

Incontro di aggiornamento

Edifici antisismici in calcestruzzo armato
Aspetti strutturali e geotecnici secondo le NTC08

Obiettivi del capitolo 10 delle NTC08

Orizzonte Hotel, Acireale
16-17 dicembre 2010

Aurelio Ghersi

NTC08 - Alcuni punti chiave

(1) principi e regole applicative

Ieri: DM 16/1/96, 30 pagine

Oggi: NTC08, circolare 2009,
Eurocodici:
centinaia o migliaia di pagine

La complessità delle norme può
portare a errori che annullano
la loro maggior precisione

Rischio

NTC08 - Alcuni punti chiave

(1) principi e regole applicative

Ieri: DM 16/1/96, 30 pagine

Oggi: NTC08, circolare 2009,
Eurocodici:
centinaia o migliaia di pagine

Principi

- obiettivi da raggiungere,
obbligatoria

Punto chiave

Regole applicative

- come farlo, consigli
autorevoli ma non obbligatori

Principi e regole applicative

Un cambio radicale di mentalità

Ieri: normativa cogente, prescritzionale

- tutte regole da applicare

Oggi: impostazione prestazionale

- è obbligatorio raggiungere gli obiettivi, cioè seguire i principi
- per farlo, si possono seguire regole applicative diverse da quelle indicate nella normativa

È importante spiegare in relazione come si raggiungono gli obiettivi
(e giustificare le eventuali regole applicative non standard)

Principi e regole applicative

Come distinguerli?

1. Fare riferimento agli Eurocodici
(lì la distinzione è chiara)
2. Confrontare le diverse versioni delle norme,
dal 2003 a oggi
(quello che di volta in volta è cambiato è
sicuramente una regola applicativa)
3. Fare riferimento a indicazioni autorevoli
(libri, articoli scientifici)
4. Affidarsi al proprio buon senso

Principi e regole applicative

La normativa è perfetta?

- Nel testo della normativa ci sono alcuni errori facilmente individuabili (ad esempio riferimenti incrociati chiaramente sbagliati)
- Nel testo della normativa ci sono punti ambigui che potrebbero portare ad interpretazioni sbagliate
- Nel testo della normativa ci sono regole applicative discutibili (e mancano richiami bibliografici per chiarirle)

Ma tutto questo riguarda le regole applicative,
non i principi generali

NTC08 - Alcuni punti chiave

(2) elementi principali e secondari

Ieri: indicazioni quasi nulle sui dettagli costruttivi

Oggi: indicazioni gravose (per tutti gli elementi?)

Elementi principali

- essenziali per il sisma
- per questi occorrono accorgimenti particolari

Punto chiave

Elementi secondari

- irrilevanti per il sisma
- non occorrono accorgimenti

Elementi principali e secondari

Pensiamo a ciò che serve veramente

- Individuare quali elementi sono principali, cioè servono realmente a portare l'azione sismica

Come dimostrare che alcuni elementi sono secondari?

- se necessario, ripetere il calcolo senza questi elementi; confrontare i risultati (gli elementi sono secondari se sostanzialmente non cambia niente)

- Applicare con rigore i criteri antisismici solo agli elementi principali
 - per quelli secondari, applicarli in maniera blanda

È importante spiegare tutto questo in relazione

NTC08 - Alcuni punti chiave

(3) gerarchia delle resistenze

Ieri: nessuna particolare
distinzione tra gli elementi

Oggi: gerarchia tra i diversi elementi (e
tra caratteristiche di sollecitazione)

Obiettivo

- evitare rotture fragili e
meccanismi di collasso di
piano

Punto chiave

È necessario un rispetto sostanziale, non formale,
di questo obiettivo (e bisogna spiegarlo in relazione)

Il capitolo 10 delle NTC08

“Le norme di cui al cap. 10, disciplinando la redazione dei progetti esecutivi delle strutture, contengono anche criteri guida per il loro esame ed approvazione da parte degli uffici preposti nonché per la loro verifica e validazione”

Circolare 2/2/2009, punto C10

Per il progettista:

- come organizzare e presentare la relazione

Per chi controlla:

- cosa pretendere dal progettista
- in che modo e che cosa controllare

Capitolo 10 e norme precedenti

- Il capitolo 10 delle NTC 08 deriva sostanzialmente dalle Istruzioni CNR 10024/86 (del 1986)
- Dal 1986 ad oggi le potenzialità di calcolo sono cambiate radicalmente...
... ma il capitolo 10 delle NTC 08 non ne tiene conto

Residui del passato...

