

Convenzione tra
Unione Reno-Galliera e Dipartimento DISTART (Università di
Bologna):
**VALUTAZIONE DI IDONEITA' DI PROGETTI IN ZONA SISMICA
DEPOSITATI PRESSO I COMUNI AFFERENTI ALL'UNIONE**

Committente:
Unione Reno-Galliera

Dipartimento DISTART:
Direttore:

Prof. Ing. Francesco Ubertini

Responsabile Scientifico:

Prof. Ing. Tomaso Trombetti



LEGGE REGIONALE 30 OTTOBRE 2008 N. 19 “NORME PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO”

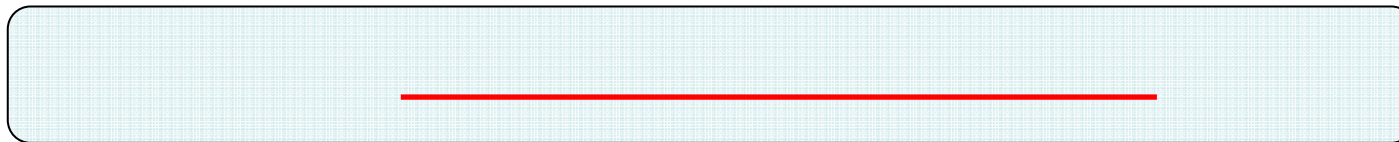


LA LEGGE REGIONALE 30 OTTOBRE 2008 N. 19 “NORME PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO”

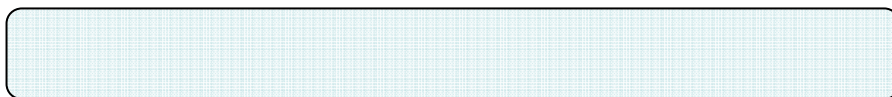
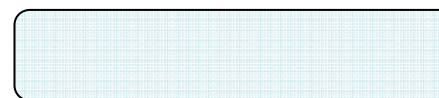
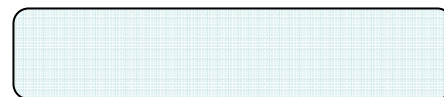




ART. 12

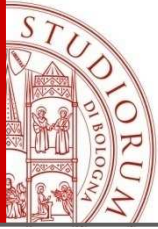


OGGETTO DELLA CONVENZIONE



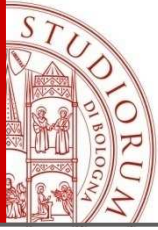


D.M. 14/01/2008
NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI



D.M. 14/01/2008

- 430 pagine + due allegati (A e B)
- 12 capitoli:
 1. Oggetto
 2. Sicurezza e prestazioni attese
 3. Azioni sulle costruzioni
 4. Costruzioni civili e industriali
 5. Ponti
 6. Progettazione geotecnica
 7. Progettazione per azioni sismiche
 8. Costruzioni esistenti
 9. Collaudo statico
 10. Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo
 11. Materiali e prodotti per uso strutturale
 12. Riferimenti tecnici



REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO (CAP.10)

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.

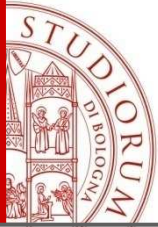
Il progetto deve comprendere i seguenti elaborati:

- 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.



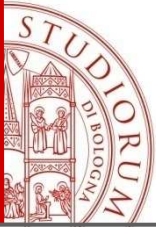
REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO (CAP.10)

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.

- ➔ *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.



REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO (CAP.10)



▪ *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.



