



# I CONTROLLI DELLE FORNITURE DI CALCESTRUZZO IN CANTIERE

DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO  
DEL CICLO DI SEMINARI  
**concrete**  
**dalle norme al cantiere**  
conoscere e prescrivere il calcestruzzo  
PATROCINATI DAL



*Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici*



## INTRODUZIONE

Il d.m. 17.01.2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), sempre nel solco della normativa prestazionale, chiarisce meglio alcuni aspetti relativi ai materiali e prodotti per uso strutturale attraverso un riallineamento con il Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione rispetto alla precedente versione del 2008.

Alcune modifiche, all'apparenza di carattere editoriale come la sostituzione del termine «produttore» con «fabbricante», rendono le indicazioni normative più chiare ed efficaci soprattutto per ciò che riguarda l'individuazione delle responsabilità.

Il Regolamento è utilizzato anche per meglio definire il campo di applicazione delle NTC attraverso il riferimento al requisito base delle opere n.1 «Resistenza meccanica».

È stato, inoltre, esteso a tutti gli operatori economici (importatori, distributori, mandatari) l'onere di fornire la documentazione utile alla tracciabilità dei materiali.

Nel caso, ad esempio, di un rivenditore di calcestruzzo è chiaro che il certificato FPC del produttore dovrà essere consegnato al cliente dal rivenditore stesso che avrà anche l'obbligo di riportarne i riferimenti sulla documentazione che accompagna la fornitura.

Il Cap.11 delle NTC tratta le procedure di qualificazione e di accettazione in cantiere, in tal senso i materiali per uso strutturale devono essere:

- **identificati** univocamente a cura del fabbricante (produttore);
- **qualificati** sotto la responsabilità del fabbricante;
- **accettati** dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per quanto riguarda la qualificazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, le NTC al par.11.1 individuano diversi casi. La

qualificazione del calcestruzzo ricade nel caso B), ovvero “materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata (...), per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme.”

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di accettare tutti i materiali per uso strutturale con le procedure prescritte dalle NTC (paragrafo 11.1) che prevedono la verifica documentale, prima del loro impiego e i controlli sperimentali di accettazione, al momento della posa in opera. I controlli sperimentali durante la posa in opera mediante il prelievo dei materiali e le prove di accettazione, consentono invece al Direttore dei Lavori di accertare la conformità alle prescrizioni del progetto strutturale ovvero alle specifiche del Capitolato Speciale di Appalto del prodotto realmente fornito e posto in opera. L'esito positivo della verifica documentale e dei controlli sperimentali permette al Direttore dei Lavori di accettare lo specifico materiale.

Inoltre, come riportato al paragrafo 11.1, “Al termine dei lavori che interessano gli elementi strutturali, il Direttore dei Lavori predispone, nell'ambito della Relazione a struttura ultimata di cui all'articolo 65 del D.P.R. 380/01, una sezione specifica relativa ai controlli e prove di accettazione sui materiali e prodotti strutturali, nella quale sia data evidenza documentale riguardo all'identificazione e qualificazione dei materiali e prodotti, alle prove di accettazione ed alle eventuali ulteriori valutazioni sulle prestazioni.”

Con la revisione delle NTC del 2018 viene esplicitato il ruolo del Direttore dei lavori anche per ciò che riguarda la verifica dell'idoneità del prodotto all'uso specifico.

Ciò, riportato al caso del calcestruzzo preconfezionato, fornisce un ulteriore livello di controllo e di possibile correzione in corso d'opera nei confronti di prescrizioni non corrette ai fini, ad esempio, della durabilità.

Il Collaudatore statico, previsto dalle NTC in corso d'opera, ha l'obbligo di verificare che tutti i materiali, per uso strutturale, impiegati nell'esecuzione di un'opera siano stati

correttamente Identificati e Qualificati sotto la responsabilità del Produttore e Accettati con le procedure previste nelle NTC, dal Direttore dei Lavori.

## 1 CALCESTRUZZO (NTC 11.2)

Ai fini della qualificazione, le NTC classificano gli impianti di produzione in due tipologie:

### ▪ **impianti di tipo industrializzato**

Impianti di calcestruzzo preconfezionato esterni al cantiere ma anche gli impianti temporanei in cantiere che producono al loro interno più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea. Tali impianti devono:

- essere idonei a garantire una produzione costante e quindi disporre di apparecchiature adeguate, di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, rilevare, valutare e correggere le eventuali anomalie nella produzione (NTC, paragrafo 11.2.8);
- disporre di un sistema permanente di controllo interno della produzione (FPC) certificato (NTC, paragrafo 11.2.8). A tal fine gli impianti devono produrre il calcestruzzo secondo quanto indicato nelle “Linee Guida per la Produzione, il Trasporto ed il Controllo del Calcestruzzo Preconfezionato” edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### ▪ **impianti di tipo non industrializzato**

Impianto non industrializzato per produzioni di modesta entità (individuate nella norma in una quantità inferiore a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea). Per questa tipologia di impianti, il Direttore Lavori si assume la responsabilità delle operazioni di qualifica della miscela, di concerto con il costruttore, responsabile della qualità del calcestruzzo prodotto.

### 1.1 CONTROLLI DI QUALITÀ (NTC 11.2.2)

Ai fini del controllo (secondo le prestazioni) è fondamentale la definizione di miscela omogenea (NTC 11.2.1) ovvero quel

conglomerato per il getto delle strutture di un’opera o di parte di essa che possiede le medesime caratteristiche prestazionali (classe di resistenza e classe di esposizione). La miscela omogenea è l’oggetto sul quale si effettuano i controlli.

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo qualità per garantire il rispetto delle prescrizioni progettuali e a tale scopo il legislatore ha individuato la sequenzialità delle fasi di svolgimento del controllo, come segue:

- **valutazione preliminare:** serve a determinare, prima dell’inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo in accordo con le prescrizioni di progetto.
- **controllo di produzione:** riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo stesso.
- **controllo di accettazione:** è responsabilità del Direttore dei Lavori e riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo utilizzato per l’esecuzione dell’opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.
- **prove complementari:** non sono obbligatorie, ma si rendono necessarie, ad esempio, quando è richiesta in capitolato la determinazione della resistenza del calcestruzzo a scadenze prefissate e inferiori ai canonici 28 giorni di maturazione. Tali prove servono anche a verificare le resistenze raggiunte dal materiale in condizioni di maturazione differenti da quelle standard (per esempio in adiacenza alle strutture interessate dal controllo stesso).

Oltre ai controlli di qualità, le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono un ulteriore controllo ovvero quello della resistenza in opera (NTC 11.2.6). Esso non sostituisce in alcuna maniera i controlli di accettazione, ma si rende necessario quando questi ultimi non forniscano risultati soddisfacenti e ogni qualvolta la D.L. o il collaudatore li richiedano.



Questo controllo può fornire indicazioni circa la qualità della messa in opera del calcestruzzo da parte dell'impresa.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi di cui al punto 11.2.6, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al § 11.2.5.

### **1.1.1 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA (NTC 11.2.3)**

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio ed acquisire idonea documentazione relativa ai componenti, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

La valutazione preliminare della resistenza, effettuata su ciascuna miscela omogenea attraverso idonee prove, è **finalizzata ad ottenere il calcestruzzo più rispondente alle prestazioni prescritte nonché alle esigenze costruttive**. Le prove sono in genere effettuate in cantiere e/o presso il produttore di calcestruzzo sotto il controllo di un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

La necessità di coinvolgere un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 è obbligatoria per le produzioni di calcestruzzo non sottoposte a certificazione FPC e per le miscele non in produzione continua, consigliata per le produzioni di calcestruzzo già in regime di produzione continua e prevista ogniqualvolta che la stazione appaltante o committente o DL o impresa di costruzioni le richieda. La non obbligatorietà delle prove preliminari in regime di produzione continua, deriva dal fatto che: verifiche effettuate dall'ente di certificazione dell'FPC<sup>1</sup> presso

1 "Controllo del processo di fabbrica (FPC)". Si intende per Controllo del Processo di Fabbrica (l'acronimo di FPC: Factory Production Control) il controllo interno permanente del processo di produzione esercitato dal

l'impianto industrializzato comprendono anche la verifica dell'eventuale **laboratorio del produttore** di calcestruzzo, garantendo così la idoneità dello stesso ad effettuare prove di autocontrollo senza ricorrere ad un laboratorio ufficiale. Nel caso di calcestruzzo sottoposto a certificazione FPC, ovvero prodotto con sistema industrializzato, anche le prove preliminari possono essere effettuate direttamente dal produttore di calcestruzzo, in concerto con la DL e l'impresa, ovvero coincidere con le prove di autocontrollo.

Peraltro per la qualificazione iniziale dei prodotti è sufficiente un piano di prove preliminari che sia sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto delle disposizioni per ciascun prodotto, ma che consenta di limitare il numero di prove al fine di agevolare l'applicazione del piano stesso, ad esempio applicando il concetto di miscela omogenea, che come specificato al par. 11.2.1 delle NTC, definisce quanto segue: "Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera **omogeneo ai fini del controllo** (secondo le prestazioni), se possiede le **medesime caratteristiche prestazionali (classe di resistenza e classe di esposizione)**". Naturalmente tipologia di opera e/o prestazione fondamentale e/o aggiuntiva del calcestruzzo in fase di progetto, potrebbero implicare prove aggiuntive, rispetto alla compressione, per la verifica preliminare della prestazione che ricompre primaria importanza nella realizzazione dell'opera stessa (es. mantenimento della classe di consistenza, verifica del ritiro, massa volumica, contenuto d'aria intrappolata e/o inglobata, misura della resistenza alla penetrazione dell'acqua, ecc.).

Operativamente, il Direttore dei Lavori, acquisisce, tramite il costruttore, prima dell'inizio dei getti, copia della certificazione produttore in accordo alle Linee Guida Ministeriali del calcestruzzo preconfezionato (da non confondere con il Sistema di Gestione per la Qualità, di cui alla Norma UNI EN ISO 9001:2000, che tipicamente concerne il regime volontario). Tutti gli elementi, i requisiti e le disposizioni adottati dal produttore devono essere documentati in maniera sistematica ed in forma di obiettivi e procedure scritte.

del controllo di processo produttivo (FPC) e la documentazione di qualifica (dossier prestazionale del calcestruzzo) relativa a tutti i prodotti oggetto di fornitura.

Il dossier prestazionale del calcestruzzo deve contenere, oltre al già citato certificato FPC anche:

- certificato di Conformità CE dei componenti utilizzati;
- scheda tecnica dell'impianto che ne individui le caratteristiche principali (ad es. produzione oraria, numero sili, numero tramogge, sistemi di automazione, etc.);
- descrizione sintetica dell'organizzazione della produzione, del trasporto e della consegna;
- descrizione delle modalità di gestione delle miscele dal punto di vista della progettazione (ad es. criteri, vincoli, raggruppamento per famiglie, etc.);
- descrizione del controllo statistico della produzione;
- eventuali risultati delle prove di laboratorio ottenuti durante le prove di prequalifica.

Per le classi di resistenza superiori a C45/55, le NTC prevedono che la resistenza caratteristica a compressione e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e sulla durabilità del calcestruzzo devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori mediante una specifica sperimentazione e la produzione deve seguire idonee procedure per il controllo di qualità. In altre parole significa che vanno effettuate le prove di qualifica su un lotto di calcestruzzo (all'impianto di produzione e/o in cantiere) con lo scopo di verificare la capacità del fornitore di ottenere le prestazioni previste nel capitolato e nel contratto commerciale. In tal senso sono implicitamente escluse la dichiarazione del mix design e la verifica degli effettivi dosaggi del carico.

Le Norme del 2018 danno indicazioni più precise circa l'identificazione e la qualificazione dei calcestruzzi con classe di resistenza superiore a C70/85 che, a differenza di quanto previsto nelle NTC del 2008, non sono più considerati materiali «non

tradizionali».

Per l'utilizzo di questi calcestruzzi fino ad oggi era richiesta una autorizzazione da parte del Servizio Tecnico Centrale. Con la nuova stesura si rimanda direttamente al cap.11 sui materiali e prodotti ad uso strutturale. L'identificazione e la qualificazione sono così in capo al produttore e coincidono con l'ottenimento di un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato sempre dal Consiglio Superiore.

Per produzioni in cantiere tramite processi non industrializzati e per quantità inferiori a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea, la D.L. deve acquisire prima delle forniture documenti attestanti i criteri e le prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica certificata da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, oltre al Certificato di Conformità (CE) dei componenti impiegati. Inoltre, sarebbe opportuno un piano prove altamente dettagliato per tutte le caratteristiche fondamentali e aggiuntive, prescritte per il calcestruzzo in fase di progetto (es. mantenimento della classe di consistenza, verifica del ritiro, contenuto d'aria intrappolata e/o inglobata, misura della resistenza alla penetrazione dell'acqua, ecc.).