Notare:

10.1 C

I proge
e di co
Restan

omiss

“Nel caso di analisi svolte con l’ausilio di codici di calcolo...”

“Qualora l’analisi strutturale sia condotta con codici di calcolo”

... come se fosse possibile farne a meno

Il progettista resta comunque responsabile dell’intera progettazione strutturale.

Nel caso di analisi e verifica svolte con l’ausilio di codici di calcolo, oltre a quanto sopra specificato, e in particolare oltre alla Relazione generale strutturale, si dovranno seguire le indicazioni fornite in § 10.2.

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L’AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l’analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l’ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l’affidabilità dei codici utilizzati e verificare l’attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

Capitolo 10 e norme precedenti

- Il capitolo 10 delle NTC 08 deriva sostanzialmente dalle Istruzioni CNR 10024/86 (del 1986)
- Dal 1986 ad oggi le potenzialità di calcolo sono cambiate radicalmente...
... ma il capitolo 10 delle NTC 08 non ne tiene conto
- Il capitolo 10 delle NTC 08 è molto importante, ma nell'applicarlo bisogna tener conto del fatto che i tempi sono cambiati

Capitolo 10.1 - Caratteristiche generali

10.1 CARATTERISTICHE GENERALI

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti e devono inoltre definire compiutamente l'intervento da realizzare. Restano esclusi i piani operativi di cantiere ed i piani di approvvigionamento.

Il progetto deve comprendere i seguenti elaborati:

- Relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica.
- Relazione sui materiali;
- Elaborati grafici, particolari costruttivi;
- Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera;
- Relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini specialistiche ritenute necessarie alla realizzazione dell'opera.

Particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera progettazione strutturale.

Nel caso di analisi e verifica svolte con l'ausilio di codici di calcolo, oltre a quanto sopra specificato, e in particolare oltre alla Relazione generale strutturale, si dovranno seguire le indicazioni fornite in § 10.2.

Capitolo 10.1 - Caratteristiche generali

10.1 CARATTERISTICHE GENERALI

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti e devono inoltre definire compiutamente l'intervento da realizzare. Restano esclusi i piani operativi di cantiere ed i piani di approvvigionamento.

Il progetto deve comprendere i seguenti elaborati:

- Relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica.
- Relazione sui materiali;
- Elaborati grafici, particolari costruttivi;
- Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera;
- Relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indicazioni fornite in § 10.2 alla realizzazione dell'opera.

Elenco di elaborati
(utile, ma niente
di particolare)

Particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera progettazione strutturale.

Nel caso di analisi e verifica svolte con l'ausilio di codici di calcolo, oltre a quanto sopra specificato, e in particolare oltre alla Relazione generale strutturale, si dovranno seguire le indicazioni fornite in § 10.2.

Capitolo 10.1 - Caratteristiche generali

10.1 CARATTERISTICHE GENERALI

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti. Restano esclusi i piani operativi

Il progetto deve comprendere i seguenti contenuti:

- Relazione di calcolo strutturale generale di analisi e verifica;
- Relazione sui materiali;
- Elaborati grafici, particolari;
- Piano di manutenzione della struttura;
- Relazione sui risultati sperimentali alla realizzazione dell'opera.

Obiettivo delle relazioni di calcolo:

- Facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli
- Consentire elaborazioni indipendenti (per controllo)

Particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera progettazione strutturale.

Nel caso di analisi e verifica svolte con l'ausilio di codici di calcolo, oltre a quanto sopra specificato, e in particolare oltre alla Relazione generale strutturale, si dovranno seguire le indicazioni fornite in § 10.2.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

- Tipologia
- Ordine
- Affidabilità
- Verifica
- Metodo
- Ingressi

Cosa deve fare il progettista?

- Controllare l'affidabilità dei codici utilizzati
- Verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti
- Curare che la presentazione dei risultati sia tale da garantirne leggibilità, corretta interpretazione, riproducibilità

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

- *Tipo di analisi svolta*
- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*
- *Affidabilità dei codici utilizzati*
- *Validazione dei codici.*
- *Modalità di presentazione dei risultati.*
- *Informazioni generali sull'elaborazione.*
- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Problematiche:

- **Metodi di analisi**
- **Codici di calcolo e modellazione strutturale**
- **Schemi di calcolo e loro combinazione**
- **Giudizio motivato di accettazione dei risultati**

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

- *Tipo di analisi svolta*

Occorre preliminarmente:

- dichiarare il tipo di analisi strutturale condotta (di tipo statico o dinamico, lineare o non lineare) e le sue motivazioni;
- indicare il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale e le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni.
- indicare chiaramente le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti. In ogni caso va motivato l'impiego delle combinazioni o dei percorsi di carico adottati, in specie con riguardo alla effettiva esaustività delle configurazioni studiate per la struttura in esame.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 A

Notare:

Deve essere ben precisato quale programma si utilizza e che caratteristiche ha

Qualora
automa
l'attende

tale da garantire la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproduzione. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*

Occorre indicare con precisione l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, autore, produttore, eventuale distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso.

