerando il loro contributo alla rigidezza e alla resistenza del sistema strutturale solo qualora tale contributo modifichi significativamente il comportamento del modello

In quali casi il contributo degli elementi non strutturali modifica il comportamento?

# Elementi non strutturali

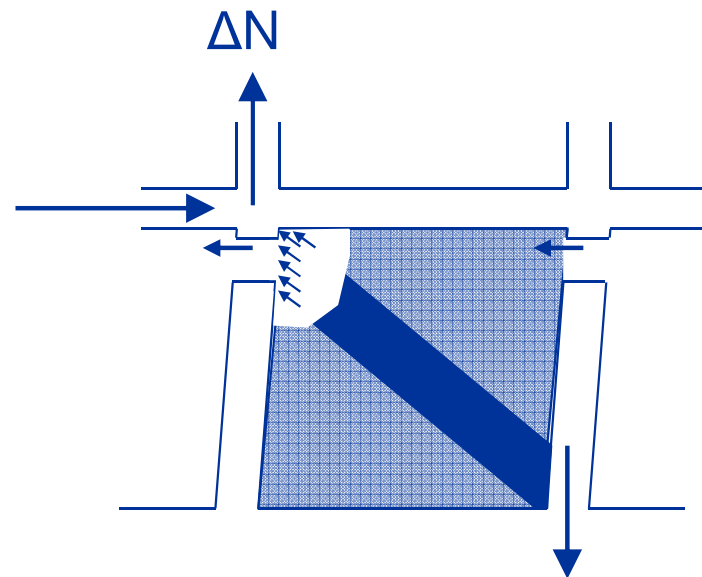
(tramezzi, tamponature)



# Elementi non strutturali (tramezzi, tamponature)

Effetto locale su travi e pilastri:

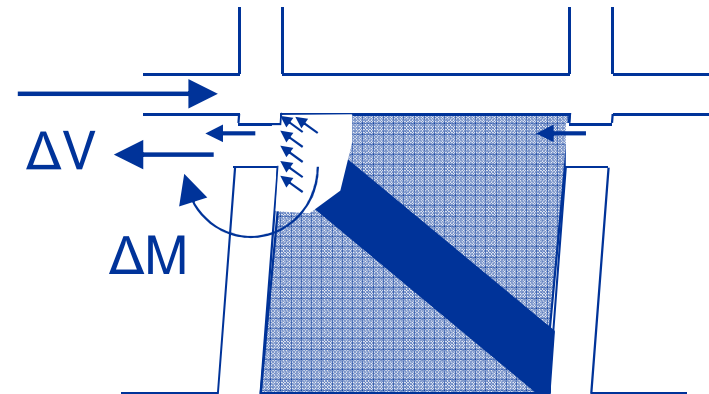
- variazione dello sforzo normale nei pilastri (dovuto alla componente verticale della forza nel pannello murario)



# Elementi non strutturali (tramezzi, tamponature)

Effetto locale su travi e pilastri:

- variazione dello sforzo normale nei pilastri (dovuto alla componente verticale della forza nel pannello murario)
- variazione di taglio e momento nella zona di estremità dei pilastri (dovuto alla componente orizzontale della forza nella diagonale)



# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

Effetto locale su travi e pilastri:

- variazione dello sforzo normale nei pilastri (dovuto alla componente verticale della forza nel pannello murario)
- variazione di taglio e momento nella zona di estremità dei pilastri (dovuto alla componente orizzontale della forza nella diagonale), perché il pannello murario ha un contatto diffuso con le aste e non trasmette la forza direttamente nel nodo
- variazione di taglio e momento agli estremi delle travi

# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

## Effetti globali:

- comportamento dinamico: l'irrigidimento dovuto alla presenza delle tamponature riduce il periodo proprio della struttura; ciò può comportare un incremento dell'azione sismica
- comportamento inelastico: la rottura delle tamponature è fragile; quando essa avviene, l'aliquota di azione sismica da loro portata si scarica istantaneamente sulla struttura

# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

Effetti dovuti alla loro distribuzione:

- una distribuzione irregolare in pianta può provocare rotazione degli impalcati e quindi incrementi anche notevoli di sollecitazione sugli elementi più eccentrici  
attenzione in particolare agli edifici con struttura simmetrica o bilanciata (baricentro delle masse coincidente con quello delle rigidezze) e tamponature dissimetriche
- una distribuzione irregolare lungo l'altezza può portare a concentrazione di sollecitazione ad un piano ("piano soffice"), con riduzione della duttilità globale

# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

Tenerne conto è importante quando:

- Sono pochi e molto robusti  
(rischio di forti sollecitazioni negli elementi strutturali adiacenti)
- Sono disposti in pianta in maniera molto irregolare  
(rischio di rotazione dell'impalcato e quindi di sollecitazioni negli elementi strutturali agli estremi)
- Sono distribuiti irregolarmente lungo l'altezza  
(rischio di creazione di piano soffice, con riduzione della duttilità globale)

In caso contrario si può analizzare un modello costituito dai soli elementi strutturali

# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

Possibili schematizzazioni delle tamponature:

- insieme di lastre, collegate in più punti alla maglia di telaio
  - vantaggi:  
possibilità di analizzare pareti con aperture
  - svantaggi:  
complessità dello schema;  
difficoltà a tenere conto dell'unilateralità del vincolo

# Elementi non strutturali

(tramezzi, tamponature)

Possibili schematizzazioni delle tamponature:

- pendolo, disposto nella diagonale compressa
  - lunghezza del pendolo  $l_d$  = lunghezza diagonale
  - spessore della sua sezione  $s$  = spessore muratura
  - larghezza della sua sezione  $B$  indicata da fonti bibliografiche:

M. Pagano

$$B = 0.5 A_p / l_d \Rightarrow$$

$$B \cong 0.20 \div 0.25 l_d$$

B. Stafford Smith

$$B \cong 0.15 \div 0.30 l_d$$

D.M. 2/7/81

$$B = 0.10 l_d$$

$A_p$  = area del pannello murario

Struttura e terreno

# Modellazione della struttura

Il modello della struttura deve essere tridimensionale e rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza

Nella definizione dell'azione sismica sulla struttura, si possono considerare la deformabilità del complesso fondazione-terreno e la sua capacità dissipativa

Usare un modello complessivo per struttura, fondazione e terreno, oppure modelli separati?

# Struttura, fondazione e terreno

Effetto della deformabilità della fondazione  
(comportamento statico):

- cedimenti verticali differenziali
- rotazioni al piede dei pilastri del primo ordine



variazione della rigidezza relativa dei diversi  
pilastri e quindi diversa distribuzione delle azioni  
sismiche

attenzione in particolare agli elementi molto rigidi, come le  
pareti, la cui rigidezza può essere vanificata dalla rotazione al  
piede

# Struttura, fondazione e terreno

Effetto della deformabilità della fondazione  
(comportamento dinamico):

- maggiore deformabilità complessiva



aumento del periodo proprio della struttura;  
ciò comporta in genere una riduzione dell'azione  
sismica, ma un aumento degli spostamenti

# Struttura, fondazione e terreno

È necessario modellare insieme struttura, fondazione e terreno quando:

- La fondazione non è adeguatamente rigida (rischio di cedimenti differenziali, rotazioni al piede, redistribuzione dell'azione sismica)
- Il terreno è molto deformabile (rischio di variazione notevole del periodo proprio)

In caso contrario (fondazione più rigida della struttura in elevazione, terreno non particolarmente deformabile), si può considerare la struttura incastrata al piede ed analizzare poi separatamente l'insieme fondazione-terreno con le azioni trasmesse dalla struttura sovrastante