### **1.1.2 VERIFICA DEI DOCUMENTI DI TRASPORTO (NTC 11.2.2)**

IL Direttore Lavori è tenuto a verificare il documento di trasporto del calcestruzzo prima delle operazioni di scarico di tutte le forniture di calcestruzzo ed in particolare:

- estremi della certificazione FPC (Ente certificatore e codice certificazione). In caso la bolla risulti sprovvista di riferimenti alla certificazione, il D.L. sarà tenuto a rifiutare la fornitura.
- corrispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo fornito con le prescrizioni inserite nella relazione dei materiali e sugli elaborati grafici (Classi di Esposizione, Classe di Resistenza, Classe di Consistenza, Diametro massimo dell'Aggregato, prescrizioni aggiuntive, nome e indirizzo del cantiere).



### 1.1.3 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE (NTC 11.2.4 - 11.2.5)

I controlli di accettazione sono obbligatori per Legge poiché concorrono alla verifica della sicurezza dell'opera attraverso la verifica della classe di resistenza di progetto ( $R_{ck,prog}$ ) e delle prestazioni previste a capitolato. La responsabilità di tali controlli è attribuita dal D.M. 17.01.2018 interamente al D.L., il quale non ha bisogno di contraddittorio per effettuarli, diversamente da quanto attiene ai controlli di conformità dove, stante l'obbligo del controllo, esiste sempre il contraddittorio tra fornitore e impresa per la garanzia del patto commerciale.

Il controllo di accettazione consiste:

- nel prelievo dei provini in cantiere (1 prelievo = 2 provini), con le modalità e le frequenze descritte nel seguito, e, nella verifica della classe di consistenza del calcestruzzo fresco e nel controllo di eventuali altri requisiti prestazionali previsti a progetto;
- nel redigere il verbale di prelievo

contestualmente alla richiesta ufficiale per le prove a compressione presso il laboratorio autorizzato;

- nell'invio dei provini al laboratorio autorizzato per la determinazione della massa volumica e della resistenza alla compressione, oltre alle eventuali caratteristiche previste a progetto;
- nella elaborazione, con le modalità del controllo tipo A, o tipo B, dei risultati dei certificati delle prove a compressione e verifica della conformità delle ulteriori proprietà richieste a progetto (allegato 6).

I controlli di accettazione sul calcestruzzo si distinguono in due tipi:

- per opere con quantità inferiore a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea impiegata possono essere effettuati i controlli di accettazione di tipo A (§11.2.5.1 NTC);
- per opere con quantità superiore a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea impiegata devono essere effettuati i controlli di accettazione di tipo B (§11.2.5.2 NTC).

CONTROLLO DI TIPO A	CONTROLLO DI TIPO B
1 controllo di accettazione ogni 300 m <sup>3</sup> di miscela omogenea*	1 controllo di accettazione ogni 1500 m <sup>3</sup> di miscela omogenea*
$R_1 \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$	$R_m \geq R_{ck} + 1,48 s$ $s/R_m \leq 0,3$
3 prelievi (2 cubetti ogni 100 m <sup>3</sup> _ tot. 6 cubetti)	min. 15 prelievi (min. 30 cubetti per controllo)
Obbligatorio un prelievo ogni giorno di getto, salvo per volumi di getto tot. inferiori a 100 m <sup>3</sup>	
*Per miscela omogenea, ai fini del controllo (secondo le prestazioni), si intende lo stesso prodotto ovvero un prodotto con medesime caratteristiche prestazionali (classe di resistenza e classe di esposizione).	

Il campionamento del calcestruzzo per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera" non prima di aver scaricato almeno 0.3 m<sup>3</sup> di calcestruzzo e in quantità di circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini, conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (§ 11.2.4 NTC).



Prelievo dalla canal

Il Direttore dei Lavori deve assicurare la propria presenza (o quella di un tecnico di sua fiducia) alle operazioni di prelievo dei campioni di cls nella fase di getto, provvedendo:

- a redigere apposito Verbale di Prelievo (in allegato al presente documento);
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di prelievo dei campioni;
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di conservazione dei campioni in cantiere, fino alla consegna al laboratorio autorizzato, incaricato delle prove;
- ad identificare i provini mediante sigle, etichettature indelebili, etc.;
- a sottoscrivere la domanda di prove al laboratorio autorizzato, avendo cura di fornire, nella domanda, precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, la data di prelievo, gli estremi dei relativi Verbali di prelievo;
- alla consegna dei campioni presso uno dei laboratori autorizzati che dovrà provvedere alla corretta conservazione dei provini e dovrà effettuare le prove a compressione tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro i 45 giorni dalla data di prelievo dei campioni. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (NTC 11.2.5.3).