- *Affidabilità dei codici utilizzati*

Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 A

C

Qualora
automa
l'attenc
tale da
Relazio

Notare:

Deve essere ben precisato quale programma si utilizza e che caratteristiche ha

Il progettista deve capire bene come opera il programma, per essere sicuro che è idoneo al caso specifico che affronta

- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*

Occorre indicare con precisione l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, autore, produttore, eventuale distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso.

- *Affidabilità dei codici utilizzati*

Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 A

C

Qualora
automa
l'attenc
tale da
Relazio

Notare:

Deve essere ben precisato quale programma si utilizza e che caratteristiche ha

Il progettista deve capire bene come opera il programma, per essere sicuro che è idoneo al caso specifico che affronta

Spetta al produttore del software (non al progettista) garantire che il programma fa bene quello che deve fare

- *Ori*
Oc
rip
d'u

- *Affidabilità dei codici utilizzati*

Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 A

C

Qualora
automa
l'attende
tale da
Relazio

Notare una omissione:

Si parla di “codice di calcolo” come se un programma potesse fare una sola cosa

In realtà qualunque programma consente molteplici scelte

- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*

Occorre indicare con precisione l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati

rip
d'u

- *Affidabilità*

Il p

per valutare l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Il progettista deve precisare come ha modellato la struttura e perché, quali scelte ha operato, ecc.

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare nella Relazione di calcolo si devono fornire le seguenti indicazioni:

- *Validazione dei codici.*

Nel caso in cui si renda necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale o comunque nel caso di opere di particolare importanza, i calcoli più importanti devono essere eseguiti nuovamente da soggetto diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente e ciò al fine di eseguire un effettivo controllo incrociato sui risultati delle elaborazioni.

Ripetere il calcolo con altri programmi ?

Quasi sempre un confronto è praticamente impossibile

Capitolo 10.2 - Uso di codici di calcolo

10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Qualora l'elaborazione sia stata svolta con l'ausilio di codici di calcolo, la relazione deve contenere, oltre ai risultati, anche le informazioni seguenti:

Qualora l'elaborazione sia stata svolta con l'ausilio di codici di calcolo, la relazione deve contenere, oltre ai risultati, anche le informazioni seguenti:

Qualora l'elaborazione sia stata svolta con l'ausilio di codici di calcolo, la relazione deve contenere, oltre ai risultati, anche le informazioni seguenti:

Qualora l'elaborazione sia stata svolta con l'ausilio di codici di calcolo, la relazione deve contenere, oltre ai risultati, anche le informazioni seguenti:

Qualora l'elaborazione sia stata svolta con l'ausilio di codici di calcolo, la relazione deve contenere, oltre ai risultati, anche le informazioni seguenti:

Riportare i controlli svolti sui risultati
Effettuare controlli che ne comprovino l'attendibilità

- *Informazioni generali sull'elaborazione.*

A valle dell'esposizione dei risultati vanno riportate anche informazioni generali riguardanti l'esame ed i controlli svolti sui risultati ed una valutazione complessiva dell'elaborazione dal punto di vista del corretto comportamento del modello.

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità.

Tale valutazione consisterà nel 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. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

Obiettivi fondamentali

Per il progettista:

- Comprendere il comportamento della struttura
 - controllare che sia corrispondente a quello che si aspetta
 - cercare di migliorarlo per quanto possibile
- Spiegare qual è il comportamento della struttura
 - preparare una relazione semplice e sintetica che spieghi in che modo è arrivato a questa convinzione
- Consentire controlli specifici di dettaglio
 - organizzare il materiale che si fornisce in modo che possa essere effettivamente usato

Obiettivi fondamentali

Per chi controlla:

- Capire se il progettista ha veramente meditato e cercato di comprendere qual è il comportamento della struttura
- Esaminare il comportamento globale della struttura
 - controllare se i dati sintetici riportati dal progettista mostrano effettivamente il comportamento da lui indicato
- Scendere nel dettaglio solo quando necessario
 - fare controlli per fugare dubbi emersi dall'esame del comportamento globale
 - fare eventualmente qualche controllo a campione

Come si esprime il giudizio?