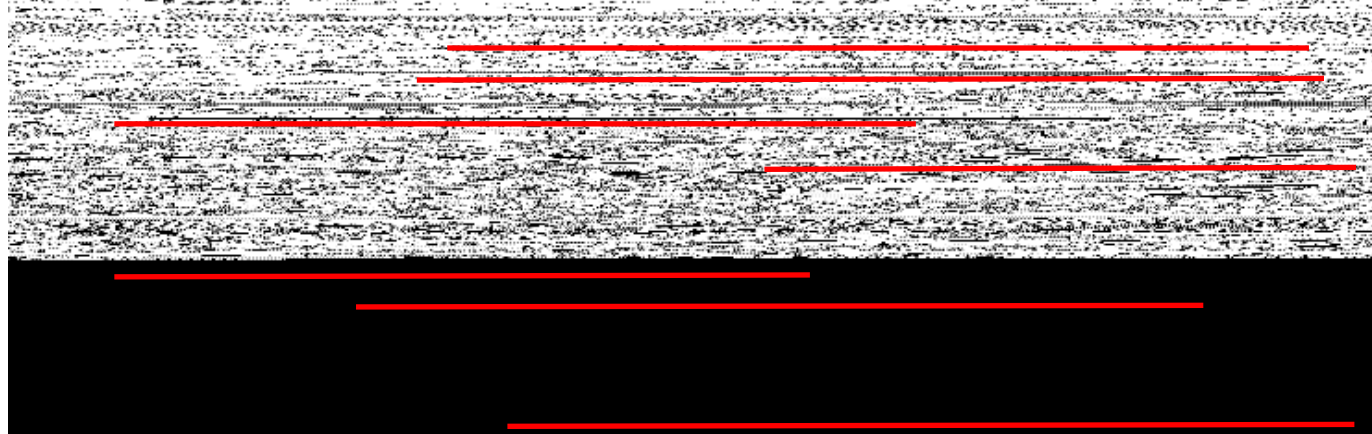
▪ *Validazione dei codici.*

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.



▪ *Modalità di presentazione dei risultati.*

La quantità di informazioni che normalmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo



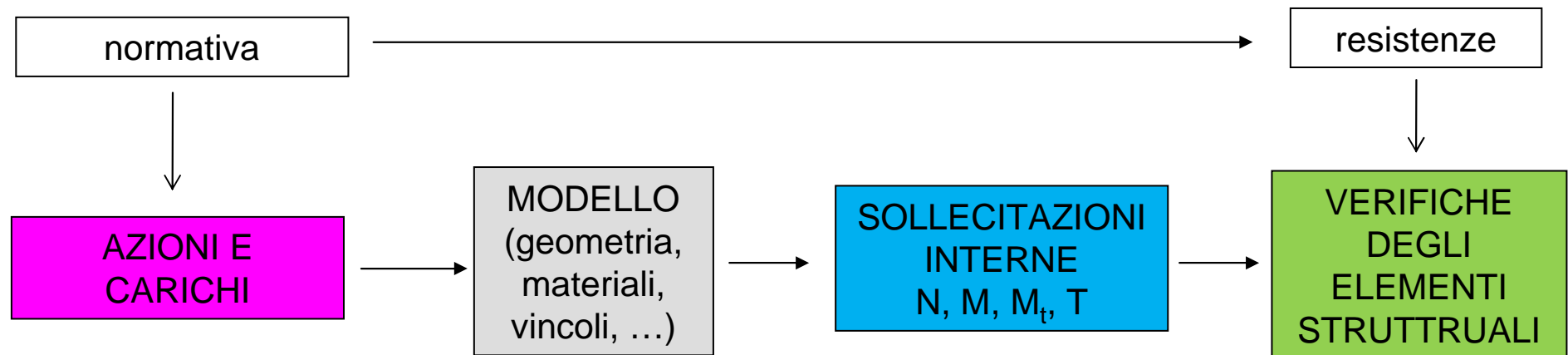
REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO (CAP.10)





PROCESSO PROGETTUALE

Elementi da evidenziare per intelligibilità e riproducibilità:





ELEMENTI SALIENTI DI UNA RELAZIONE DI CALCOLO

- Intelligibilità
- Riproducibilità
- Giudizio motivato
- Azioni / Carichi
- Modello
- Sollecitazioni
- Verifiche



STRUTTURA DI UNA RELAZIONE DI CALCOLO



STRUTTURA DI UNA RELAZIONE DI CALCOLO

Fornisce la dimostrazione numerica della sicurezza dell'opera e del raggiungimento delle prestazioni attese e contiene:

- **Norme di riferimento**
- **Descrizione illustrativa dell'opera: concezione strutturale e schema strutturale adottato**
- **Materiali utilizzati**
- **Analisi dei carichi**

- **Combinazione delle azioni per analisi statica (SLU + SLE)**
- **Analisi statica della struttura** (per tutte le membrature: solai, travi, pilastri, fondazioni, ...):
 - **SLU:**
 - Calcolo delle sollecitazioni allo SLU
 - Verifiche di resistenza allo SLU
 - **SLE:**
 - Calcolo delle sollecitazioni allo SLE
 - Stato limite delle tensioni in esercizio: verifiche tensionali (con H_p di legame costitutivo elastico lineare = legge di Hooke)
 - Stato limite di deformazione: calcolo delle frecce
 - Stato limite di fessurazione: calcolo dell'apertura delle fessure