Il Direttore dei Lavori acquisisce dal laboratorio autorizzato i certificati con i risultati delle prove. Per il calcestruzzo devono essere riportati:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data

di prelievo dei campioni da provare, gli estremi del Verbale di prelievo;

- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

#### 1.1.3.1 PROCEDURA PER IL CONFEZIONAMENTO DEI PROVINI

Per la confezione dei provini è preferibile utilizzare cubiere in PVC o in acciaio conformi alla Norma UNI EN 12390-1, aventi spigoli di 150 mm; si possono altresì utilizzare cubiere in polistirolo che implicano però una maggiore attenzione nella verifica della planarità che è comunque obbligatoria. Nel caso di utilizzo di cubiere in polistirolo la rettifica del provino prima di sottoporlo alla prova di schiacciamento è sempre necessaria.



*Preparazione dei provini*



Identificazione dei provini

Fasi del prelievo in accordo alla UNI EN 206-1 e UNI EN 12390-2:

1. miscelare il calcestruzzo in autobetoniera in cantiere almeno 4-5 minuti con tamburo al massimo dei giri;
  2. inumidire gli attrezzi necessari al campionamento (cariola, sessola, ecc.) prima di utilizzarli;
  3. prelevare il campione dopo aver preventivamente scaricato circa 0,3 m<sup>3</sup>, all'uscita della canale cioè a "bocca di betoniera", in più fasi, in quantità pari al doppio di quella necessaria per le prove;
  4. omogeneizzare, con sessola, in una carriola il materiale prima della confezione dei provini;
  5. pulire e trattare le casseforme prima del riempimento con idoneo disarmante;
  6. riempire le casseforme con sessola in più strati; è vietato l'uso di cazzuole o altri strumenti, in fase di riempimento delle casseforme, che implicino la segregazione del calcestruzzo campionato: con la cazzuala si rischia di "perdere" buona parte della pasta cementizia, compromettendo per sempre il risultato del controllo di accettazione;
  7. compattare il calcestruzzo a rifiuto per strati (almeno due strati, ognuno dei quali di spessore non superiore a 100 mm), per evitare segregazione o comparsa di acqua superficiale con uno dei seguenti mezzi:
    - pestello di compattazione metallico a sezione circolare ( $\emptyset$  16 mm, lunghezza 60 cm), con il quale, per la compattazione si devono dare 25 colpi di pestello per strato;
    - vibratore interno da laboratorio con diametro non superiore a 40 mm (**Attenzione: non utilizzare mai il vibratore da cantiere!**);
    - tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz;
  8. togliere il calcestruzzo in eccesso dalla cassaforma livellando accuratamente la superficie del provino;
  9. identificare il provino apponendo sulla superficie un'etichetta indelebile che riporti:
    - a) n. verbale di prelievo;
    - b) tipo calcestruzzo;
    - c) data del getto;
    - d) cliente;
    - e) ubicazione getto;
    - f) n. documento di trasporto;
    - g) firma del D.L. e dell'incaricato al prelievo;
  10. lasciare il calcestruzzo nella cassaforma per almeno 16 h, ma non oltre 3 giorni, proteggendolo da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di circa 20 °C (circa 25 ± 5°C nei climi caldi);
  11. conservare e maturare i provini, una volta rimossi dalla cassaforma, in recipienti colmi d'acqua alla temperatura di circa 20 °C, oppure in ambiente a circa 20 °C ed umidità controllata maggiore del 95%, quindi consegnarli al Laboratorio incaricato prima del 28° giorno di maturazione.
- Inoltre, il D.L., deve controllare e pretendere che il confezionamento dei provini venga fatto da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 oppure da personale qualificato che rispetti fedelmente la norma UNI EN 12390-2. Vanno evitati "confezionatori" improvvisati o avventati per il solo fatto che siano presenti in cantiere





**Stanza con umidità controllata maggiore del 95%**



**Vasca termostata per la corretta maturazione dei provini**

*Nota: solitamente i laboratori autorizzati dispongono di locali adatti alla maturazione dei provini, con temperatura e umidità controllate, e pertanto, è consigliabile conservarli anche presso tali strutture. Assicurarsi che le prove a rottura dei provini vengano effettuate al più tardi qualche settimana dopo il 28° giorno di maturazione.*

### 1.1.3.2 CONTROLLO DELLA CONSISTENZA

A completamento del controllo di accettazione, si effettua la verifica delle altre prescrizioni progettuali, come la classe di consistenza del calcestruzzo fresco. Il Direttore Lavori è responsabile del rispetto delle prescrizioni progettuali contenute nel Capitolato e nel progetto esecutivo, pertanto è tenuto a presidiare le fasi del controllo nelle forniture e nella posa in opera.