- Il controllo non è un fatto formale
- Esprimere un giudizio richiede il raggiungimento di una convinzione profonda
- Non ha assolutamente senso:
 - che un programma giudichi se stesso (preparando automaticamente una relazione)
 - usare un altro programma per esprimere automaticamente un giudizio di validazione di un progetto

I programmi possono essere utili per mettere in evidenza problemi ("programmi esperti") ma le loro indicazioni possono essere solo strumenti per raggiungere una convinzione

Passi nella formulazione di un giudizio

1. Esame visivo della struttura

- individuazione degli elementi principali
 - analisi della loro distribuzione in pianta
 - giudizio sul comportamento nelle due direzioni e sul comportamento rotazionale
 - analisi della loro distribuzione in altezza
- individuazione di possibili debolezze o irregolarità
 - l'impalcato è compatto e rigido?
 - le fondazioni sono adeguate?
 - gli elementi non strutturali (tamponature, ecc.) sono di aiuto o irrilevanti, oppure danno problemi?

Passi nella formulazione di un giudizio

2. Esame del modello strutturale e del tipo di analisi

Esame del modello strutturale:

per valutare se è adeguato e quali problemi potrebbe presentare

- elementi previsti
 - solo elementi monodimensionali ?
nessun problema particolare
 - aggiunta di offset o tratti rigidi ?
un po' di attenzione
 - anche elementi bidimensionali ?
possono esserci grossi problemi

Passi nella formulazione di un giudizio

2. Esame del modello strutturale e del tipo di analisi

Esame del modello strutturale:

... segue

- impalcato
 - vincolo mutuo tra i nodi ?
bene (se orizzontale e se forma e rigidezza sono adeguate)
 - deformabile, modellato con elementi bidimensionali, oppure nessun vincolo ?
possono esserci grossi problemi di affidabilità e problemi nella valutazione dell'importanza dei modi
 - attenzione a:
impalcato inclinati
impalcato sfalsati di poco

Passi nella formulazione di un giudizio

2. Esame del modello strutturale e del tipo di analisi

Esame del modello strutturale:

... segue

- fondazioni
 - **modello incastrato al piede ?**
va bene se le fondazioni sono adeguatamente rigide
 - **modello con reticolo di travi alla Winkler, o simili ?**
va bene, ma attenzione ai parametri geotecnici
(meglio usare un criterio di fascia)
- elementi non strutturali
 - **non considerati ?**
va bene se ben distribuiti e non estremamente rigidi
 - **inclusi nel modello ?**
attenzione alla modellazione
(meglio usare un criterio di fascia)

Passi nella formulazione di un giudizio

2. Esame del modello strutturale e del tipo di analisi

Esame del tipo di analisi

- **Analisi lineare - statica**
 - oggi meno usata
 - va bene se la struttura è bilanciata (ruota poco) ed il periodo fondamentale non troppo alto
- **Analisi lineare - modale**
 - analisi standard
 - va sempre bene, ma a volte è meno facile giudicarne i risultati
- **Analisi statica non lineare**
 - può essere importante per analizzare edifici esistenti
 - deve essere interrotta al raggiungimento di rotture fragili (che può avvenire quasi subito)

Passi nella formulazione di un giudizio

3. Previsione numerica del comportamento

- 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
 - contemporanea presenza delle due componenti del sisma

Passi nella formulazione di un giudizio

4. Esame dei risultati del calcolo

- non guardare assolutamente
 - risultati delle singole combinazioni di carico (non ci possono dire niente)
- guardare
 - risultati di schemi di carico base (pochi schemi)
 - involuppo complessivo di tutte le combinazioni
- dagli schemi base
 - comprendere il comportamento e giudicare se è corrispondente a quello aspettato dall'esame visivo
 - basare il giudizio innanzitutto sugli spostamenti globali (solo uno sguardo a campione ai diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione)
- l'involuppo serve dopo (per le armature delle travi)

Passi nella formulazione di un giudizio

5. Esame delle armature (nel caso di 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
 - 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

Passi nella formulazione di un giudizio

5. Esame delle armature

... segue

- 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
 - grande attenzione ai pilastri corti
 - 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 del pilastro \geq altezza della trave
armatura totale sui due lati corti del pilastro \geq armatura complessiva (superiore + inferiore) della trave;
l'armatura sul lato lungo del pilastro importa poco

Passi nella formulazione di un giudizio

5. Esame delle armature

... segue

- 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
- fondazioni
 - attenzione nel caso di edifici con pareti