

# Meditazioni strutturali al tempo del Coronavirus

Incontri promossi da Dario Flaccovio editore  
con la collaborazione di Aurelio Ghersi e APICE s.r.l.

04 – La regolarità strutturale nella progettazione  
sismica degli edifici

29 aprile 2020

Aurelio Ghersi

Questa presentazione è stata preparata da me come stimolo alla riflessione e alla discussione su temi che riguardano la progettazione strutturale di nuove costruzioni e la verifica di costruzioni esistenti in zona sismica.

La responsabilità delle opinioni in essa contenute è esclusivamente mia.

Il pdf della presentazione e la videoregistrazione della esposizione di questi temi da me tenuta sono messe liberamente a disposizione di tutti e possono essere diffuse senza lucro, purché io ne venga citato come autore.

*Aurelio Ghersi*

# Obiettivi della progettazione antisismica

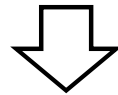
- Garantire che la costruzione riesca a sopportare un'azione sismica veramente forte (e quindi rara) senza provocare la perdita di vite umane
  - un danno, anche diffuso e rilevante, è ammesso purché la costruzione mantenga una parte della resistenza e rigidità nei confronti dei carichi verticali ed abbia ancora un margine di sicurezza rispetto al collasso per azioni orizzontali
- Far sì che per un'azione sismica di minore entità (e quindi più frequente) la costruzione subisca danni, strutturali e non strutturali, non eccessivi, consentendo così un rapido ripristino della sua utilizzabilità

# Obiettivi della progettazione antisismica e regolarità strutturale

- Per raggiungere gli obiettivi citati un aspetto importante è la regolarità
  - Della struttura
  - Della costruzione nel suo complesso (inclusi gli elementi non strutturali)
- L'importanza della regolarità è ribadita da tutti i testi che si occupano di progettazione antisismica e dalle normative

# Obiettivi della progettazione antisismica e regolarità strutturale

- L'importanza della regolarità è ribadita da tutti i testi che si occupano di progettazione antisismica e dalle normative



- Dovremmo aspettarci che la gran parte delle costruzioni rispettino questo requisito
- In realtà
  - Questionario distribuito nel 2018 in varie regioni d'Italia circa 350 ingegneri, oltre 2400 edifici:  
Solo il 29% degli edifici è definito regolare dai progettisti

Come mai?

# Obiettivi della progettazione antisismica e regolarità strutturale

- Perché tanti edifici realizzati non sono classificati come regolari?

C'è chi risponde: “secondo la normativa tutti gli edifici risultano irregolari”

... quindi perché sforzarsi?

Questa risposta è basata su una interpretazione puramente formale della normativa

Questa è l'occasione per riflettere insieme ...

# Progettazione antisismica

## progettare vs. calcolare

- Progettare  
Impostazione della carpenteria, dimensionamento degli elementi strutturali
- Calcolare  
Fase sostanzialmente automatizzata, delegata al computer
  - In realtà c'è un aspetto relativo alla modellazione, ma anche su questo si tende a delegare al programma di calcolo
  - Produce in maniera automatica l'armatura da disporre

Troppo spesso si gioca a “Progetto l'edificio ...”

- Fase progettuale senza ragionamento (a caso)
- Calcolo iterato cambiando (a caso) le sezioni che mostrano armatura non ammissibile

# Progettazione antisismica

progettare vs. calcolare

- Progettare è l'aspetto fondamentale
  - La qualità del comportamento strutturale dipende in maniera rilevante da come è stata impostata la struttura
  - Il costo della struttura dipende in maniera ancor più rilevante da come è stata impostata la struttura
- Il calcolo fatto dal programma potrà mitigare qualche errore di impostazione, ma una struttura mal concepita:
  - Rimane una cattiva struttura
  - Ha un costo sproporzionatamente alto

Troppo spesso si gioca a “Progetto l'edificio ...”

- Fare un progetto in questo modo è #####

ho deciso di censurare il mio commento, ma forse potete immaginarlo



# Regolarità

## e ricerca scientifica

- Seconda metà del XX secolo - anni 1980-2000 circa  
(standard nella progettazione: analisi statica)

Problema: in quali casi l'analisi statica non è sufficiente ed occorre l'analisi modale con spettro di risposta?