STRUTTURA DI UNA RELAZIONE DI CALCOLO

- **Combinazione delle azioni (valutazione dei pesi e delle masse, 3.2.4 e 2.5.2) per analisi sismica (SLV + SLD)**
- **Valutazione degli effetti del sisma** (Analisi sismica della struttura secondo una delle metodologie di analisi previste dalle norme prese a riferimento, nel caso dell'esempio presentato: analisi statica lineare)
 - **SLV:**
 - Definizione dell'accelerazione di riferimento (3.2 e 3.4)
 - Fattore di struttura (7.4.3.2)
 - Calcolo delle forze di piano (7.3)
 - Calcolo delle sollecitazioni nelle membrature
 - Verifiche di resistenza (7.3.6, 7.4.4.1.1. e 7.4.4.1.2)
 - Altre verifiche (7.2.5.1, 7.4.4, 7.2.2 e 7.3.1)
 - Dettagli costruttivi (7.4.6 e 7.2.5)
 - **SLD:**
 - Definizione dell'accelerazione di riferimento (3.2 e 3.4)
 - Calcolo delle forze di piano (7.3)
 - Calcolo delle deformazioni della struttura (spostamenti di interpiano)
 - Verifiche al danneggiamento degli elementi strutturali (7.3.7.1)
 - Verifiche di deformabilità (7.3.7.2)

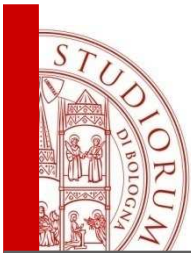


ESEMPIO DI VERIFICA DI CONFORMITA' DEL PROGETTO AI CONTENUTI DELLA NORMATIVA TECNICA

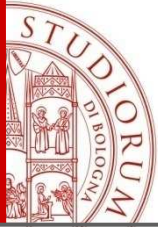


ESEMPIO DI VERIFICA DI CONFORMITA' DEL PROGETTO AI CONTENUTI DELLA NORMATIVA TECNICA

- Analisi formale della documentazione
- Analisi sostanziale del progetto
 - Relazione geologico-geotecnica
 - Analisi dei carichi
 - Parametri identificativi dell'azione sismica
 - Carichi adottati
 - **Modello**
 - **Diagrammi e tabelle delle sollecitazioni (statiche e sismiche)**
 - Verifiche di sicurezza
 - Relazione sulle fondazioni
 - Elaborati grafici (completezza e chiarezza)



SUGGERIMENTI



INTELLIGIBILITA' DI UNA RELAZIONE DI CALCOLO

Al fine di favorire l'intelligibilità di una relazione di calcolo si suggerisce di:

- mettere il **TABULATO DI CALCOLO IN ALLEGATO**;
- **PROCESSO PROGETTUALE**:
 - **AZIONI** (statiche e sismiche, compresi quindi la definizione dei parametri sismici del sito e della struttura e la assunzione del fattore di struttura: a_g , S , q , ...)
 - **DESCRIZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO** (qualora si adottano codici di calcolo automatici)
 - **SOLLECITAZIONI** raccolte in tabelle riassuntive (es. che forniscano, per le condizioni sismiche, per ognuno degli elementi resistenti alle azioni orizzontali, i valori di sforzo normale (max e min), taglio e momento flettente). Tali tabelle riassuntive devono essere “ben raccordate” col tabulato di calcolo
 - **VERIFICHE** dei singoli elementi strutturali
- prestare particolare attenzione ai **RACCORDI** (es. , mediante opportune tabelle sintetiche delle azioni negli elementi strutturali tra progetto dell'elevazione e progetto delle fondazioni)



ERRORI PIU' COMUNI

- **Errata assunzione del fattore di struttura**
- **Errata localizzazione dell'edificio**
- **Errori di “raccordo”:**
 - legno e cls
 - cls e muratura
 - struttura e fondazione
 - prefabbricato e in opera
 - esistente / nuovo
- **Aspetti non considerati**
- **Errori di modellazione:**
 - azioni nell'impalcato
 - eccentricità introdotte artificialmente dal software

