

CAPITOLO C10.

REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E
DELLE RELAZIONI DI CALCOLO



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

Anche per la progettazione geotecnica e per le costruzioni esistenti si applicano i criteri di redazione della progettazione strutturale di cui al Capitolo 10 delle NTC, salvo quanto aggiunto e/o diversamente indicato rispettivamente nei Capitoli 6 e 8 delle NTC e nei Capitoli C6 e C8.

Per la redazione dei progetti degli interventi strutturali di edifici tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/2006 si fa riferimento alle specifiche disposizioni del settore, di legge e regolamentari.

C10.1 CARATTERISTICHE GENERALI

La disciplina dei contenuti della progettazione esecutiva strutturale che riguarda, essenzialmente, la redazione della relazione di calcolo e di quelle specialistiche annesse (geologica, geotecnica, sismica ecc.), degli elaborati grafici e dei particolari costruttivi nonché del piano di manutenzione, salvo diverse disposizioni normative di settore, trova riferimento:

- nel T.U. dell'edilizia D.P.R. n. 380/2001 di cui vanno osservate modalità e procedure;
- nel vigente Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi e forniture;
- nel decreto relativo ai livelli della progettazione, di cui all'articolo 23, comma 3 del sopra citato Codice.

In ogni caso il progetto deve essere redatto in modo da *"assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture e di evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità"* (D.P.R. n. 380/2001 art. 64) ed escludere, per quanto possibile, *"la necessità di variazioni in corso di esecuzione"*.

A tale scopo il § 10.1 delle NTC prescrive che il progetto strutturale, tenuto conto dei riferimenti legislativi sopra richiamati, debba essere informato a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti, che definiscano compiutamente l'intervento da realizzare, comprensivo degli aspetti costruttivi e, ove previsti, di montaggio, restando esclusi soltanto i piani operativi di cantiere e i piani di approvvigionamento (ad esempio intesi come distinte dei materiali).

Il progetto strutturale si compone dei seguenti elaborati:

- 1) relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera, dei criteri generali di analisi e di verifica, nonché degli esiti delle elaborazioni di calcolo;
- 2) relazione sui materiali;
- 3) elaborati grafici, particolari costruttivi;
- 4) piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera;
- 5) relazioni specialistiche sui risultati sperimentali forniti dalle indagini eseguite.

La progettazione esecutiva delle strutture è effettuata unitamente alla progettazione esecutiva delle opere civili al fine di prevedere ingombri, passaggi, cavedi, sedi, attraversamenti e simili e di definire e ottimizzare le fasi di realizzazione.

I calcoli esecutivi delle strutture e le relative verifiche, nell'osservanza delle normative vigenti, possono essere eseguiti anche mediante utilizzo di programmi informatici, avendo cura in ogni caso di riportare in dettaglio la definizione ed il dimensionamento delle strutture stesse in ogni loro aspetto generale e particolare, in modo da limitare il più possibile la necessità di variazioni in corso d'opera.

Relazione di calcolo strutturale

La relazione di calcolo strutturale deve comprendere almeno:

- l'illustrazione dell'opera nel suo complesso, del suo uso, della sua funzione nonché dei criteri normativi di sicurezza specifici della tipologia della costruzione con i quali la struttura progettata deve risultare compatibile; la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali) e delle interferenze, in particolare con le costruzioni esistenti limitrofe; le caratteristiche geomorfologiche e topografiche del sito ove l'opera viene realizzata. Analogamente, nel caso di intervento sull'esistente, non si può prescindere dalla accurata descrizione del sito sul quale ricade l'opera esistente sulla quale si interviene e delle caratteristiche dell'opera stessa;
- le normative di riferimento;
- la descrizione del modello strutturale, correlato con quello geotecnico, ed i criteri generali di analisi e verifica;
- la presentazione e la sintesi dei risultati, preferibilmente anche in forma grafica.

Relazione sui materiali

La relazione sui materiali deve descrivere le caratteristiche dei materiali ed i prodotti per uso strutturale previsti nel progetto, evidenziandone la corrispondenza alle specifiche di progetto ed alle disposizioni delle NTC, in termini di identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel Capitolo 11 delle NTC.



Atteso che i materiali ed i prodotti di cui è prevista in progetto l'utilizzazione, devono essere poi sottoposti alle procedure ed alle prove sperimentali di accettazione, prescritte nelle NTC, queste devono essere dettagliatamente richiamate nella Relazione sui materiali.

Una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione programmata, sono necessari per garantire la durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture; indicare gli accorgimenti adottati ai fini della durabilità è altresì essenziale affinché i livelli di sicurezza previsti vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera.

Elaborati grafici

Gli elaborati grafici del progetto strutturale devono comprendere almeno:

- tutti i disegni che definiscono il progetto architettonico e d'insieme (planimetrie, piante, sezioni delle opere e del terreno con la sua sistemazione, prospetti, ecc.), sui quali va riportata con evidenza l'esatta posizione delle strutture e del loro ingombro, a tutti i livelli comprese le fondazioni rispetto al terreno. Nel caso di interventi previsti su costruzioni esistenti, i disegni devono riportare un dettagliato rilievo delle strutture esistenti sulle quali si interviene;
- la rappresentazione degli elementi predisposti per la ispezione e manutenzione delle strutture;
- tutti i disegni in fondazione ed in elevazione, in scala adeguata, accuratamente quotati della carpenteria delle strutture (piante e sezioni) e degli interventi sulle strutture esistenti, con la precisa indicazione della foronomia prevista per cavedi e passaggio di impianti ed apparecchiature.

In particolare, gli elaborati grafici di insieme (carpenterie, profili e sezioni) da redigere in scala non inferiore ad 1:50, e gli elaborati grafici di dettaglio da redigere in scala non inferiore ad 1:10, devono contenere fra l'altro:

- per le strutture in cemento armato o in cemento armato precompresso: i tracciati dei ferri di armatura con l'indicazione delle sezioni e delle misure parziali e complessive, del copriferro e dell'interferro, nonché i tracciati delle armature per la precompressione; resta esclusa soltanto la compilazione delle distinte di ordinazione a carattere organizzativo di cantiere;
- per le strutture metalliche o lignee o realizzate con altri materiali composti per elementi: tutti i profili e i particolari relativi ai collegamenti, completi nella forma e spessore delle piastre, del numero e posizione di chiodi e bulloni, dello spessore, tipo, posizione e lunghezza delle saldature; resta esclusa soltanto la compilazione dei disegni di officina e delle relative distinte pezzi;
- per le strutture murarie, tutti gli elementi tipologici e dimensionali atti a consentirne l'esecuzione.

Nelle strutture che si identificano con l'intero intervento, quali ponti, viadotti, pontili di attracco, opere di sostegno delle terre e simili, il progetto esecutivo deve essere completo di particolari esecutivi di tutte le opere integrative.

Su ogni elaborato grafico vanno indicati la classe e le caratteristiche del calcestruzzo, il tipo di acciaio o di ogni altro metallo, la tipologia dei solai e le caratteristiche del legno e di ogni materiale e prodotto da impiegarsi.

Particolari costruttivi

I particolari costruttivi vanno definiti, numerati ed indicati sugli elaborati grafici di insieme del progetto strutturale; devono essere progettati in conformità alle indicazioni delle NTC per ogni tipologia di nuova struttura o di intervento sulle costruzioni esistenti; inoltre devono illustrare, a titolo indicativo e non esaustivo:

- ogni tipo di sezione e di nodo con le posizioni delle armature provenienti da qualsiasi direzione;
- i solai;
- le giunzioni degli elementi di carpenteria metallica;
- i dispositivi di ancoraggio dei cavi di precompressione;
- gli apparecchi e i dispositivi di ogni tipo (appoggi, respingenti, isolatori, ecc.);
- l'ancoraggio alla struttura degli elementi predisposti per la ispezione e manutenzione delle strutture;
- i prodotti, in particolare prefabbricati, da impiegarsi, nonché il dettaglio della carpenteria di fori da predisporre per il passaggio di impianti, di apparecchi ecc. con le relative armature metalliche.

Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera

Il piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione delle strutture - coordinato con quello generale della costruzione - costituisce parte essenziale della progettazione strutturale. Esso va corredato, in ogni caso, del manuale d'uso, del manuale di manutenzione e del programma di manutenzione delle strutture.



Relazioni specialistiche

Quando previsto dalle NTC, fanno parte integrante del progetto e possono essere eventualmente redatte da uno specialista, ferma restando la responsabilità del progettista dell'opera, le seguenti relazioni specialistiche:

- 1) Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1);
- 2) Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (§ 6.2.2 delle NTC e § C 6.2.2);
- 3) Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione (§ 3.2 delle NTC e § C3.2), contenente il riferimento a tutti i parametri ed i coefficienti in base ai quali sono state determinate le azioni sismiche da applicare.

C10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO**C10.2.1 RELAZIONE DI CALCOLO**

La Relazione di calcolo deve essere redatta dal progettista con tutta la cura necessaria affinché la presentazione delle impostazioni del calcolo e dei risultati finali ne garantisca la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

La relazione di calcolo, a tal fine, oltre a quanto già precisato al precedente § C10.1, deve comprendere, senza ambiguità ed in modo esaustivo:

- a) il tipo di analisi svolta
 - a.1) analisi statica o dinamica, lineare o non lineare;
 - a.2) il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale;
 - a.3) le metodologie seguite per le verifiche o per il progetto-verifica delle sezioni;
 - a.4) le combinazioni di carico adottate;
 - a.5) i criteri seguiti per la modellazione;
- b) informazioni sull'origine, le caratteristiche e la validazione dei codici di calcolo:
 - b.1) titolo, autore, produttore, distributore, versione, estremi della licenza o di altro titolo d'uso;
 - b.2) documentazione fornita dal produttore e dal distributore a corredo del programma:
 - una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati;
 - l'individuazione dei campi d'impiego;
 - i casi di prova interamente risolti e commentati con files di input che consentano la riproduzione dell'elaborazione;
 - b.3) l'esame preliminare, condotto dal progettista delle strutture, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
 - b.4) l'esame della documentazione fornita dal produttore o dal distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione del programma;

Particolare attenzione assume quindi la modalità di presentazione dei risultati, che deve costituire una sintesi completa ed efficace, capace di riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

I valori numerici di ogni elaborazione, preceduti dall'indicazione della convenzione sui segni e delle unità di misura, devono essere sintetizzati mediante disegni, schemi grafici rappresentativi almeno delle parti più sollecitate della struttura e delle configurazioni delle deformate, rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione, delle componenti degli sforzi, nonché dei diagrammi di involuppo associati alle combinazioni di carichi considerate, degli schemi grafici con la rappresentazione delle azioni applicate e delle corrispondenti reazioni vincolari.

Al fine delle verifiche e della valutazione del comportamento complessivo della struttura, devono essere chiaramente evidenziati i valori numerici necessari nei punti e nelle sezioni significative della struttura stessa.

Si sottolinea, infine, l'importanza della disposizione contenuta nelle NTC, per cui i tabulati forniti dai programmi di calcolo, cui la Relazione di calcolo deve fare riferimento, non devono far parte integrante della Relazione stessa, ma costituirne un allegato. Tale disposizione ha il fine di impedire che, come talvolta accade, la Relazione di calcolo sia costituita essenzialmente dal solo tabulato dei calcoli fornito dal programma utilizzato, rendendo estremamente difficile se non talvolta impossibile, da parte degli organi e/o delle figure preposte ad un eventuale controllo, riscontrare tutte quelle informazioni sull'impostazione progettuale, i parametri ed i coefficienti scelti, gli elementi strutturali più sollecitati, come sopra descritti, che devono essere posti a base della Relazione di calcolo vera e propria.



C10.2.2 VALUTAZIONE INDIPENDENTE DEL CALCOLO

Nel caso di opere di particolare importanza, ritenute tali dal Committente, il progettista delle strutture deve effettuare un controllo incrociato sui risultati delle calcolazioni; può essere utile, in taluni casi, il confronto con i risultati ottenuti dalla ripetizione dei calcoli da parte di un soggetto qualificato, prescelto dal Committente, diverso dal progettista originario delle strutture; la ripetizione del calcolo deve essere eseguita generalmente mediante l'impiego di programmi automatici diversi da quelli impiegati originariamente.