- Variazioni brusche di massa e rigidezza **lungo l'altezza** in alcuni casi possono essere colte in maniera imprecisa dall'analisi statica
- Il comportamento rotazionale **in pianta** viene sempre sottostimato dall'analisi statica

# Regolarità

## e ricerca scientifica

- XXI secolo - i nostri giorni  
(standard nella progettazione: analisi modale; per gli edifici esistenti si pensa ad analisi statica non lineare)  
Problema: per gli edifici che non rispettano il *capacity design*, è possibile qualcosa di meglio dell'analisi modale, senza arrivare all'analisi non lineare al passo?
  - Si confrontano i risultati forniti da diversi tipi di analisi statica non lineare con quelli della IDA (*incremental dynamic analysis*)

# Regolarità

## e ricerca scientifica

- XX e XXI secolo  
Problema: quale valore di  $q$  usare nell'analisi lineare con spettro di progetto?
  - Esistono numerosi studi che analizzano le singole tipologie strutturali per definire l'opportuno valore di  $q$
  - Carezza di studi specifici per valutare se la mancanza di regolarità condiziona il valore di  $q$ 
    - Esistono studi che confermano che il *capacity design* garantisce un buon comportamento oltre il limite elastico anche in mancanza di regolarità

# Regolarità e normativa

- Anni 1980-2000 circa, normativa americana (UBC 1988, IBC 2000)
  - Propongono una definizione di **regolarità in altezza**
    - Serve per decidere se usare analisi statica o modale
  - Propongono una definizione di **regolarità in pianta**
    - Parametro principale di riferimento: rapporto tra spostamento dei due estremi dell'edificio  
Se questo è forte, occorre analisi modale, oppure amplificare la rotazione con opportune eccentricità
    - Considera la presenza di angoli rientranti e discontinuità negli impalcati  
In questi casi viene imposta una maggior cautela nel progetto del dettaglio dei collegamenti

# Regolarità e normativa

- Dalla fine degli anni '90 ad oggi (EC8 1994, EC8 2005, NTC)
  - Propongono una definizione di **regolarità in altezza** e di **regolarità in pianta**
    - I criteri citati sono analoghi a quelli di UBC e IBC (ma su base geometrica e non comportamentale per regolarità in pianta)
    - Servono per decidere se usare analisi statica o modale
    - Inseriscono penalizzazioni del fattore  $q$  (senza citare alcun riferimento scientifico)
    - Mettono in relazione la presenza di angoli rientranti e discontinuità negli impalcati al fattore  $q$  e non a problemi di dettaglio (anche qui senza basi scientifiche)

# Regolarità e NTC 18

## in dettaglio

- La regolarità condiziona:
  - Scelta tra analisi statica e modale
    - Problema poco rilevante e trattato in maniera imprecisa
  - Valore massimo per il fattore di comportamento  $q$ 
    - Mancanza di regolarità in altezza:  
moltiplicare  $q$  per  $K_R = 0.8$
    - Mancanza di regolarità in pianta:  
usare  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.15$  anziché 1.3 (per edifici a più piani e più campate)

# Regolarità in altezza

definizione nel punto 7.2.1

- Criteri generali
  - I sistemi resistenti alle azioni orizzontali devono estendersi per tutta l'altezza della costruzione
  - Massa e rigidezza devono rimanere costanti o variare gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione
  - Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non deve essere significativamente diverso, in termini di resistenza , per orizzontamenti successivi
  - Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione devono avvenire con continuità da un orizzontamento al successivo

# Regolarità in altezza

## criteri generali

- I sistemi resistenti devono estendersi per tutta l'altezza
  - Sistemi resistenti (per edifici in c.a.):  
telaio, singole pareti, telaio con tamponature
    - Ciascun tipo ha comportamento diverso in altezza e andando oltre il limite elastico
    - Interrompere bruscamente un singolo sistema porta a un comportamento sismico meno facilmente prevedibile
- Considerazioni:
  - Concordo con l'importanza dell'indicazione
  - Più che imporre una riduzione di  $q$  la normativa dovrebbe richiedere una specifica verifica del comportamento non lineare del sistema complessivo



# Regolarità in altezza

## criteri generali

- Massa e rigidezza devono variare gradualmente
  - La massa è sostanzialmente imposta, la rigidezza può essere gestita dal progettista
    - Occorre pensare più alla relazione massa-rigidezza
    - Non ci sono studi che mostrano una particolare influenza sul comportamento oltre il limite elastico  
anzi c'è chi dice che il *capacity design* funziona bene comunque
- Considerazioni:
  - Concordo sull'opportunità di far variare con continuità la rigidezza
  - Non ritengo che la normativa debba imporre una riduzione di  $q$  per questi aspetti  
... ma è bene che la ricerca approfondisca questo punto

# Regolarità in altezza

## criteri generali

- Eventuali restringimenti devono avvenire con continuità
  - I restringimenti geometrici sono legati a variazioni di massa e rigidezza
  
- Considerazioni:
  - Non è l'aspetto volumetrico a essere condizionante, bensì quello di massa e rigidezza
  - Fornire indicazioni geometriche prive di correlazione diretta ai parametri fisici che governano il problema è diseducativo

# Regolarità in altezza

## criteri generali

- Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non deve essere significativamente diverso
  - Se in un piano il rapporto capacità-domanda è nettamente inferiore a quello dei piani adiacenti c'è un forte rischio di formazione di meccanismi di piano
- Considerazioni:
  - È il problema più importante tra quelli citati, perché il campo elastico riguarda solo il 20-40% dell'azione sismica
  - Questa condizione deve essere imposta come obbligatoria, nell'ambito dei criteri del *capacity design*  
Non è sufficiente imporre una modesta riduzione di  $q$