SUGGERIMENTI PER VERIFICHE SINTETICHE

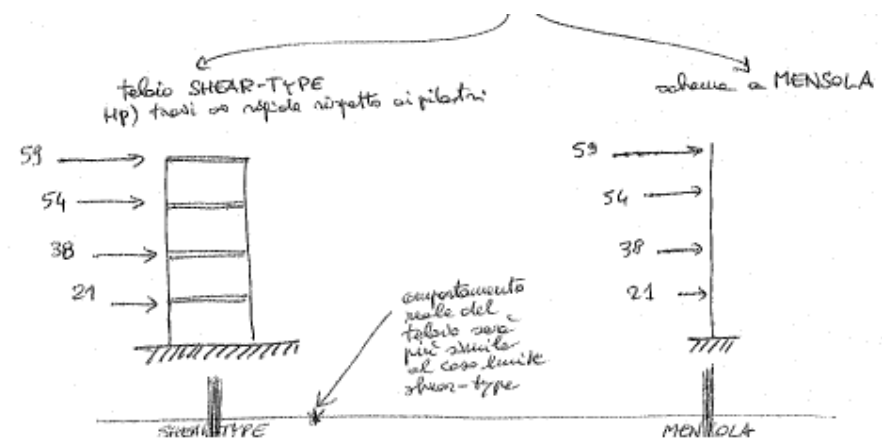
- Taglio alla base

$$T_{tot,base} = \frac{S_d(T_1)}{g} \cdot \lambda \cdot W_{tot}$$

- Momento flettente alla base

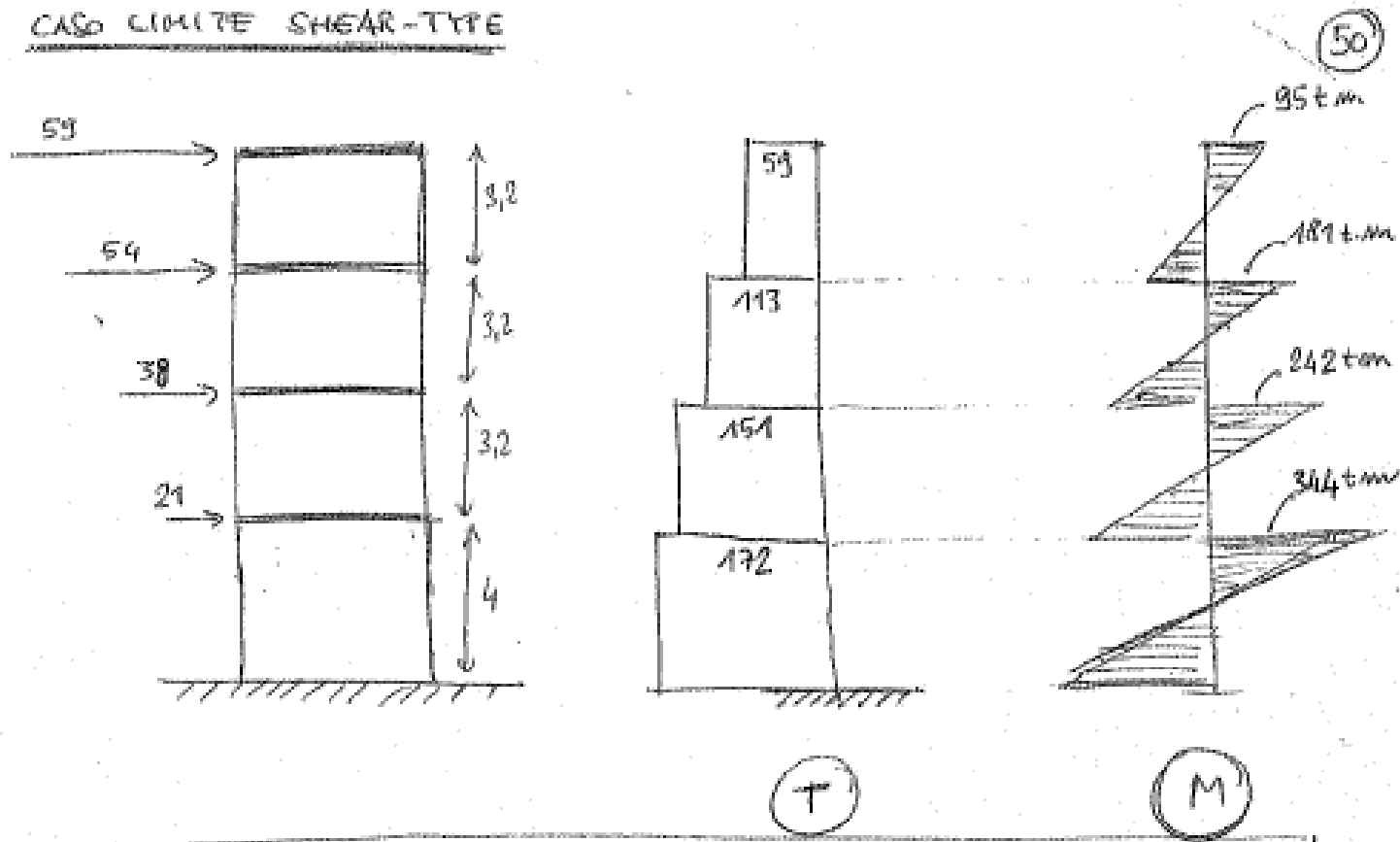
$$M_{tot,base} \cong T_{tot,base} \cdot \frac{2}{3} h_{tot}$$

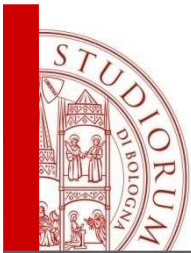
- Schemi semplificati / casi limite:
 - schema shear-type (travi inf. rigide)
 - schema pendolare (mensola)



SUGGERIMENTI PER VERIFICHE SINTETICHE

CASO LIMITE SHEAR-TYPE





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA