

**DAL PROGETTO AL COLLAUDO:
NOVITA' NELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
(aggiornate al D.M. 14 GENNAIO 2008)**

Ing. Silvia Collepari

1) INTRODUZIONE

In questo documento sono esaminate le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate con D.M. del 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. del 4 Febbraio 2008 ed in vigore dal 5 Marzo 2008. Queste NTC rappresentano una versione aggiornata della prima edizione delle NTC emanata con D.M. del 14 Settembre 2005 e contengono molte e significative variazioni rispetto al D.M. del Gennaio 1996 sul calcestruzzo armato.

In particolare, verranno esaminate le responsabilità delle seguenti figure nel settore delle costruzioni in calcestruzzo: il Progettista, il Direttore dei Lavori, l'Appaltatore, il Produttore di calcestruzzo preconfezionato, il Laboratorio Ufficiale per le prove di accettazione sui materiale e il Collaudatore.

2) VITA NOMINALE E CLASSI D'USO DELLA STRUTTURA (§ 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3 NTC)

Secondo le NTC (paragrafo 2.4.1) il Progettista **deve** dichiarare nel progetto la “**Vita nominale**” della struttura intesa come numero di anni nel quale la struttura, purché sottoposta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per la funzione a cui è destinata. Rispetto alla precedente versione del DM (14 Settembre 2005), scompare il coinvolgimento del Committente nel definire la vita nominale della struttura di concerto con il Progettista.

La scelta di questa importante caratteristica -che rappresenta un significativo cambiamento rispetto alle precedenti norme di legge sulle costruzioni in c.a. del 1996- è facilitata **dalla Tabella 2.4.I** nel testo originale delle NTC nella quale si individuano i seguenti tre **tipi di strutture**:

Tipo 1: Opere provvisorie e strutture in fase costruttiva con vita nominale (V_n) ≤ 10 anni

Tipo 2: Opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o importanza normale con vita nominale (V_n) ≥ 50 anni.

Tipo 3: Grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o importanza strategica con vita nominale (V_n) ≥ 100 anni.

Nella **Tabella 1a** sono sinteticamente mostrate le summenzionate suddivisioni nei tre Tipi di Struttura, con la relativa vita nominale.

In caso di verifica nei confronti di **azioni sismiche**, al paragrafo 2.4.2 delle NTC, le costruzioni vengono anche suddivise nelle quattro classi d'uso in base ai seguenti criteri:

- **Classe d'uso I:** edifici agricoli e costruzioni con presenza solo occasionale di persone
- **Classe d'uso II:** include le normali costruzioni viarie o ferroviarie la cui eventuale interruzione non provoca situazioni di emergenza, le costruzioni per industrie con attività non pericolose, edifici e costruzioni con normali affollamenti, costruzioni senza funzioni pubbliche e sociali di rilevante importanza.
- **Classe d'uso III:** include costruzioni con affollamenti significativi in esercizio, reti ferroviarie e viarie le cui interruzioni possono provocare situazioni di emergenza, industrie con attività pericolosa per l'ambiente.
- **Classe d'uso IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità; industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente; reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento

sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica; strutture di importanza strategica o pericolosità eccezionale (ad es. il MOSE a Venezia o il Ponte sullo Stretto di Messina o i depositi per rifiuti radioattivi).

Ad ogni classe d'uso della struttura corrisponderà un coefficiente d'uso da utilizzare nel calcolo del periodo di riferimento (V_r) necessario per la verifica sismica (paragrafo 2.4.3 delle NTC). Nella **Tabella 1b** sono sinteticamente mostrate le summenzionate classificazioni.

Le NTC, pertanto, non escludono che in casi straordinari possano essere previste costruzioni con una vita utile maggiore di 100 anni, purché si valutino le azioni con appositi studi e, in caso di verifica alle azioni sismiche, si considerino i periodi di riferimento (V_r) riportati in **Tabella 1b**.

Tabella 1a - Vita nominale della struttura

VITA NOMINALE, V_n (anni)	STRUTTURA
	TIPO
≤ 10	1: Opere provvisorie e strutture in fase costruttiva
>50 anni	2: Opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o importanza normale
>100 anni	3: Grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o importanza strategica

Tabella 1b - Classi d'uso della struttura e periodi di riferimento in caso di verifica sismica

VITA NOMINALE V_n (anni)	VALORI DI PERIODO DI RIFERIMENTO $V_R = V_n \cdot C_u$ (e minimo 35 anni)			
	CLASSE D'USO e COEFFICIENTE D'USO (C_u)			
	I edifici agricoli o occupati occasionalmente da persone $C_u = 0.7$	II dimensione, costo o rischio normale $C_u = 1$	III dimensione, costo o rischio alto $C_u = 1.5$	IV con dimensione, costo o rischio eccezionale $C_u = 2$
≤ 10 (1)	35	35	35	35
≥ 50 (2)	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100 (3)	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

La definizione stessa del concetto di “Vita nominale” riportata nelle NTC suggerisce che, alla scadenza della vita nominale dichiarata in progetto valutata a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico, la struttura dovrà essere sottoposta ad una nuova valutazione della sicurezza così come descritto dettagliatamente nel **Capitolo 8 delle NTC** dedicato alle “Costruzioni esistenti”.

Si può notare come da una parte sia fatto obbligo di dichiarare nel progetto l'appartenenza ad una Classe e ad un Livello di sicurezza, mentre dall'altra è lasciato alla libera responsabilità del Progettista la interpretazione sulla scelta di suddette caratteristiche.

3) VERIFICHE DI SICUREZZA, DI FUNZIONALITA', DI ROBUSTEZZA E SCELTA DEI MODELLI CALCOLO

Nel Capitolo 2 delle NTC sono descritte le strutture e gli elementi strutturali che devono essere progettati, eseguiti, collaudati e sottoposti a manutenzione ordinaria affinché la loro sicurezza e la prevista funzionalità siano garantite nei confronti dell'insieme degli stati limite e di eventuali azioni eccezionali verosimili che si possano manifestare durante le vita nominale della struttura (paragrafi 2.1 e 2.3 NTC) in funzione dell'uso e del tipo della struttura nonché delle conseguenze del danno o del collasso con riguardo a persone, beni e possibili turbative sociali. Le verifiche delle strutture andranno eseguite con il metodo degli stati limiti così come definiti ai paragrafi 2.2 e 4.1.2. E' ammessa ancora la verifica con il metodo semplificato alle tensioni ammissibili (paragrafo 2.7 NTC) solo per edifici di Tipo 1 e 2 e Classe d'uso 1 o 2 limitatamente a siti ricadenti in zona sismica 4, nonché, nel caso di edifici in muratura, di geometria semplice (paragrafo 4.5.6.4 NTC).

In particolare, si definisce uno **stato limite ultimo** (paragrafi 2.2.1 e 4.1.2.1 NTC) lo stato al superamento del quale si abbia collasso strutturale, perdita di equilibrio o comunque dissesti irreversibili con gravi conseguenze. Correlata alle verifiche agli stati limite Ultimi è anche la valutazione della sicurezza della struttura (paragrafo 2.3 NTC).

La scelta di una determinata vita nominale e classe d'uso con un definito livello di sicurezza, comporterà da parte del Progettista l'adozione diverse combinazioni (fondamentale, frequente, rara, ecc...) con diversi coefficienti sicurezza e diversi periodi di ritorno delle azioni di calcolo nelle verifiche degli Stati Limite Ultimi. Si definisce invece **stato limite di esercizio** (paragrafi 2.2.2. e 4.1.2.2 NTC) lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione di progetto dell'opera. Il Progettista deve definire gli stati limite di esercizio al superamento del quale corrisponde la perdita di un particolare requisito ritenuto indispensabile per la funzionalità e la durabilità dell'opera (es. formazione di fessure nel calcestruzzo di apertura superiore ad un prefissato valore oppure deformazioni eccessive per l'efficienza della struttura).

Le NTC introducono, inoltre, il concetto di **robustezza** (paragrafo 2.1 NTC) intendendo con essa la capacità della struttura di sopportare danneggiamenti locali provocati da singoli eventi eccezionali (es, urto, scoppio, incendio per i quali vengono suggeriti al cap. 3.6 delle NTC dei modelli non probabilistici) senza subire un collasso totale ovvero con un degrado di prestazioni non sproporzionato alla causa che lo ha provocato. Un esempio di scarsa robustezza può essere rappresentato dalla Torri Gemelle di New York che nel 2001 subirono un collasso di tutte le strutture ancorché esposte ad un evento straordinario ma non impossibile da prevedere quale l'impatto di un aereo in una localizzata parte della struttura.

E' responsabilità del Progettista individuare i possibili **scenari** prevedibili, la eventuale concomitanza con altre azioni variabili, la scelta degli strumenti per garantire la robustezza ad esempio aumentando l'iperstaticità e la duttilità della struttura, compartimentando la struttura oppure prevedendo delle barriere alle azioni a protezione della struttura. Ovviamente è sempre responsabilità del Progettista effettuare la verifica strutturale a tali azioni.

Per ogni stato limite da verificare, il progetto richiede che vengano preliminarmente fissati dei **modelli** che schematizzino le azioni, la geometria degli elementi costruttivi, i materiali ed i terreni nonché dei modelli di calcolo per la trasformazione delle azioni (**F**) in sollecitazioni (**E**, effetti delle azioni) e per la trasformazione delle proprietà dei materiali in capacità portanti della struttura (**R**, resistenza). Nella precedente edizione 2005 delle NTC, al paragrafo 2.3 , il

concetto dei modelli era sviluppato più ampiamente rispetto a quanto presente nello stesso paragrafo dell'ultima edizione 2008.

Il Progettista dovrà adottare i criteri probabilistici scientificamente comprovati quali il metodo semi-probabilistico agli stati limiti (detto di primo livello) riportato nelle NTC ai cap. da 3 a 6. Tuttavia, le NTC ammettono la possibilità di adottare altri metodi di livello superiore tratti da documentazione tecnica di comprovata validità.

Ovviamente, la **responsabilità delle verifiche agli stati limiti** (paragrafi 2.2.3, 2.5.3, 2.6.2, 4.1.2.1 e 4.1.2.2 delle NTC) con i modelli definiti in fase di progetto è poi tutta del **Progettista**. In particolare, il Progettista dovrà effettuare suddette verifiche agli stati limite sia in fase di progetto sulla base delle caratteristiche meccaniche dei materiali presunte da dati di letteratura, sulle ipotesi delle varie fasi costruttive e sulla caratterizzazione del terreno mediante indagini preliminari sia in fase di esecuzione e collaudo sulla base delle caratteristiche meccaniche dei materiali e dei terreni misurate durante la realizzazione dell'opera.

4) DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

E' questo un altro aspetto molto innovativo (paragrafo 11.2.11 NTC), rispetto alle precedenti normative del '96, che coinvolge direttamente il Progettista nel fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), lo spessore del copriferro e le regole di maturazione, per garantire la durabilità delle strutture per la vita attesa di servizio da lui stesso individuata.

Seguendo la generale filosofia prestazionale anziché prescrittiva, queste *Norme Tecniche per le Costruzioni*, mentre impongono al **Progettista** di stabilire i **criteri di durabilità** in base anche al sito dove sorgerà l'opera (**classe di esposizione**) ed alle condizioni di impiego, lasciano ampia possibilità di scelta delle norme e procedure tecniche da utilizzare per la definizione e la verifica delle specifiche di durabilità. Le NTC riportano come utile riferimento per il Progettista le norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104 per individuare la classe di resistenza capace di garantire la durabilità in funzione della classe di esposizione ambientale. Il Progettista potrà anche definire dei criteri aggiuntivi per valutare la durabilità quale, ad esempio, l'impermeabilità del calcestruzzo all'acqua misurabile secondo la procedura della norma UNI EN 12390-8.

Per la garanzia della durabilità delle struttura, come specificato al paragrafo 12 delle NTC, il Progettista **può** anche **far riferimento** ad altra letteratura tecnica consolidata o ad **altre normative** (per esempio Eurocodici strutturali CEN, Norme UNI EN armonizzate, Istruzioni del Cons. Sup. dei LL.PP. o del CNR, Linee guida del STC, altri codici internazionali quali quelli dell'ACI, *American Concrete Institute* o dell'ASCE, *American Society of Civil Engineering*) purché ne faccia esplicita menzione nel progetto.

5) SPECIFICHE DEL CALCESTRUZZO E CLASSI DI RESISTENZA

Nei paragrafi 4.1 e 11.2.1, le NTC precisano che il Progettista (o il Direttore tecnico di stabilimento per elementi prefabbricati in serie) **deve** indicare la resistenza convenzionale a compressione caratteristica misurata su provini cubici (R_{ck}) nonché altre indicazioni sulla composizione del calcestruzzo in funzione delle classi di esposizione e del requisito di durabilità delle opere. Oltre alla resistenza a compressione caratteristica (riferita a provini cubici maturati a 20°C per 28 giorni), il Progettista potrà indicare anche altri tempi di maturazione a cui riferire la resistenza cubica (ad esempio, la R_{cm} alle brevi stagionature necessaria al momento della precompressione di un elemento in c.a.p.).

Un'interessante novità di queste *Norme Tecniche per le Costruzioni* in calcestruzzo (Tabella 4.1.11 NTC) riguarda l'incremento della resistenza meccanica a compressione (R_{ck}) consentita per le costruzioni in c.a. e/o c.a.p., rispetto al precedente D.M. del Gennaio 1996. Nella **Tabella 2** vengono mostrate le varie classi di resistenza secondo la denominazione normalizzata (C_{fk} / R_{ck}) in funzione della tipologia di costruzioni.

La principale novità rispetto alla precedente normativa nazionale del '96, consiste nella possibilità che il Progettista specifichi calcestruzzi ad alta classe di resistenza (con R_{ck} **fino a 85 N/mm²**) purché prima dell'inizio dei lavori si verifichino, con prove di prequalifica, tutte le grandezze fisico-meccaniche che influenzano la resistenza e la durabilità.

6) REGOLE PER L'ESECUZIONE DEL PROGETTO

Un altro compito importante affidato al Progettista (paragrafi 4.1.7 - 11.2.1 NTC) riguarda le **regole esecutive** (cautele da adottare per gli impasti, posa in opera, maturazione dei getti e disarmo degli elementi strutturali). Queste regole **debbono** essere descritte nel progetto tenendo conto della particolarità dell'opera, del clima e della tecnologia costruttiva.

Come è consuetudine di queste NTC, mentre viene fatto esplicito **obbligo** di descrivere nel progetto queste regole esecutive, si lascia alla libertà del Progettista la possibilità di far riferimento a norme nazionali o internazionali per i dettagli esecutivi: nel caso specifico il Progettista **può** fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo - Requisiti comuni". Ciò non esclude tuttavia che il Progettista possa far riferimento a raccomandazioni estere collaudate come per esempio quelle dell'*American Concrete Institute*.

Tabella 2 - Classi di resistenza in funzione del tipo di costruzione.

CLASSE DI RESISTENZA C f _{ck} /R _{ck} (MPa)	TIPOLOGIA DI COSTRUZIONE
C8/10	Strutture non o poco armate (Fe<0.1%, §4.1.11)
C12/15	
C16/20	Strutture in c.a.
C20/25	
C25/30	
C28/35	Strutture in c.a. e c.a.p.
C32/40	
C35/45	
C40/50	
C45/55	
C50/60	Strutture in c.a. e c.a.p. con prove di prequalifica su R _{ck} e altre grandezze fisico-meccaniche
C55/67	
C60/75	
C70/85	
C88/95	Strutture in c.a. e c.a.p. con autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei LL.PP.
C90/105	

7) CONTROLLO SUI MATERIALI PER IL CONFEZIONAMENTO C.A. E C.A.P.

Una importante novità (paragrafo 11.1 NTC) relativamente ai controlli su materiali e prodotti utilizzati è che il **Servizio Tecnico Centrale** potrà attivare un sistema di **vigilanza** presso i cantieri ed i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle disposizioni descritte al Capitolo 11 delle NTC.

7.1) Il controllo della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (paragrafo 11.2.9 NTC)

E' responsabilità **del produttore delle materie prime** distribuire materiali o prodotti che siano conformi alle specifiche tecniche europee e/o nazionali in vigore. Anche se non espressamente richiamato dalle NTC, per i prodotti soggetti a obbligo di marcatura CE secondo norme europee armonizzate, tale obbligo deve essere rispettato e, in caso di contrasto con alcune parti delle NTC, i requisiti previsti dalla marcatura CE risulteranno prevalenti su quelli

delle NTC (paragrafo 11.1 NTC). Nei casi in cui sia prevista la **marcatura CE** (per esempio: cementi, cenere volante, fumo di silice, loppa d’altoforno, aggregati e filler inerti, additivi) la relativa attestazione deve essere consegnata alla Direzione Lavori. Il Direttore lavori **potrà** comunque eseguire i **controlli di accettazione aggiuntivi** sulle caratteristiche indicate nella **Tabella 11.2.IV** delle NTC. Si segnala come novità la **possibilità** di utilizzare anche **aggregati grossi riciclati** provenienti da un processo di recupero di prodotti demoliti e frantumati conformi alla UNI EN 12620, nelle quantità percentuali massime indicate dalla stessa NTC in **Tabella 11.2.IV**. Il loro utilizzo è consentito purché sia certificata la conformità alla UNI EN 12620 con controlli di produzione giornalieri e ogni 100 ton, e comunque a condizione che la miscela di conglomerato cementizio venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Si ricorda a tale proposito che con la Circolare del 15 luglio 2005, n. 5205 il Ministero dell’Ambiente aveva reso note le disposizioni per attuare nel settore edile, stradale e ambientale il D.M. 203/2003, cioè il Decreto che impone alle Pubbliche Amministrazioni di soddisfare il proprio fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota non inferiore al 30% di prodotti ottenuti da materiale riciclato i quali devono essere inseriti in sede di formulazione dei capitolati d’appalto delle opere pubbliche.

7.2) Il controllo della qualità del calcestruzzo (§ da 11.2.2 a 11.2.7 NTC)

Prima di procedere con l’esame dei vari tipi di controllo definite delle NTC è opportuno fissare alcune definizioni e simbologie adottate per la resistenza meccanica a compressione (misurata in MPa) dei provini di forma cubica o cilindrica dopo una stagionatura umida di 28 giorni dal getto e delle carote estratte dalla struttura esposta alle condizioni ambientali. Queste sono le definizioni delle “varie” resistenze meccaniche:

- la **resistenza “progettuale”** è quella stabilita dal Progettista e può essere espressa con $R_{cm\ prog}$ ed $R_{ck\ prog}$ per indicare rispettivamente il valore medio e quello caratteristico riferiti a provini cubici. Vale la pena di osservare che mentre nel progetto è sempre indicato il valore della $R_{ck\ prog}$ non altrettanto può dirsi per la $R_{cm\ prog}$ salvo alcune eccezioni:

1. prescrizione di R_{ck} con controllo di tipo A : in tal caso $R_{cm\ prog} = R_{ck\ prog} + 3.5 + MPa$
2. prescrizione di R_{ck} con controllo di tipo B con la precisazione anche del massimo scarto quadratico medio ammesso in progetto (s_{prog}) : in tal caso $R_{cm\ prog} = R_{ck\ prog} + 1.4 s_{prog}$

In assenza di altre indicazioni le NTC (§ 11.2.10.1) prevedono di valutare $f_{cm\ prog} = f_{ck\ prog} + 8$ ovvero, in termini cubici, $R_{cm\ prog} = R_{ck\ prog} + 10$.

- la **resistenza “potenziale”**, indicata con $R_{cm\ pot}$ ed $R_{ck\ pot}$ rispettivamente per il valore medio e quello caratteristico, è la resistenza determinata sperimentalmente su provini cubici fatti prelevare dal DL durante il controllo di accettazione della fornitura del calcestruzzo ;

- la **resistenza “strutturale”**, con $R_{cm\ strutt}$ ed $R_{ck\ strutt}$ per indicare rispettivamente il valore medio e quello caratteristico, è la resistenza determinata dal DL o dal Collaudatore per schiacciamento delle carote con rapporto altezza/diametro (h/D) eguale a 1 oppure con prove non-distruttive (indagine sclerometrica, ultra-sonica, ecc.) eseguite sulla struttura.

Ciascuna delle resistenze sopra definite (progettuale, potenziale e strutturale) sono definite “cubiche” (R_c) quando sono determinate su provini cubici o carote con $h/D = 1$; la resistenza “cubica” può essere convertita nella resistenza “cilindrica” (f_c) delle carote, o dei provini cilindrici, con $h/D = 2$ attraverso la correlazione riportata nelle stesse NTC al paragrafo 11.2.10.1:

$$f_c = 0.83 \cdot R_c \quad [1]$$

Secondo le nuove NTC (paragrafo 11.2.2) il controllo della qualità del calcestruzzo si articola in tre fasi di seguito indicate con *a*, *b* e *c*.

a-Valutazione preliminare della resistenza (paragrafo 11.2.3 NTC): deve essere eseguita prima dell’inizio dei lavori a cura dell’**Appaltatore**, sotto il controllo del **Direttore dei Lavori**,

per identificare la composizione della miscela conforme alla R_{ck} del progetto; l'Appaltatore rimane responsabile anche in caso in cui le prove di prequalifica siano delegate a terzi e che il materiale sia fornito da un produttore di calcestruzzo preconfezionato. A tale proposito le NTC riservano uno specifico paragrafo (11.2.8) proprio alle prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (preconfezionato e prefabbricato). Ogni impianto di produzione di calcestruzzo preconfezionato dovrà possedere un **sistema di controllo di produzione di fabbrica noto anche come FPC (Factory Process Control)** conforme alle **Linee Guida del calcestruzzo strutturale** del Ministero dei LL.PP. e **certificato** da un organismo indipendente accreditato secondo procedure analoghe a quelle attualmente adottate per la marcatura CE di altri prodotti da costruzione con sistema di attestazione 2+. L'FPC, pur predisposto in coerenza con la UNI EN 9001, non deve confondersi con il sistema di gestione di qualità aziendale che è facoltativo, certificato da organismi non necessariamente coincidenti con quelli che certificano l'FPC. Ciò non toglie che i due sistemi (FPC e Gestione Qualità) possano comunque integrarsi tra loro anche dal punto di vista documentale (Manuale, Procedure, moduli di registrazione ecc...).

Nel caso l'impresa utilizzi un calcestruzzo preconfezionato, e pertanto necessariamente dotato di certificazione dell'FPC, non è più obbligata ad eseguire le prove di prequalifica che rimangono invece obbligatorie in caso di calcestruzzi prodotti direttamente dall'impresa in cantiere senza un processo industrializzato. Prima dell'inizio della fornitura, il Direttore dei Lavori dovrà acquisire copia della certificazione dell'FPC o la documentazione relativa alle prove di prequalifica eseguite.

Successivamente, il **Direttore dei Lavori** è tenuto a **verificare** che **ogni fornitura** in cantiere di calcestruzzo preconfezionato sia accompagnato da **documenti** che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica e a rifiutare le eventuali forniture non conformi. Il DL dovrà comunque poi eseguire le prove di accettazione.

b-Controllo di accettazione (paragrafo 11.2.5 delle NTC): **deve** essere eseguito a cura del Direttore dei Lavori in corso d'opera al momento del getto del componente strutturale per verificare, alla scadenza dei 28 giorni dal getto, che la resistenza a compressione caratteristica "potenziale" del calcestruzzo (nel seguito indicata con $R_{ck\ pot}$) risulti superiore alla resistenza caratteristica di progetto come indicato dalla disequazione [2].

$$R_{ck\ pot} \geq R_{ck\ prog} \quad [2]$$

Il Direttore dei Lavori (o un suo tecnico di fiducia) **deve** procedere al prelievo dei campioni indicando in apposito **verbale** (novità rispetto al precedente DM del '96) la data del prelievo, la posizione e le date di getto delle strutture interessate da ciascun prelievo, le sigle identificative dei provini e le rispettive resistenza caratteristiche di progetto. Il Direttore dei Lavori **deve** poi sottoscrivere la domanda di prove (pena la non validità del certificato) a un **Laboratorio Ufficiale** riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti secondo l'articolo 59 DPR n° 380/2001 (paragrafo 11.2.5.3 NTC), facendo esplicito riferimento ai dati riportati nel verbale di prelievo che poi dovranno comparire anche nel certificato di prova.

Le prove di resistenza meccanica **debbono** essere effettuate secondo le norme UNI EN 121390-1 e UNI EN 12390-2 per il confezionamento e la stagionatura dei provini e secondo la UNI EN 12390-3 e 4 per la determinazione della resistenza meccanica, adottando i controlli di tipo **A** (paragrafo 11.1.5.1 NTC) o di tipo **B** (paragrafo 11.2.5.2 NTC) obbligatorio per strutture con più di 1500 m³ di calcestruzzo per il calcolo della resistenza caratteristica.

Nel caso del controllo semplificato di "tipo A", la correlazione tra R_{ck} ed R_{cm} sarà:

$$R_{ck\ pot} = R_{cm\ pot} - 3.5 \quad [3]$$

Il controllo di accettazione semplificato di tipo A può essere adottato dal DL solo per strutture con meno di 1500 m³ di calcestruzzo omogeneo eseguendo un prelievo ogni 100 m³ di getto e comunque un minimo di 3 prelievi (6 provini) e comunque un prelievo al giorno.

Se invece si esegue il controllo di tipo statistico B, la correlazione tra valore caratteristico ($R_{ck\ pot}$) e valore medio ($R_{cm\ pot}$), è definita dall'equazione [4] :

$$R_{ck\ pot} = R_{cm\ pot} - 1,4 \cdot s \quad [4]$$

con s eguale allo scarto quadratico (s.q.m.) medio che risulta dal controllo di accettazione di tipo B. La novità introdotta dalle NTC è che questo tipo di controllo, applicabile a qualsiasi costruzione in calcestruzzo, diventa ora obbligatorio per strutture costruite con più di 1500 m³ di calcestruzzo omogeneo. Il numero dei prelievi (ciascuno composto da 2 provini) sui quali il DL deve determinare $R_{cm\ pot}$ ed s per il calcolo della $R_{ck\ pot}$ è almeno 15.

Inoltre, nel caso di controllo di tipo B, il *coefficiente di variazione* ($s/R_{cm\ pot}$) secondo le NTC non deve superare il valore di 0,30 e comunque, già per un valore $s/R_{cm\ pot} > 0,15$, il DL deve provvedere a controlli più accurati.

In **Tabella 3** si riportano, per diversi valori di $R_{cm\ pot}$, le limitazioni sullo s.q.m. (s) derivanti da suddette prescrizioni. In caso di esito negativo dei controlli di accettazione, il DL deve procedere con una verifica della struttura in opera come descritto al paragrafo 11.2.6 delle NTC relativo ai controlli sul calcestruzzo messo in opera.