# Regolarità in altezza

## aspetti numerici

- La rigidezza deve variare gradualmente

### Problemi:

1. Come definire la rigidezza?

2. Hanno senso i limiti percentuali indicati dalla norma?

NTC: non ridursi, da un orizzontamento a quello sovrastante, più del 30% e non aumentare più del 10%

# Regolarità in altezza

## aspetti numerici

### 1. Come definire la rigidezza?

- In generale: rigidezza = azione che provoca componente di movimento unitaria
- Nel caso specifico: rigidezza (laterale o traslazionale) = taglio di piano che provoca uno spostamento relativo unitario

### Aspetti da approfondire

- Nello schema spaziale: spostamento relativo tra quali punti?

#### Possibili risposte:

- Baricentro delle masse dell'impalcato (e sua proiezione su quello di sotto)
- Punto di applicazione della risultante delle azioni sismiche agenti al di sopra dell'impalcato (e sua proiezione su quello di sotto)

# Regolarità in altezza

## aspetti numerici

### 1. Come definire la rigidezza?

- In generale: rigidezza = azione che provoca componente di movimento unitaria
- Nel caso specifico: rigidezza (laterale o traslazionale) = taglio di piano che provoca uno spostamento relativo unitario

### Aspetti da approfondire

- A parità di taglio, cambiando la distribuzione delle forze cambia lo spostamento relativo?

Risposta:

- Si (a meno che le travi non siano infinitamente rigide)
- Occorre definire quale distribuzione usare (forze da analisi statica, modo predominante; meglio evitare inviluppo modale)

# Regolarità in altezza

## aspetti numerici

### 2. Hanno senso i limiti percentuali indicati dalla norma?

- La rigidezza è legata al momento d'inerzia della sezione
  - Il momento d'inerzia varia col cubo dell'altezza; passando da 30×60 a 30×70 il momento d'inerzia aumenta del 60%
- La rigidezza è legata al cubo della lunghezza dell'asta
  - Passando da 3.60 m a 3.00 m la rigidezza aumenta del 70%

### Considerazioni:

- Con queste variazioni delle singole aste, limiti (di piano) del 30% o del 10% sono molto facilmente superati
- Se proprio devono essere indicati, occorrono limiti più alti, meno condizionanti

# Regolarità in pianta

## definizione nel punto 7.2.1

- Criteri generali
  - La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali ed il contorno di ogni orizzontamento è convesso (o, se non lo è, le rientranza hanno area che non supera il 5% dell'area totale)
  - Il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4
  - Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da poter considerare trascurabile l'effetto della sua deformazione in pianta



# Regolarità in pianta

## criteri generali

- Distribuzione di masse e rigidzze approssimativamente simmetrica ...
  - È un possibile criterio per garantire un comportamento sostanzialmente traslazionale
  
- Considerazioni:
  - Il riferimento alla “simmetria” è molto condizionante
  - È vero che l’aspetto rotazionale è fondamentale nella progettazione, ma il reale obiettivo è realizzare un sistema bilanciato (cioè che non ruoti) distribuendo opportunamente le rigidzze

# Regolarità in pianta

## criteri generali

- Distribuzione di masse e rigidezze approssimativamente simmetrica ...  
... e il contorno di ogni orizzontamento è convesso o ha rientranze con area inferiore al 5%
  - Sembra richiamare il riferimento alle rientranze dell'UBC, che era meno condizionante e si riferiva ad altro (dettagli di collegamento)
- Considerazioni:
  - Anche questa seconda parte è estremamente condizionante, ma soprattutto non si capisce come sia connessa alla scelta del fattore  $q$

# Regolarità in pianta

## criteri generali

- Il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4
  - Potrebbe riguardare il problema della “variabilità spaziale del moto sismico” (sfasamento delle onde in punti diversi)
  - Potrebbe riguardare problemi rotazionali (amplificazione dello spostamento degli estremi, maggiore importanza della pressoflessione deviata)
- Considerazioni:
  - La variabilità spaziale del moto è legata alla dimensione massima, non al rapporto tra dimensioni
  - L’amplificazione rotazionale è importante, ma è colta bene dall’analisi modale (non occorre ridurre  $q$ )

# Regolarità in pianta

## criteri generali

- Rigidezza dell'orizzontamento maggiore della rigidezza degli elementi strutturali verticali
  - Si riferisce al considerare l'impalcato infinitamente rigido nel proprio piano (planimetricamente indeformabile)
- Considerazioni:
  - È un aspetto completamente diverso, che non riguarda il comportamento planimetrico ma il modello di calcolo
  - L'ipotesi di impalcato indeformabile è comoda ma deve essere verificata (così come deve esserne verificata la resistenza)
  - Non ha senso legarla a limiti al valore di  $q$

# Regolarità

cosa mi resta delle indicazioni NTC?

Il progettista deve **sempre** cercare di realizzare una costruzione **regolare in pianta** e **regolare in altezza**, conformemente a queste indicazioni:

- **Regolare in pianta**

Costruzione che ha un comportamento sostanzialmente bilanciato, cioè che per effetto del sisma trasla con rotazioni nulle o modeste, e che ha una adeguata rigidità rotazionale

- **Regolare in altezza**

Costruzione con una tipologia strutturale che si estende a tutti i piani e con una distribuzione di masse e rigidità mutuamente legate e con valori che non cambiano troppo da piano a piano

# Regolarità

cosa mi resta delle indicazioni NTC?

Il progettista deve **sempre** cercare di realizzare una costruzione **regolare in pianta** e **regolare in altezza**, conformemente a queste indicazioni:

- Regolare Costruzioni che ha un rapporto tra resistenza conferita alla struttura e resistenza strettamente necessaria perché il controllo di questo deve essere imposto tra le condizioni della progettazione in capacità bilanciato, modeste, e
- Regolare Costruzioni a tutti i piani e collegate e con valori che non cambiano troppo da piano a piano

# Regolarità

come potrebbe (dovrebbe?) essere

## Regolarità

- È un concetto generale, di portata molto vasta, facilmente intuibile ma difficile da definire
- La regolarità condiziona:
  - La qualità del comportamento strutturale
  - La capacità di prevedere il comportamento della struttura
  - Il costo necessario per rendere la struttura idonea a sopportare le azioni e ad essere adatta all'uso per il quale è prevista

# Regolarità

come potrebbe (dovrebbe?) essere

## Regolarità

- È un concetto generale, di portata molto vasta, facilmente intuibile ma difficile da definire
- In realtà esistono molte problematiche, completamente diverse, che rientrano nel concetto di regolarità
- Bisogna comprendere bene le diverse problematiche e collegare a ciascuna di esse la relativa definizione di regolarità

Ad esempio:

- Modello geometrico e meccanico dell'edificio
- Tipo di analisi
- Risposta sismica in campo elastico
- Risposta sismica oltre il limite elastico



# Regolarità

## diverse problematiche

### Modello geometrico e meccanico dell'edificio

- Telaio piano, insieme spaziale di telai piani, telaio spaziale
- Inserimento nel modello di elementi bidimensionali (o tridimensionali)
- Inserimento di tratti rigidi per tener conto della zona nodale
- Modellazione dell'impalcato
- Modellazione degli elementi non strutturali
- Modellazione di fondazione e terreno
- Aspetti specifici dei singoli materiali:
  - Fessurazione nel calcestruzzo nelle strutture in c.a.
  - Rigidezza dei collegamenti nelle strutture in acciaio

# Regolarità

## diverse problematiche

### Tipo di analisi

- Analisi lineare con spettro di progetto (ridotto mediante il fattore di comportamento  $q$ )
  - Valori da assumere per  $q$
  - Possibilità di usare analisi statica anziché modale
- Analisi statica non lineare
  - È possibile usarla in fase di progettazione di nuove costruzioni?
  - Quando è necessario usarla per la verifica di costruzioni esistenti?
- Analisi dinamica non lineare (o analisi dinamica non lineare incrementale)
  - Quando è il caso di usarla?

# Regolarità

## diverse problematiche

### Risposta sismica in campo elastico

- Sono importanti:
  - Semplicità strutturale = esistenza di chiari e diretti percorsi di trasmissione delle forze verticali e sismiche
  - Uniformità = omogenea distribuzione degli elementi strutturali
  - Bilanciamento delle rigidità
  - Rigidità bidimensionale = analoga nelle due direzioni
  - Rigidità torsionale
  - Rigidità dell'impalcato
  - Adeguatezza della fondazione

# Regolarità

## diverse problematiche

### Risposta sismica oltre il limite elastico

- Sono importanti:
  - Uniformità, per prevenire plasticizzazione precoce che porta ad alta richiesta di duttilità (attenzione a travi a ginocchio, a pilastri ruotati da un piano all'altro, ecc.)
  - Evitare rotture fragili
  - Garantire un buon comportamento globale (pilastri più resistenti delle travi)
  - Garantire una buona duttilità locale

# Regolarità

come potrebbe (dovrebbe?) essere

## Regolarità

- È un concetto generale, di portata molto vasta, facilmente intuibile ma difficile da definire
- In realtà esistono molte problematiche, completamente diverse, che rientrano nel concetto di regolarità
- Le definizioni di “regolarità” dovrebbero essere messe chiaramente in relazione con la problematica relativa
- Sarebbe opportuno usare sempre criteri di controllo **a posteriori**, basati sulla risposta sismica della struttura, e non su definizioni approssimate **a priori**

# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Duttilità locale
  - Le prescrizioni di normativa su staffe e armatura longitudinale in linea di massima garantiscono una buona duttilità locale
  - I limiti sulla tensione media dei pilastri dovrebbero garantire una sufficiente duttilità anche a tali elementi
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - assegnare ai pilastri sezioni che li facciano lavorare a tensioni medie non eccessive
  - I limiti di normativa mi sembrano alti
  - Se la tensione media dei pilastri si avvicina ai limiti a cui penso (più bassi degli attuali) occorrerebbe imporre una verifica della struttura con analisi non lineare oppure una riduzione di  $q$

# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Evitare rotture a taglio in travi e pilastri
  - Le prescrizioni di normativa in linea di massima garantiscono una buona resistenza a taglio
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - Evitare travi o pilastri particolarmente corti rispetto agli altri; se travi corte sono inevitabili renderle poco rigide

Evitare in particolare:

- Scale con travi a ginocchio
- Travi poste a metà interpiano (come quelle che reggono solette rampanti)
- Piani di posa a quote diverse
- Tamponature robuste cin finestre a nastro

# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Evitare rotture a taglio in travi e pilastri
  - Le prescrizioni di normativa in linea di massima garantiscono una buona resistenza a taglio
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - Evitare travi o pilastri particolarmente corti rispetto agli altri; se travi corte sono inevitabili renderle poco rigide
  - Le indicazioni di normativa mi sembrano adeguate
  - Il mancato rispetto dei suggerimenti sopra riportati porta a problemi nella disposizione delle armature, che dovrebbero spingere a rivedere l'impostazione della struttura



# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Evitare rotture a taglio - influenza della tamponatura
  - La normativa fornisce indicazioni generali
  - La tamponatura può trasmettere azioni concentrate che possono portare a rottura a taglio dei pilastri
  - **In fase di impostazione della carpenteria (e dell'edificio):**
    - Evitare di avere poche tamponature molto robuste
  - Le indicazioni di normativa mi sembrano adeguate, ma non so quanto siano prese in considerazione

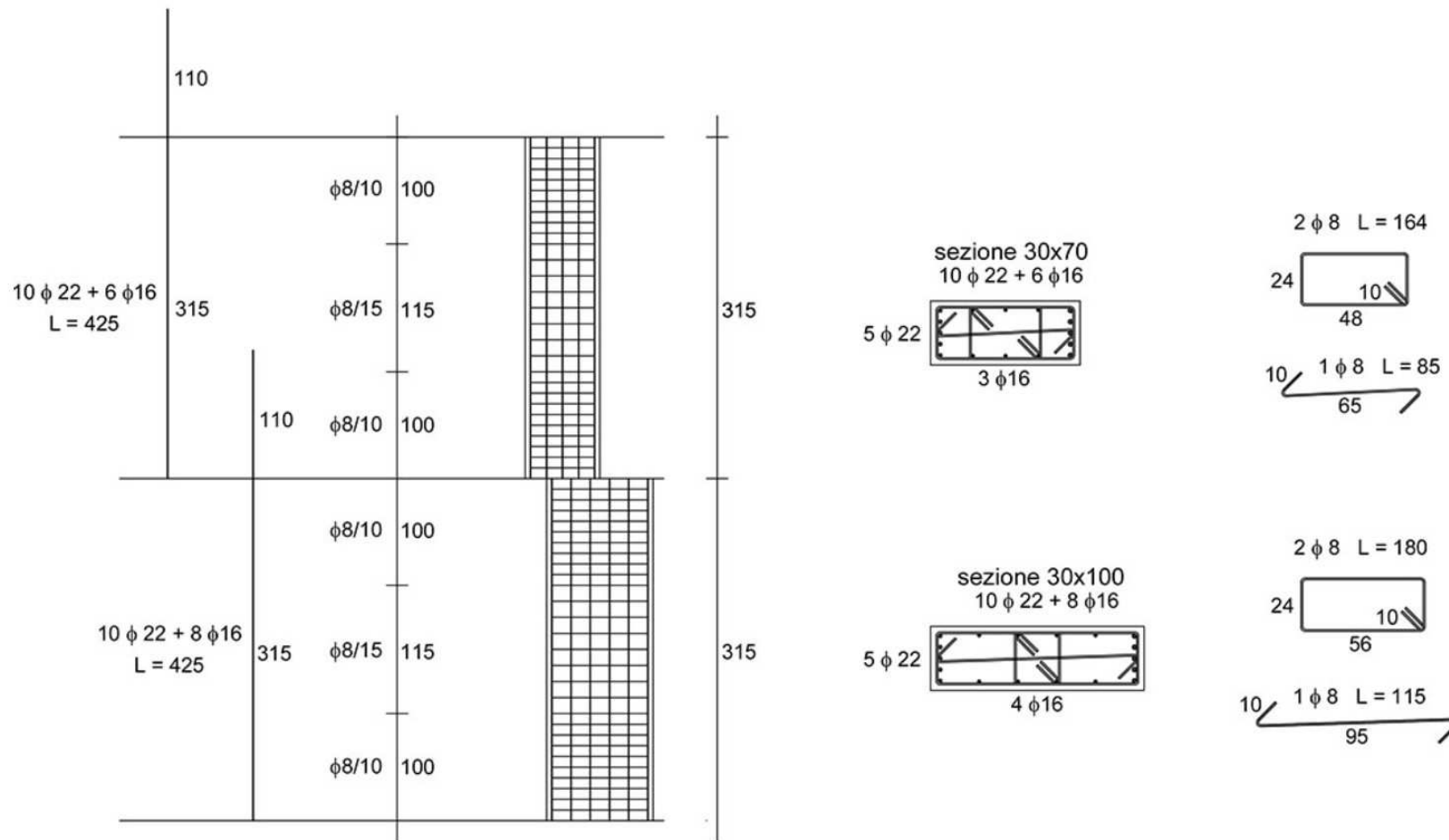
# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

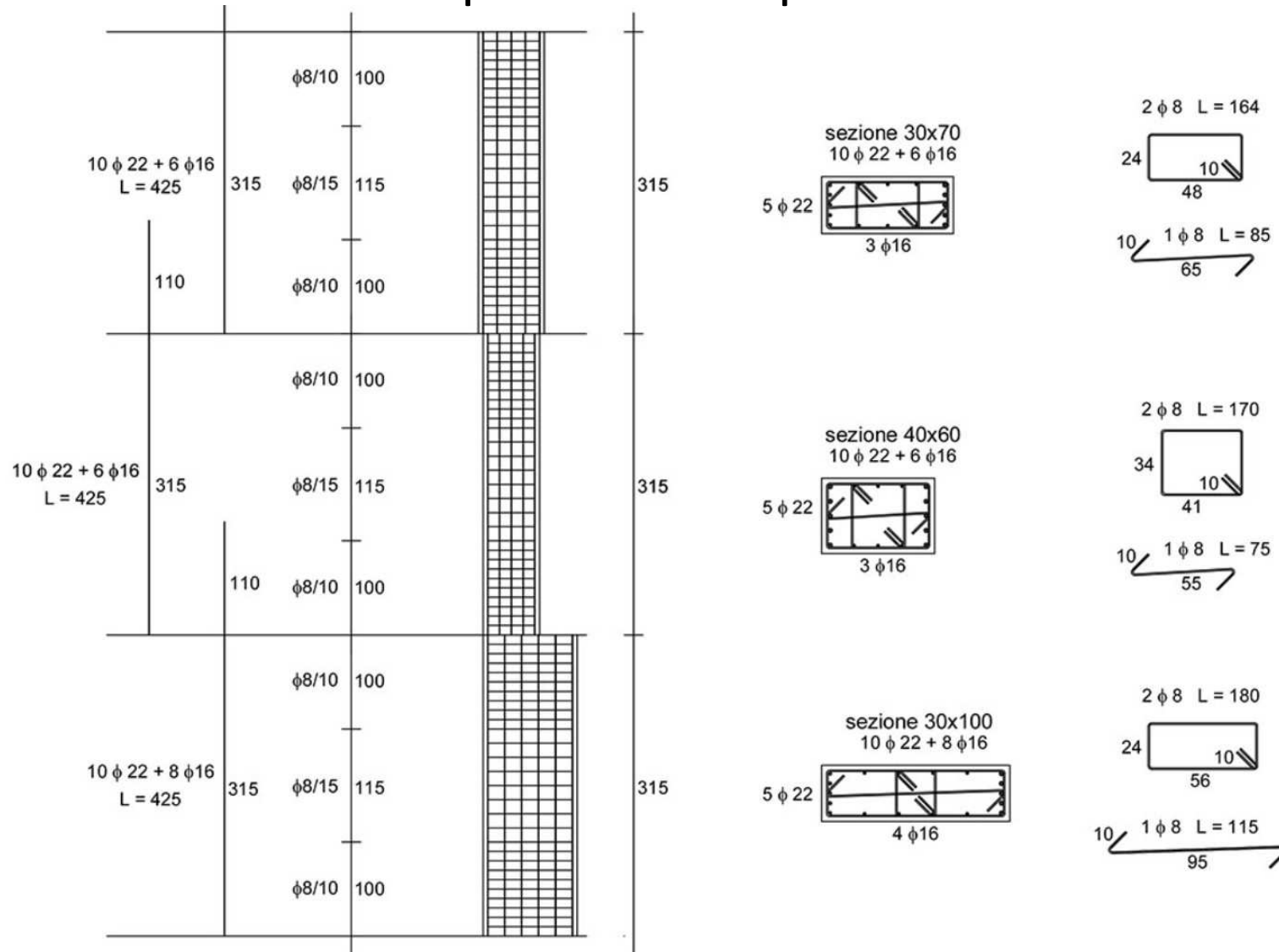
- Evitare plasticizzazione precoce di qualche elemento
  - Non vedo specifiche prescrizioni di normativa
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - Evitare travi o pilastri particolarmente corti rispetto agli altri (aste molto corte e rigide hanno una sovreresistenza minore delle altre aste; si potrebbe arrivare al collasso con la formazione di poche cerniere plastiche)
    - Limitare la rotazione planimetrica, che può portare ad una plasticizzazione precoce delle aste perimetrali
    - Evitare punti particolari di debolezza localizzati

# Regolarità qualche esempio



- Ad esempio (mai mi sarebbe venuto in mente di doverlo raccomandare):
- Evitare certi cambi di sezione di pilastri da un piano all'altro

# Regolarità qualche esempio



Ad esempio (mai mi sarebbe venuto in mente di doverlo raccomandare):

- Evitare certi cambi di sezione di pilastri da un piano all'altro

# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Evitare plasticizzazione precoce di qualche elemento
  - Non vedo specifiche prescrizioni di normativa
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - Evitare travi o pilastri particolarmente corti
    - Limitare la rotazione planimetrica
    - Evitare punti particolari di debolezza localizzati
  - **Una banale considerazione:**  
per quanto la normativa cerchi di essere dettagliata, non potrà mai competere con la fantasia (in negativo) di alcuni progettisti

# Regolarità

## qualche esempio

Comportamento oltre il limite elastico ed eventuali limitazioni cautelative del valore di  $q$

- Evitare plasticizzazione dei pilastri prima delle travi
  - Le prescrizioni di normativa impongono una gerarchia delle resistenze trave-pilastro (per elementi principali)
  - **In fase di impostazione della carpenteria:**
    - evitare di avere travi con sezione maggiore dei pilastri
  - Le indicazioni di normativa mi sembrano adeguate
  - Cattive scelte nell'impostazione della carpenteria e delle sezioni si scontano abbondantemente nel disporre le armature

# Regolarità

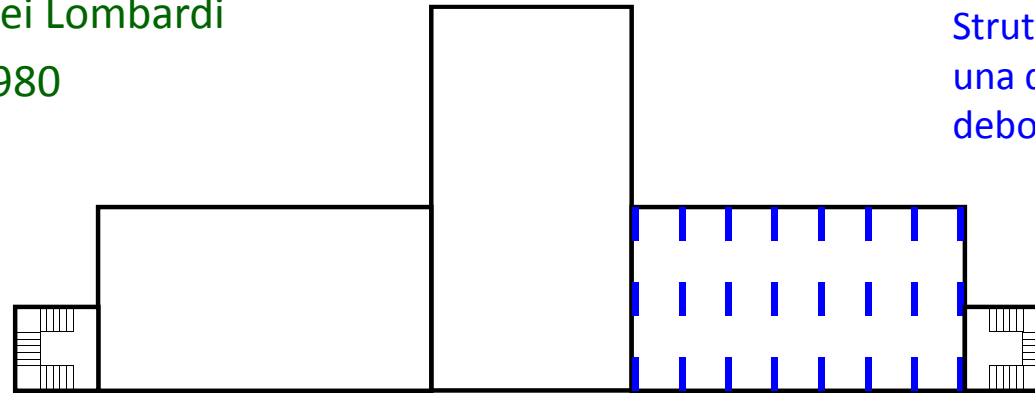
un esempio del passato

## Regolarità (rigidezza bidirezionale) e modello strutturale

Ospedale di S. Angelo dei Lombardi  
Crollato col sisma del 1980

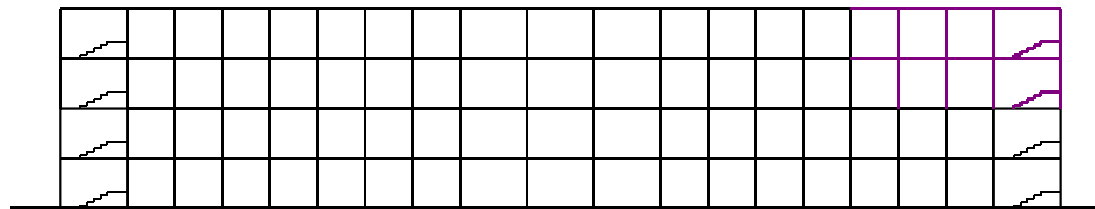
Struttura rigida in  
una direzione,  
debole nell'altra

