

# Gli edifici in c.a.

FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

MADE<sub>expo</sub>

Prof. Ing. Aurelio Gheresi  
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale  
Università di Catania

Il controllo della progettazione:  
i compiti del collaudatore.  
Forum della Tecnica delle Costruzioni 2012

MADE<sub>expo</sub>

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# NTC 08 – Capitolo 9

L'obiettivo del collaudo statico è chiaramente indicato all'inizio del capitolo 9 delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

- Il collaudo statico riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Compiti del collaudatore

Il collaudatore deve:

- esaminare i certificati delle prove sui materiali
- esaminare i certificati di controllo in stabilimento
- controllare l'esito di eventuali prove di carico
- esaminare il progetto dell'opera, l'impostazione generale della progettazione nei suoi aspetti strutturale e geotecnico, gli schemi di calcolo e le azioni considerate
- effettuare tutti gli accertamenti utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera



**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



ASSO.TRA.FIL.RETI

UNCSAAL

# Compiti del collaudatore

In sostanza il collaudatore deve:

- esprimere un giudizio sul progetto
- esprimere un giudizio sulla realizzazione

in modo da:

- formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera

Attenzione:

- il controllo non è un fatto formale
- esprimere un giudizio richiede il raggiungimento di una convinzione profonda

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



ASSO.TRA.FIL.RETI

UNCSAAL

# Giudizio sul progetto

## 1. Esame visivo della struttura

- individuazione degli elementi principali

“elementi principali” = quegli elementi che principalmente contribuiscono a sopportare l’azione sismica (separatamente per le due direzioni)

ad esempio:

- pilastri allungati più trave emergente
- pareti in c.a.
- controventi, in una struttura a telaio in acciaio

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 1. Esame visivo della struttura

- individuazione degli elementi principali
  - analisi della loro distribuzione in pianta
  - giudizio sul comportamento in ciascuna delle due direzioni → è bilanciato?
  - giudizio sul comportamento rotazionale → è sufficientemente rigido?
  - analisi della loro distribuzione in altezza → brusche variazioni di rigidezza sono negative
- primo giudizio sulla regolarità in pianta e in altezza

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 1. Esame visivo della struttura

- individuazione degli elementi principali
- individuazione di possibili debolezze o irregolarità

ad esempio:

- come è realizzata e dove è posizionata la scala?
- l'impalcato è compatto e rigido?
- le fondazioni sono adeguate?
- gli elementi non strutturali (tamponature, ecc.) sono di aiuto o irrilevanti, oppure danno problemi?

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
  - travi e pilastri modellati come elementi monodimensionali → nessun problema
  - tratti rigidi (offset) all'estremo delle aste (oggi molto usati, spesso in maniera "trasparente" all'utente) → che effetto producono?
  - elementi bidimensionali (usati per pareti oppure per impalcati) → grossi problemi

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da





# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
- modellazione dell'impalcato
  - vincolo mutuo tra i nodi → nessun problema
  - impalcato deformabile → complica enormemente l'interpretazione del calcolo
  - particolare attenzione al caso di impalcati inclinati e di impalcati sfalsati di poco

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
- modellazione dell'impalcato
- modellazione della scala
  - importante se costituisce un collegamento tra impalcati adiacenti

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
- modellazione dell'impalcato
- modellazione della scala
- modellazione del complesso struttura - fondazione - terreno
  - importante nel caso di pareti in c.a.
  - irrilevante per struttura a telaio con fondazione rigida

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
- modellazione dell'impalcato
- modellazione della scala
- modellazione del complesso struttura - fondazione - terreno
  
- rigidezza delle aste in c.a.
  - rigidezza ridotta per tener conto della fessurazione del calcestruzzo → può portare a risultati meno sicuri

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 2. Esame del modello strutturale

- tipologia degli elementi strutturali
- modellazione dell'impalcato
- modellazione della scala
- modellazione del complesso struttura - fondazione - terreno
- rigidezza delle aste in c.a.
- elementi non strutturali
  - è opportuno inserirli solo in casi particolari

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 3. Esame dei dati sismici

- ubicazione del sito
- vita nominale e classe d'uso dell'edificio
- parametri sismici ( $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite considerati
- categoria di sottosuolo, in base alla relazione geologica/geotecnica
- categoria topografica
- spettro di risposta elastico per gli stati limite considerati

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 4. Tipo di analisi

- analisi lineare, con fattore di struttura (o di comportamento)  $q$ 
  - quale classe di duttilità (A o B)?
  - che valore del fattore di struttura?
  - spettro di progetto corrispondente

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 4. Tipo di analisi

- analisi lineare, con fattore di struttura (o di comportamento)  $q$

e inoltre:

- analisi statica oppure analisi modale con spettro di risposta?
  - l'analisi modale è ormai lo standard
  - l'analisi modale è indispensabile per edifici che presentano rilevanti rotazioni in pianta
  - problemi di interpretazione dei risultati dell'analisi modale (perdita dei segni)

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da





# Giudizio sul progetto

## 4. Tipo di analisi

- analisi lineare, con fattore di struttura (o di comportamento)  $q$
- analisi statica non lineare
  - quasi mai adottata nella progettazione di nuovi edifici
  - modellazione dei materiali e delle sezioni molto “delicata” → risultati vantaggiosi ma fortemente condizionati dal modello (accettare con cautela)
  - attenzione alle rotture fragili

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 4. Tipo di analisi

- analisi lineare, con fattore di struttura (o di comportamento)  $q$
- analisi statica non lineare
- analisi dinamica non lineare
  - improponibile nella pratica professionale