Tabella 3 Limitazioni al valore dello s.q.m. (s) per diversi valori di $R_{cm\ pot}$ registrati nei controlli di accettazione

$R_{cm\ pot}$	Controlli supplementari richiesti se $s > 0,15 R_{cm\ pot}$	Calcestruzzo non conforme se $s > 0,30 R_{cm\ pot}$
20	3,0	6,0
25	3,8	7,5
30	4,5	9,0
35	5,3	10,5
40	6,0	12,0
45	6,8	13,5
50	7,5	15,0
55	8,3	16,5

c-Prove complementari (paragrafo 11.2.7 NTC): possono essere richieste dal **Direttore dei Lavori** a eventuale completamento delle prove di accettazione per stimare la resistenza meccanica a tempi precedenti la stagionatura di 28 giorni alla quale deve essere necessariamente determinata la $R_{ck\ pot}$; altre prove complementari possono essere eseguite, ad esempio, per determinare l'impermeabilità all'acqua, la resistenza a flessione o trazione, il ritiro igrometrico, la deformazione viscosa, ecc...

Nel caso di **elementi prefabbricati in serie** (controllata o qualificata) le figure del Progettista e del Direttore lavori sono sostituite fino alla fase di consegna a piè d'opera dal **Progettista e dal Direttore tecnico di produzione** secondo le responsabilità e attività descritte in dettaglio ai paragrafi 4.1.10.3 e 11.8 delle NTC. E' poi **responsabilità del Direttore Lavori dell'opera verificare la conformità di tutti i documenti** che il prefabbricatore deve obbligatoriamente consegnare: attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, certificazione d'origine del prodotto, estratto del registro di produzione, certificati di prova del laboratorio ufficiale, istruzioni per il trasporto ed il montaggio, elaborati firmati con istruzioni per il corretto impiego e manutenzione dei manufatti (paragrafo 11.8.5 NTC).

7.3) Controllo della resistenza del calcestruzzo delle struttura (paragrafo 11.2.6 NTC)

Nel caso in cui le resistenze meccaniche dei prelievi eseguiti in corso d'opera (**resistenza potenziale, $R_{ck\ pot}$**) non soddisfino i criteri di accettazione per la R_{ck} prevista in progetto (**$R_{ck\ prog}$**)

oppure nel caso in cui sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo rispetto alle prove di prequalifica, oppure sulla validità stessa dei controlli di accettazione, il **Direttore Lavori** o il **Collaudatore** **debbono** procedere alla valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera (**resistenza strutturale**, $R_{ck \text{ strutt}}$) attraverso prove non distruttive (per esempio mediante sclerometria, misura della velocità delle onde ultrasoniche o estrazione di tasselli post inseriti secondo UNI EN 12504-1, 2 e 3) o distruttive consistenti nell'estrazione dalla struttura di provini cilindrici (**carote**). Per queste valutazioni del calcestruzzo in opera, le NTC, al paragrafo 11.2.6, indicano come documento di riferimento le “*Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive*” emanate dal STC. Per la parte delle verifiche del calcestruzzo in opera, suddette Linee Guida coincidono per lo più con le indicazioni riportate anche nella *UNI EN 13791:2007 valutazione della resistenza a compressione su calcestruzzo messo in opera*.

Nel caso di esecuzione di misure di resistenza a compressione su carote ($f_{c \text{ strutt}}$), la norma UNI EN 12504-2 (prelievo esame e prove di compressione su carote) e la già citata UNI EN 13791 raccomandano di eseguire carote con altezza/diametro (h/d)=1 nel caso in cui il risultato debba essere confrontato con la resistenza caratteristica “cubica” di progetto o potenziale ($R_{ck \text{ prog}}$ oppure $R_{ck \text{ pot}}$) ovvero di eseguire carote con $h/d=2$ qualora si debba far riferimento resistenza caratteristica “cilindrica” di progetto o potenziale ($f_{ck \text{ prog}}$ oppure $f_{ck \text{ pot}}$), Nel caso sia necessario correlare la resistenza cubica su carote $h/d=1$ con la resistenza cilindrica su carote con $h/d=2$ si utilizzerà la relazione già riportata in [1].

Per la valutazione della resistenza strutturale, i documenti legali di riferimento¹ richiamati dalle NTC prevedono due casi:

1. **valutazione del solo valore medio**. Se si possiedono meno di 15 carote (o comunque di equivalenti risultati da prove non distruttive), la recente Circolare Esplicativa delle NTC precisa come sia possibile solo una valutazione della $R_{cm \text{ strutt}}$ da confrontare con il valore medio di progetto ($R_{cm \text{ prog}}$), come è più avanti precisato nella disequazione [7]. Sulla valutazione della resistenza media di progetto si è già discusso all’inizio del presente paragrafo G.3.

2. **valutazione anche del valore caratteristico** con un numero di carote superiore a 15. Se si vuole applicare un controllo di tipo statistico, il numero delle carote dovrà essere almeno pari 15 e la correlazione tra valore caratteristico ($R_{ck \text{ strutt}}$) e valore medio ($R_{cm \text{ strutt}}$), è definita dall’equazione [5]:

$$R_{ck \text{ strutt}} = R_{cm \text{ strutt}} - 1,48 \cdot s_{strutt} \quad [5]$$

dove s_{strutt} è lo scarto quadratico medio determinato dai valori delle resistenze meccaniche delle carote estratte dalla struttura. In tal caso, il valore di $R_{ck \text{ strutt}}$ potrà essere confrontato con la resistenza caratteristica di progetto ($R_{ck \text{ prog}}$) come più avanti precisato nella disequazione [7].

Le NTC indicano per la verità che la valutazione della resistenza strutturale può essere fatta anche con prove non distruttive. Quindi, teoricamente, parte delle 15 carote potrebbe essere sostituito da prove non distruttive opportunamente tarate con un numero minimo di carote (es. 3) che deve essere comunque fatto. Nelle NTC, tuttavia, non viene data alcuna indicazione sul numero di prove non distruttive ammesse in sostituzione delle carote. Altri testi di riferimento (OPCM 3274) indicano, ad esempio, che ogni carota debba essere sostituita da almeno tre prove non distruttive.

Relativamente al confronto tra resistenza strutturale e resistenza potenziale le NTC (paragrafo 11.2.6 NTC), ammettono che, a causa del differente grado di compattazione e della diversa stagionatura del calcestruzzo in opera rispetto a quelli realizzabili per un provino, il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (**resistenza strutturale**) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio a 20° C e con UR > 95% (**resistenza potenziale**).