PIANTA



Corpo scala non  
conteggiato nel  
calcolo

PROSPETTO



Parte costruita in  
un secondo  
momento

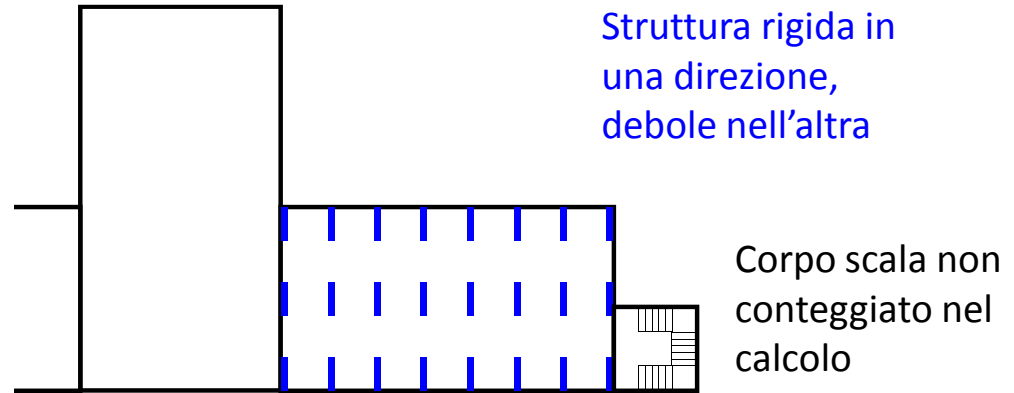
# Regolarità

un esempio del passato

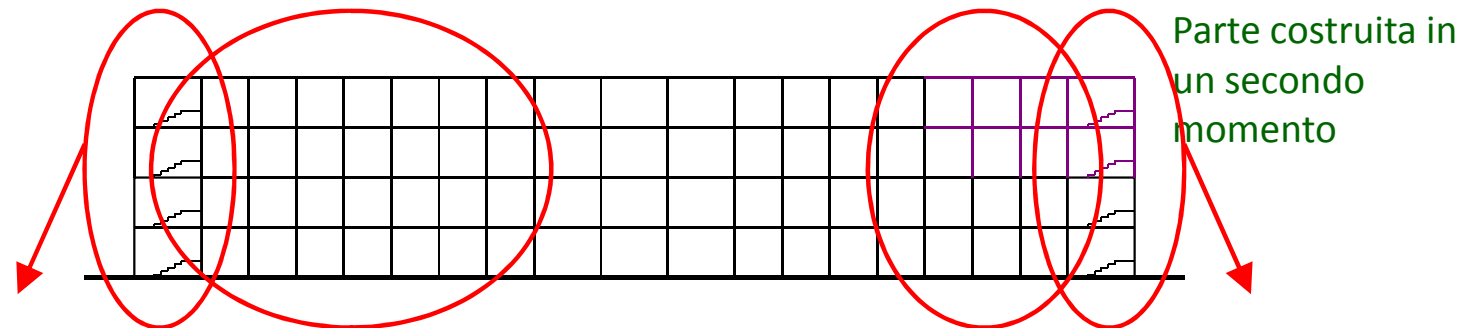
## Regolarità (rigidezza bidirezionale) e modello strutturale

La zona scala, non conteggiata nel calcolo, era più rigida (in dir. x) della struttura e quindi ha subito sollecitazioni molto forti ed ha innescato il crollo

Nel crollo, la scala ha trascinato verso il basso tutto l'edificio



PROSPETTO





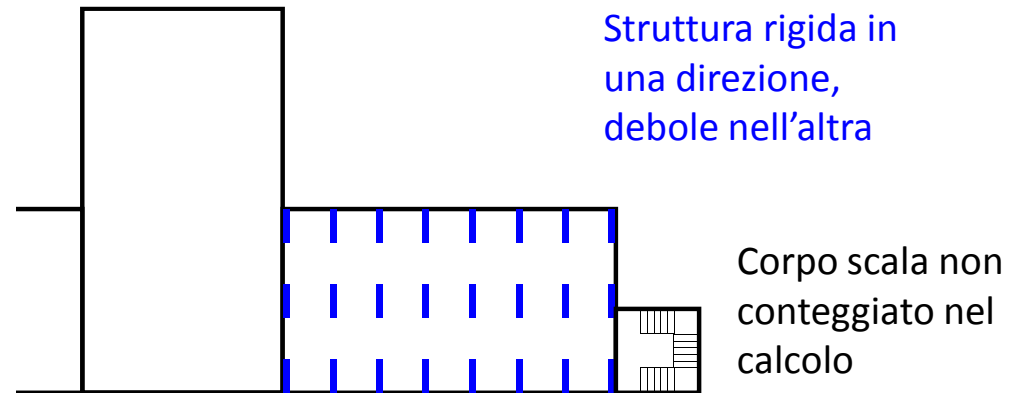
# Regolarità

## un esempio del passato

### Regolarità (rigidezza bidirezionale) e modello strutturale

La zona scala, non conteggiata nel calcolo, era più rigida (in dir. x) della struttura e quindi ha subito sollecitazioni molto forti ed ha innescato il crollo

Nel crollo, la scala ha trascinato verso il basso tutto l'edificio



danneggiato, ma in piedi

Parte costruita in un secondo momento

PROSPETTO

