

Corso di aggiornamento sul calcolo agli stati limite e sulla normativa sismica

Teramo 24-11-06 - ing. Antonio Perretti, Ph.D

Redazione e controllo dei progetti (capitolo 10 del D.M. 14/9/05).

1

10. NORME PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI ESECUTIVI

10.1. CARATTERISTICHE GENERALI

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di uniformità, chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti.

Il progetto costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e deve definire compiutamente l'intervento da realizzare.

2

OPERE PROVVISORIALI



Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamento, i calcoli e grafici relativi alle opere provvisoriai. ?



3

CONTENUTI

Il progetto deve comprendere:

1. - Relazione generale;
2. - Relazioni di calcolo;
3. - Relazioni sui materiali;
4. - Relazioni specialistiche necessarie per identificare il valore delle grandezze fisiche, meccaniche e chimiche di tutti i fattori che devono essere individuati per la valutazione della sicurezza e del comportamento dell'opera in progetto: (geologica, geotecnica, idrologica, idraulica, sismica, vento, neve);
5. - Elaborati grafici, particolari costruttivi;
6. - Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
7. - Relazione sui risultati sperimentali sui materiali;
8. - Relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini specialistiche necessarie alla realizzazione dell'opera.

4

Regolamento di attuazione L. 109/1994 (Merloni) (D.P.R. 554/1999)

Progetto esecutivo

Art. 35

(Documenti componenti il progetto esecutivo)

1. [...] Il progetto esecutivo è composto dai seguenti documenti:
- a) relazione generale;
 - b) relazioni specialistiche;
 - c) elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale;
 - d) calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti;
 - e) piani di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
 - f) piani di sicurezza e di coordinamento;
 - g) computo metrico estimativo definitivo e quadro economico;
 - h) cronoprogramma;
 - i) elenco dei prezzi unitari e eventuali analisi;
 - l) quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera per le diverse categorie di cui si compone l'opera o il lavoro;
 - m) schema di contratto e capitolato speciale di appalto.

5

LA RELAZIONE DI CALCOLO

Particolare cura andrà posta nello sviluppare la relazione di calcolo, in particolare per le analisi svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica di calcolazioni complesse, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera relazione di calcolo.

6

10.2. RELAZIONE GENERALE

La Relazione generale contiene una descrizione generale dell'opera, con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali), e le interferenze con il territorio circostante ed ancor più con le costruzioni esistenti;

le caratteristiche del sito ove l'opera viene realizzata; le principali caratteristiche

geologiche del terreno di sedime;

il tipo e le caratteristiche dei materiali strutturali impiegati;

il tipo di azioni che saranno considerate ai fini del dimensionamento strutturale;

le prestazioni attese della costruzione in termini di condizioni di esercizio e di funzionamento, distorsioni ammissibili ovvero vibrazioni ecc, **la classe della costruzione e la vita di servizio e le procedure per la**

7

10.3. RELAZIONE DI CALCOLO

La Relazione di calcolo contiene la dimostrazione numerica della sicurezza dell'opera e del raggiungimento della prestazioni attese ed inoltre:

- i criteri alla base della concezione strutturale;
 - le normative prese a riferimento
 - i criteri adottati per le misure della sicurezza;
 - i criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconnessioni;
- particolare attenzione va rivolta ai problemi riguardanti l'interazione tra terreno e struttura;
- la schematizzazione delle azioni nonché le condizioni e le combinazioni di carico considerate;
 - i legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni;
 - una motivazione circa la rappresentatività del modello utilizzato, tenendo conto anche dell'eventuale successione di diverse fasi costruttive, di variazioni di schemi di vincolo, etc.
- ? - le metodologie utilizzate per l'analisi strutturale, siano esse analitiche o numeriche;
- le prestazioni attese al collaudo.
- Allo stesso modo dovranno essere indicate le metodologie seguite per la

8

10.4. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Ai fini della leggibilità degli elaborati, la Relazione di calcolo deve contenere disegni dello schema statico, con i dettagli riguardanti le unità di misura, i sistemi di riferimento, le dimensioni, i vincoli e le sconnessioni, le caratteristiche sezionali, la disposizione e l'intensità dei carichi, la configurazione dei sistemi che introducono stati coattivi, la distribuzione di distorsioni impresse e delle variazioni e dei gradienti di temperatura, le caratteristiche dei materiali e dei legami costitutivi adottati, le combinazioni di carico. Vanno posti in evidenza i punti e/o le sezioni di restituzione dei risultati.

Il complesso dei dati riguardanti il modello di calcolo deve essere tale da consentire a soggetti diversi dall'estensore della relazione di calcolo di sviluppare elaborazioni indipendenti.

9

10.5. SINTESI DEI RISULTATI

L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici che evidenzino con chiarezza i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

10

10.6. MISURA DELLA SICUREZZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

In funzione della metodologia adottata per effettuare la misura della sicurezza degli elementi strutturali, andranno riportati tutti gli elementi che consentano di verificare:

- il rispetto delle disequivalenze riguardanti gli stati limite di esercizio;
- il rispetto delle disequivalenze riguardanti gli stati limite ultimi;
- il rispetto dei vincoli riguardanti la deformabilità e duttilità delle sezioni.

Nel caso di verifica automatica delle sezioni occorre indicare, per ciascuna sezione le caratteristiche geometriche, le caratteristiche di sollecitazione ed i risultati corrispondenti.

11

10.7. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Fermo restando quanto generale in precedenza detto, le relazioni di calcolo devono possedere secondo quanto già esposto nei paragrafi precedenti, la analisi strutturale, le verifiche sezionali o altre calcolazioni siano svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, si devono fornire le seguenti ulteriori indicazioni:

• Tipo di analisi svolta

(Analisi statica o dinamica, lineare o non lineare. Metodo numerico adottato per la risoluzione del problema strutturale. Metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni).

12

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

(Titolo, autore, distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso, in accordo a quanto prescritto dalle normative in vigore in tema di tutela del software).

- Affidabilità dei codici utilizzati

(Esauriente documentazione sull'inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sull'impostazione generale della sua traduzione numerica. Casi prova che consentano un controllo ed un riscontro sull'affidabilità e la robustezza del codice stesso.

Presenza nel codice di filtri di autodiagnostica. Sintetica rappresentazione dei risultati salienti, per consentire un rapido controllo dei risultati).

Le indicazioni riguardanti l'affidabilità dei codici, che il Progettista deve riportare nella sua Relazione di Calcolo, devono essere fornite dal distributore del codice stesso.

13

SCELTA DEI CODICI

Il codice di calcolo utilizzato deve fondarsi su di un modello matematico coerente con i criteri adottati per modellare la tipologia strutturale, i vincoli, le azioni ed i materiali nell'ambito del tipo di analisi svolta.

14

Modalità di presentazione dei risultati

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata.

L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.

Di tali grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, vanno chiaramente evidenziati i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

15

Informazioni generali sull'elaborazione

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

16

Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico

Va verificato che la soluzione ottenuta non sia viziata da **errori di tipo numerico** legati all'algorithmo risolutivo ed alle caratteristiche dell'elaboratore.



17

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Il progettista deve effettuare una valutazione complessiva circa l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi automatica.

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.

18

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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.



19

Chi l'ha scritto?

[...] In relazione a questo (il calcolo non lineare delle strutture), è da notare che i programmi a plasticità diffusa, una volta definito il legame non lineare dei materiali, non richiedono particolare perizia da parte dell'operatore e facilmente sono in grado di fornire la curva di capacità della struttura [...]

20