¹ Circolare Esplicativa alle NTC (pubblicata sulla G.U. del 26/2/2009 supplemento ordinario N° 27); UNI EN 13791 oppure il §10.3 delle Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

Allo stesso paragrafo 11.2.6, le NTC precisano che il valore della resistenza media strutturale ($R_{cm\ strutt}$) determinato sulla struttura mediante prove distruttive o non-distruttive, deve essere almeno pari all'85 % della resistenza media di progetto ($R_{cm\ prog}$) :

$$R_{cm\ strutt} \geq 0.85 \cdot R_{cm\ prog} \quad [7]$$

La Circolare esplicativa (C 11.2.6) delle NTC precisa che la stessa equazione [7] possa essere applicata anche ai valori caratteristici della resistenza (strutturale e di progetto) qualora, avendo a disposizione almeno 15 carote, sia stata eseguita la valutazione statistica indicata in [5]. In tal caso si dovrà verificare che

$$R_{ck\ strutt} \geq 0.85 \cdot R_{ck\ prog} \quad [7']$$

Se le disequazioni [7] o [7'] sono rispettate, la resistenza del calcestruzzo in opera è accettabile senza alcuna ulteriore verifica di sicurezza della struttura. Potrebbe tuttavia rimanere aperta la contestazione dell'impresa nei confronti del confezionatore se la resistenza caratteristica del calcestruzzo fornito ($R_{ck\ pot}$) risultasse di qualità inferiore a quello pattuito ($R_{ck\ prog}$). Se, invece, le disequazioni [7] o [7'] non sono rispettate, il DL o il Collaudatore potrà prescrivere il consolidamento dell'opera o addirittura la sua demolizione. Le spese di questa operazione dovranno essere addebitate solo al confezionatore se $R_{ck\ strutt} \geq 0.85 R_{ck\ pot}$ (ovvero $R_{cm\ strutt} \geq 0.85 R_{cm\ pot}$ in caso di valutazione del solo valore medio strutturale con meno di 15 carote) in quanto l'impresa ha correttamente messo in opera un calcestruzzo purtroppo carente fornito dal confezionatore ($R_{ck\ pot} < R_{ck\ prog}$). Se, invece, la $R_{ck\ strutt} < 0.85 R_{ck\ pot}$, oltre alle carenze del calcestruzzo fornito dal confezionatore ($R_{ck\ pot} < R_{ck\ prog}$) si sommano quelle dovute alla carenza della messa in opera da parte dell'impresa. Queste considerazioni sono più in dettaglio illustrate nelle Tabelle IV/ 4 e IV/5 che seguono.

Nelle Tabelle IV/ 4 e IV/ 5 sono mostrate a titolo di esempio due controlli di accettazione (rispettivamente di tipo A e di tipo B) che includono anche alcune non conformità e le relative implicazioni legali. Per ciascuna categoria di controllo sono previsti 6 casi indicati con A1-A2-A3-A4-A5-A6 oppure B1-B2-B3-B4-B5-B6. In entrambi i due tipi di controllo, la $R_{ck\ prog}$ è, eguale a 30 MPa. Inoltre, i valori di $R_{ck\ strutt}$ si intendono ricavati, con almeno 15 carote o equivalenti risultati di prove non distruttive, applicando la formula indicate in [5].

Quando si adotta il controllo di tipo A (Tabella 4), accanto al caso di tipo A1 dove non si verifica alcuna implicazione legale in quanto sia $R_{ck\ pot}$ che $R_{ck\ strutt}$ sono in accordo con i limiti imposti dalle disequazioni rispettivamente [3] e [7'], si possono verificare tre tipi di non-conformità :

- quella di tipo A2 da attribuire alla responsabilità dell'impresa;
- quella di tipo A3 da attribuire al fornitore di calcestruzzo;
- quella di tipo A4 da attribuire sia al fornitore di calcestruzzo sia all'impresa.

Nella Tabella 4 sono anche indicati due casi (A5 e A6) di inadempienza del DL che non ha prelevato i provini sui quali eseguire il controllo di accettazione di tipo A. Nel caso di tipo A5 fortunatamente la $R_{ck\ strutt}$ (28 MPa) soddisfa il requisito di accettazione in quanto è superiore all'85 % della $R_{ck\ prog}$ (25.5 MPa); pertanto, a parte la inadempienza del DL, non è richiesta alcuna verifica della sicurezza della struttura da parte del DL o del Collaudatore. Nel caso di tipo A6, invece, la negligenza del DL nell'esercitare il controllo di accettazione è accompagnata da una $R_{ck\ strutt}$ (22 MPa) inaccettabile in quanto inferiore all'85 % della $R_{ck\ prog}$ (25.5 MPa) e pertanto si dovrà procedere alla verifica della sicurezza della struttura con il valore ridotto di $R_{ck\ strutt}$ (22 anziché 25.5 MPa). A causa della mancanza dei prelievi di accettazione, non è dato purtroppo di sapere se la non conformità sia da attribuire al fornitore di calcestruzzo (in quanto $R_{ck\ pot} < R_{ck\ prog}$) oppure all'impresa (in quanto $R_{ck\ strutt} < 0.85 \cdot R_{ck\ prog}$) oppure a entrambi.

Nella Tabella 5 sono mostrati i corrispondenti 6 casi di tipo B1-B2-B3-B4-B5-B6. Anche in questo esempio la $R_{ck\ prog}$ è di 30 MPa ma con un controllo di tipo B con uno scarto quadratico medio registrato sui provini cubici (s) di 5 MPa.

Il caso di tipo B1, come il corrispondente caso di tipo A1, non presenta alcuna implicazione legale poiché sono soddisfatti sia il requisito di $R_{ck\ pot}$ (>30 MPa) sia quello di $R_{ck\ strutt}$ ($29 > 0.85 \cdot 30$ MPa). Il caso di tipo B2 riguarda una non conformità dell'impresa per la $R_{ck\ strutt}$ (24 MPa) che è minore dell'85 % di $R_{ck\ prog}$ (25.5 MPa). Il caso di tipo B3 rappresenta la non conformità del calcestruzzo preconfezionato per una carente $R_{ck\ pot}$ (25 MPa) rispetto alla $R_{ck\ prog}$ (30 MPa).

Tabella 4 : Casistiche di controlli di accettazione di tipo A sulla fornitura di calcestruzzo ($R_{ck\ pot}$) e di quello in opera ($R_{ck\ strutt}$) con $R_{ck\ prog} = 30$ MPa. In rosso sono evidenziate le non-conformità e/o le inadempienze.

TIPO	Controllo di accettazione su cubetti (in MPa)	Controllo di $R_{ck\ strutt}$ su carote con $h/d=1$ (in MPa)	Implicazioni strutturali	Implicazioni legali
A1	$R_{cm\ pot} = 38.5 \implies$ $R_{ck\ pot} = 38.5 - 3.5 = 35 > 30 = R_{ck\ prog}$	$R_{ck\ strutt} = 29 > 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nessun'altra verifica	Nessuna infrazione
A2	$R_{cm\ pot} = 39.5 \implies$ $R_{ck\ pot} = 39.5 - 3.5 = 36 > 30 = R_{ck\ prog}$	$R_{ck\ strutt} = 23 < 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nuova verifica sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità impresa
A3	$R_{cm\ pot} = 31.5 \implies$ $R_{ck\ pot} = 31.5 - 3.5 = 28 < 30 = R_{ck\ prog}$	$R_{ck\ strutt} = 24 < 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$ ma $R_{ck\ strutt} = 24 > 23.8 = 0.85 \cdot R_{ck\ pot} = 0.85 \cdot 28$	Nuova verifica sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità fornitore cls
A4	$R_{cm\ pot} = 31.5 \implies$ $R_{ck\ pot} = 31.5 - 3.5 = 28 < 30 = R_{ck\ prog}$	$R_{ck\ strutt} = 22 < 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$ e $R_{ck\ strutt} = 22 < 23.8 = 0.85 \cdot R_{ck\ pot} = 0.85 \cdot 28$	Nuova verifica sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità fornitore cls e impresa
A5	Non eseguito dal DL	$R_{ck\ strutt} = 28 > 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nessun'altra verifica	Inadempienza DL
A6	Non eseguito dal DL	$R_{ck\ strutt} = 22 < 25.5 = 0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nuova verifica sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Inadempienza del DL; impossibile attribuire responsabilità a fornitore di cls o impresa

I casi di tipo B5 e B6 rappresentano esempi di inadempienza del DL che, secondo il DM del 14 Gennaio 2008, ha l'obbligo di eseguire il controllo di accettazione e quindi nel valutare le responsabilità del preconfezionatore o dell'impresa o di entrambi. Nel caso di tipo B5 la negligenza del DL è fortunatamente "sanata" da un risultato favorevole della $R_{ck\ strutt}$ (35 MPa) superiore al valore accettabile di $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30 = 25.5$ MPa e quindi non è richiesta alcuna verifica della sicurezza dell'opera. Nel caso di tipo B6, invece, la $R_{ck\ strutt}$ (23 MPa) non è accettabile (secondo il summenzionato DM) per essere inferiore al valore di $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 25.5$ MPa. Anche in questo caso, come in quello A6 della Tabella 4, non è possibile risalire alla responsabilità del produttore di calcestruzzo preconfezionato o dell'impresa o di entrambi. Da un punto di vista legale la responsabilità di questa non-conformità ricade sull'impresa che, nei confronti della Committenza, è la sola responsabile per la carente qualità della struttura in

opera indipendentemente se il calcestruzzo sia stato prodotto dall'impresa stessa o, come è il caso in esame e, nella pratica di cantiere, la più frequente. Rimane, tuttavia, aperta la possibilità di una rivalsa, in sede legale, dell'impresa nei confronti del DL per le negative conseguenze della sua negligenza (nell'esercitare l'obbligatorio controllo di accettazione) sulla impossibilità di accertare, se in tutto o in parte, la responsabilità del carente calcestruzzo strutturale sia da attribuire al fornitore di calcestruzzo preconfezionato.

Tabella 5 : Casistiche di controlli di accettazione di tipo B sulla fornitura di calcestruzzo ($R_{cm\ pot}$ e $R_{ck\ pot}$) e di quello in opera ($R_{ck\ strutt}$) con $R_{ck\ prog} = 30\ MPa$. In rosso sono evidenziate le non-conformità e/o le inadempienze.

TIPO	Controllo di accettazione su cubetti (in MPa)	Controllo di $R_{ckstrutt}$ su carote con $h/d=1$ (in MPa)	Implicazioni strutturali	Implicazioni legali
B1	$R_{cm\ pot}=39$ $1.4 \cdot 5 = 7 \implies$ $R_{ck\ pot}=39 - 7=32$ > $R_{ck\ prog} = 30$	$R_{ck\ strutt}=29 > 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nessun'altra verifica	Nessuna infrazione
B2	$R_{cm\ pot}=38$ $1.4 \cdot 4 = 6 \implies$ $R_{ck\ pot}=38 - 6=32$ > $R_{ck\ prog} = 30$	$R_{ck\ strutt} = 24 < 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nuova verifica di sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità impresa
B3	$R_{cm\ pot} = 32$ $1.4 \cdot 7 = 10 \implies$ $R_{ck\ pot}=32 - 10= 22$ < $R_{ck\ prog} = 30$	$R_{ck\ strutt}=24 < 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$ ma $R_{ck\ strutt} = 24 >$ $0.85 \cdot R_{ck\ pot}$ $= 0.85 \cdot 22 = 18.7$	Nuova verifica di sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità cls fornito
B4	$R_{cm\ pot} = 33$ $1.4 \cdot 5 = 7 \implies$ $R_{ck\ pot}=33 - 7=26$ < $R_{ck\ prog} = 30$	$R_{ck\ strutt}=21 < 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$ e $R_{ck\ strutt}=22 < 0.85 \cdot R_{ck\ pot}$ $= 0.85 \cdot 26 = 22.1$	Nuova verifica di sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Non conformità cls fornito e impresa
B5	Non eseguito dal DL	$R_{ck\ strutt}=35 > 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ck\ prog} = 0.85 \cdot 30$	Nessun'altra verifica	Inadempienza DL
B6	Non eseguito dal DL	$R_{ckstrutt}=23 < 25.5 =$ $0.85 \cdot R_{ckprog} = 0.85 \cdot 30$	Nuova verifica di sicurezza con $R_{ck\ strutt}$ ridotta	Inadempienza DL; impossibile attribuire responsabilità a fornitore di cls o impresa

7.4) Altre caratteristiche fisico-meccaniche

Tra le novità relative alle altre proprietà fisico-meccaniche (paragrafi 11.2.10.2 e 11.2.10.3 NTC) si segnalano le seguenti variazioni delle formule applicabili in assenza di diretta sperimentazione:

-Resistenza media a trazione diretta:

per classi di resistenza \leq C50/60: f_{ctm} (N/mm²) = $0.30 \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,26 \sqrt[3]{R_{ck}^2}$ anziché $0.27 \sqrt[3]{R_{ck}^2}$
 per classi di resistenza $>$ C50/60: f_{ctm} (N/mm²) = $2.12 \ln [1+f_{cm}/10]$

-Resistenza media a trazione indiretta per flessione:

$$f_{cfm} = 1,2 f_{ctm}$$

-Modulo elastico statico secante:

$$E_c$$
 (N/mm²) = $22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 20800 [R_{cm}/10]^{0.3}$ anziché $5700 \sqrt{R_{ck}}$

-Ritiro igrometrico e deformazione viscosa calcolati con le nuove formule riportate ai punti 11.2.10.6 e 11.2.10.7 molto simili a quelle presenti nell'Eurocodice 2 (UNI ENV 1992-1-1)

7.5) Il controllo della qualità dell'acciaio per c.a. (§ 11.3.2 NTC) e c.a.p. (§ 11.3.3 NTC)

Secondo le nuove NTC il controllo della qualità dell'acciaio per c.a. e c.a.p. si articola in tre fasi:

-1) **Controllo di produzione di fabbrica e relativa procedura di qualifica, da parte del Servizio Tecnico Centrale** (paragrafo NTC 11.3.1 in generale, 11.3.2.1 per c.a. , 11.3.3.5.2 per c.a.p.). In questa fase le prove di qualifica sono condotte sia internamente all'impianto di produzione sotto il controllo di un laboratorio ufficiale, sia presso il laboratorio ufficiale stesso e sono soggette ad una procedura di qualificazione con revisione semestrale da parte del Servizio Tecnico Centrale. La qualifica comporta l'emissione di **un attestato di qualificazione in cui vengono dichiarati i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali richiesti dalle NTC per le diverse tipologie di prodotto** (paragrafi da 11.3.2.1 a 11.3.2.5 NTC per c.a. ; paragrafi 11.3.3.2 e 11.3.3.5.2 NTC per c.a.p.). A tal proposito la principale variazione rispetto al precedente DM è costituita dalla **nuova classificazione** e definizione dei limiti di accettazione per gli acciai da c.a. (solo acciaio a.m. nei 2 tipi B450C e B450A). **Ad ogni fornitura, identificata dal N° del documento di trasporto, il Ricevente** (Direttore di stabilimento di un impianto di prefabbricazione o il Responsabile di un Centro di trasformazione o assemblaggio o il Direttore Lavori per forniture direttamente in cantiere) prima della messa in opera **dovrà verificare suddetta documentazione di qualifica.**

-2) **Controllo di accettazione** da effettuare, entro 30 gg dalla data di consegna del materiale, a cura del **Direttore di Stabilimento** nel caso di forniture ad un impianto di prefabbricazione (paragrafo 1.3.3.5.4 NTC) o del **Responsabile di un Centro di trasformazione o assemblaggio** (paragrafi NTC 11.3.2.6, e 11.3.2.10.3 per c.a. e 11.3.3.5.3 per c.a.p.) o del **Direttore Lavori** per forniture direttamente in cantiere (paragrafi NTC 11.3.2.10.4 per c.a. e 11.2.3.5.4 per c.a.p.) **presso un Laboratorio Ufficiale**. Le modalità di richiesta prova ed emissione dei certificati da parte del laboratorio ufficiale sono identiche a quelle già descritte per il calcestruzzo. Nel caso di certificazione effettuata dall'impianto di prefabbricazione o da un centro di trasformazione, questi saranno tenuti a fornire al Direttore dei Lavori dell'opera i certificati delle prove eseguite, copia della propria obbligatoria certificazione qualità, copia della autorizzazione alla propria produzione da parte del Servizio Tecnico Centrale nonché eventuale marcatura aggiuntiva che identifichi anche il centro di trasformazione.

Nel caso di armatura per c.a. (paragrafi NTC 11.3.2.10.3), come nel vecchio DM, per ogni fornitura dovranno essere prelevati 3 spezzoni marcati per ciascuno stesso diametro (non più scelto all'interno di un gruppo di diametri di produzione omogenea). **La novità** è che i valori minimi ottenuti dalle prove di resistenza ed allungamento dovranno superare i **valori limite** riportati nelle NTC nella Tabella del paragrafo 11.2.2.10.3 che si ammettono inferiori a quelli

caratteristici richiesti dalle stesse NTC per le verifiche in produzione (analogamente a come la R_c in sito deve essere $\geq 0.85 R_{ck}$). Nel caso di esito negativo si dovrà procedere con ulteriori prove su 10 provini i cui risultati medi dovranno in questo caso superare i valori caratteristici.

Nel caso di armatura per c.a.p. (paragrafi NTC 11.3.3.5.3 e 11.3.3.5.4) dovranno essere prelevati 3 saggi (nel vecchio DM erano 10) da ogni fornitura di massimo 90t (30 t nel caso di lotto di spedizione diretta in cantiere). I corrispondenti valori medi di $f_{pt}, f_{py}, f_{p(1)}$ e $f_{p(0.1)}$ (e non più $f_{p(0.2)}$ del DM '96) non dovranno risultare inferiori a quelli caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso di esito negativo si dovrà procedere con prove supplementari su almeno 10 saggi con limiti di accettazione più severi.

3) Prove complementari (paragrafi NTC 11.3.2.6, 11.3.2.10.3, 1.3.3.5.4) **possono** essere richieste dal **Direttore Lavori** in aggiunta a quelle già eseguite dal centro di trasformazione o dall'impianto di prefabbricazione nel caso di fornitura indiretta.

8) COMPITI DEL COLLAUDATORE

Nel paragrafo 4.1.10 e nel Capitolo 9 delle NTC sono descritte le responsabilità del Collaudatore. Egli è addetto al controllo dei **documenti** attestanti il possesso delle necessarie **autorizzazioni**, la denuncia di inizio lavori, eventuali variazioni in corso d'opera nonché alla verifica della relazione del DL a fine lavori.

Il Collaudatore **deve esaminare il progetto** dell'opera ed in particolare i livelli di sicurezza e di durabilità adottati in relazione alla vita utile di progetto dichiarata, i modelli geologico, dei materiali, delle azioni e di calcolo adottati, nonché le verifiche numeriche condotte nei calcoli strutturali dal Progettista ed i piani di manutenzione previsti. **Nelle varie fasi costruttive dell'opera e degli elementi strutturali principali**, sia costruiti in opera che prefabbricati, il Collaudatore **deve ispezionare l'opera** alla presenza del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore confrontando il progetto con la costruzione realizzata. Egli **deve controllare le certificazioni** dei controlli di accettazione su materiali e prodotti, i risultati delle indagini geotecniche, eventuali prove aggiuntive richieste dal DL, il registro delle non conformità curandosi che ognuna di queste ultime sia stata risolta. In caso contrario, o comunque in caso di dubbio sulla sicurezza o sulla durabilità dell'opera, il collaudatore **potrà** richiedere di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, **indagini supplementari** (es. prove di carico, prove in sito, monitoraggio della struttura) che lo convincano sulla sicurezza, durabilità e collaudabilità della struttura.

Il Collaudatore **può** predisporre un programma di **prove di carico** da sottoporre all'accettazione del Progettista, del Direttore Lavori e del Costruttore. Le prove di carico, della cui attuazione è responsabile il Direttore Lavori, dovranno essere condotte con azioni pari ai valori massimi di progetto solo quando i materiali abbiano raggiunto le resistenze attese e la struttura la configurazione finale. Il Collaudatore **deve** successivamente **esaminare i risultati** di suddette prove di collaudo. Il **giudizio** sull'esito delle prove è **completa responsabilità del Collaudatore**.

9) CONCLUSIONI

Nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, ci sono molte e significative novità circa le responsabilità attribuite ai vari attori nel campo delle costruzioni in calcestruzzo.

Le più importanti e le più innovative riguardano gli obblighi del Progettista che, oltre al calcolo strutturale degli elementi, deve dare indicazioni sulla posa in opera, sulla stagionatura e sulle caratteristiche del calcestruzzo; in particolare, deve indicare il valore della R_{ck} che tenga conto anche della durabilità della struttura in relazione all'ambiente dove sorge l'opera e la vita di servizio precisata nel progetto.

Accanto a questi **obblighi** le Norme Tecniche per le Costruzioni lasciano al Progettista la responsabilità di scegliere se far riferimento anche ad altra letteratura tecnica consolidata o ad altre normative internazionali. In sostanza, le nuove NTC dichiarano **chi deve fare** che cosa, ma lasciano aperta la scelta sul **come fare**, ovvero sostituiscono una **impostazione** essenzialmente **prestazionale** a quella prevalentemente **prescrittiva** delle precedenti normative.