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 5. Previsione numerica del comportamento

- il capitolo 10 delle NTC richiede esplicitamente il “confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura”
- questo “semplice calcolo” è indispensabile per una valutazione dell’acceptabilità dei risultati

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



ASSOCIAZIONE NAZIONALE ITALIANA DI  
**INGEGNERIA SISMICA**  
ANIDIS



ASSO.TRA.FIL.RETI

UNCSAAL

# Giudizio sul progetto

## 5. Previsione numerica del comportamento

- operativamente:
  - stima delle masse
  - stima del periodo fondamentale
  - valutazione di forze con analisi statica
  - ripartizione delle forze tra gli elementi verticali
  - previsione di taglio e momento nei pilastri (o pareti)
  - previsione del momento nelle travi
  - previsione degli spostamenti
  - stima dell'effetto di
    - eccentricità accidentale
    - presenza delle due componenti del sisma

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 6. Esame dei risultati del calcolo

- schemi base e combinazioni di carico
  - quali (e quanti) sono gli schemi base e quali sono le combinazioni di carico analizzate? → un numero eccessivo di combinazioni di carico è solo segno di voler confondere le idee
  - non esaminare i risultati delle singole combinazioni
  - guardare attentamente i risultati degli schemi base
    - carichi verticali in assenza / presenza di sisma
    - forze (analisi modale) in direzione x / y
    - eccentricità accidentale direzione x / y
  - esaminare l'involuppo dei risultati

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 6. Esame dei risultati del calcolo

- schemi base e combinazioni di carico
- risultati - analisi statica
  - spostamenti per forze in direzione  $x / y$ 
    - solo traslazione o rotazione (bassa, alta)?
    - analoghi o diversi nelle due direzioni?
    - coerenti con le previsioni?
  - momenti flettenti (e altre caratteristiche di sollecitazione)
    - coerenti con le previsioni?

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 6. Esame dei risultati del calcolo

- schemi base e combinazioni di carico
- risultati - analisi modale
  - deformate modali (indipendenti da direzione sisma)
    - accoppiate o disaccoppiate?
    - in che ordine?
    - coerenti con il comportamento previsto?
  - masse partecipanti (dipendenti da direzione sisma)
    - uno o più modi prevalenti?
  - e poi: spostamenti, caratteristiche di sollecitazione - considerazioni come per analisi statica

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 6. Esame dei risultati del calcolo

- schemi base e combinazioni di carico
- risultati - analisi statico o modale
- fondazioni
  - coerenza della scelta del tipo di fondazione con le caratteristiche del terreno riportate nella relazione geotecnica
  - gerarchia delle resistenze nel valutare le azioni sulle fondazioni
  - attenzione nel caso di edifici con pareti

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da





# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- travi
  - esame globale degli elaborati, per valutare la uniformità delle armature o la presenza di travi particolarmente armate
  - giudicare se armature particolarmente forti o particolarmente deboli hanno una logica ben chiara
  - minimi e massimi di armatura accettabili?
  - guardare a campione uno o più diagrammi dei momenti flettenti
  - i risultati mostrano anche momenti torcenti e sforzi normali ?  
quasi sempre questo è assolutamente privo di senso

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- pilastri
  - esame globale degli elaborati, per valutare la uniformità delle armature o la presenza di pilastri particolarmente armati
  - giudicare se armature particolarmente forti o particolarmente deboli hanno una logica ben chiara
  - minimi e massimi di armatura accettabili?
  - grande attenzione ai pilastri corti

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- gerarchia delle resistenze (progetto in capacità): taglio-flessione
  - controllare l'armatura a taglio
    - deve rispettare i minimi di normativa (ma attenzione ad interpretarli con intelligenza)
    - deve garantire resistenza a taglio maggiore della capacità resistente a flessione
  - i limiti valgono per elementi principali, non secondari

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- gerarchia delle resistenze (progetto in capacità): pilastro-trave
  - controllare a occhio che la resistenza dei pilastri sia maggiore di quella delle travi
    - per edifici a telaio, con un buon numero di travi emergenti:
      - dimensione maggiore pilastro  $\geq$  altezza trave
      - armatura totale sui due lati corti del pilastro  $\geq$  armatura complessiva (superiore + inferiore) della trave;
      - armatura sul lato lungo del pilastro - conta poco

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



ASSO.TRA.FIL.RETI

UNCSAAL

# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- pareti
  - hanno problematiche specifiche
- nodi trave-pilastro
  - deve essere presente una buona staffatura nel nodo
  - i ferri di parete delle travi che attraversano il nodo contribuiscono alla staffatura
- impalcati
  - di solito basta una rete
  - attenzione in presenza di pareti o di punti particolarmente deboli dell'impalcato

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

- fondazioni - plinti
  - quantità e disposizione delle armature longitudinali
  - presenza o assenza di armature a taglio
- fondazioni - travi
  - quantità e disposizione delle armature longitudinali
  - armature a taglio
- fondazioni - pali

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da



# Giudizio sul progetto

## 7. Esame delle armature (per strutture in c.a.)

Considerazioni finali sulle tavole strutturali:

- i grafici di progetto devono essere a livello esecutivo
- completezza delle tavole e dei dettagli costruttivi
- chiarezza delle tavole ai fini della loro interpretazione in cantiere

**MADE**expo

Milano Architettura Design Edilizia  
Fiera Milano, Rho 17\_20 Ottobre 2012

Il Forum della Tecnica delle Costruzioni è patrocinato da