Laddove non specificato dal Capitolato Speciale d'Appalto, in accordo con la UNI EN 206-1 la classe di consistenza del calcestruzzo deve essere misurata ogni 100 m<sup>3</sup> a bocca di betoniera, salvo diversamente specificato a capitolato, mediante:

- abbassamento al cono di Abrams (Slump);
- diametro di spandimento alla tavola a

scosse.

Il controllo della classe di consistenza può essere effettuato, a seconda dei casi, attraverso la misura dello slump (abbassamento del cono) o la misura dello spandimento con la prova della tavola a scosse. Le prove sono normate dalle UNI EN 12350-2 e UNI EN 12350-5.



**Misura dell'abbassamento al cono di Abrams "slump"**



**Misura dello Spandimento - Diametro di spandimento =  $(d_1 + d_2)/2$**

Nel caso di impiego di calcestruzzo autocompattante (SCC) il controllo della classe di consistenza si effettua attraverso la misura dello slump flow. La prova è normata dalla UNI EN 12350-8.

Per la classe S5: considerato che la normativa non impone un limite superiore di abbassamento al cono, si consiglia di fissare un valore di riferimento massimo, come ad esempio 250 ÷ 260 mm. La UNI EN 206, consente in alternativa, di specificare un valore di riferimento per tutte le classi di consistenza. Ad esempio tra S4 ed S5 è



concesso indicare un valore di riferimento dell'abbassamento al cono, con opportuna

tolleranza, come ad esempio  $230 \pm 30\text{mm}$ .

MISURA DELLA CLASSE DI CONSISTENZA (LAVORABILITÀ DEL CALCESTRUZZO FRESCO)		
	Classe	Classe [mm]
UNI EN 206-1	S1	10 ÷ 40
	S2	50 ÷ 90
	S3	100 ÷ 150
	S4	160 ÷ 210
	S5	≥ 220
	Classe	Classe [mm]
UNI EN 206-9 (SCC)	SF1	550 ÷ 650
	SF2	660 ÷ 750
	SF3	760 ÷ 850

#### 1.1.4 PROVE COMPLEMENTARI (NTC 11.2.7)

Tali prove non sostituiscono i controlli di accettazione, ma si rendono necessarie in particolari situazioni. Come per i controlli di accettazione, anche queste prove devono essere eseguite dai laboratori autorizzati.

I controlli complementari possono essere effettuati ogni qualvolta sussistono particolari fasi di costruzione (precompressione, temperature eccezionali, tempi di scasso precoci.). Tipicamente servono per la determinazione della resistenza del calcestruzzo a 3, 7, 14 giorni di maturazione.

Le modalità e le frequenze di prelievo in tal caso, seguono le specifiche di Capitolato o le richieste del Direttore Lavori. Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

#### 1.2 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA (NTC 11.2.6)

Questo tipo di controllo è necessario, nei casi in cui:

- le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure
- sorgano dubbi sulle modalità di confezionamento, conservazione,

maturazione e prova dei provini di calcestruzzo, oppure

- sorgano dubbi sulle modalità di posa in opera, compattazione e maturazione del calcestruzzo, oppure
- si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera.

È necessario tenere presente che la resistenza del calcestruzzo nella struttura dipende dalla resistenza del calcestruzzo messo in opera, dalla sua posa e costipazione, dalle condizioni ambientali durante il getto e dalla maturazione.

La valutazione delle caratteristiche di resistenza può essere effettuata attraverso prove distruttive, non distruttive o semi-distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del D.M. 17.01.2018).

Occorre porre molta attenzione sulla sostanziale differenza tra valore medio e valore caratteristico. Quest'ultimo rappresenta quel particolare valore della resistenza al di sotto del quale si prevede di trovare al massimo il 5% dei valori della popolazione di dati presi in considerazione. Pertanto è errato considerare equivalente un valore caratteristico con un valore medio. A tal scopo è fondamentale chiarire le relazioni tra resistenza di progetto, resistenza potenziale e resistenza strutturale, introdotte dal D.M.

17.01.2018, al fine di individuare i ruoli e le responsabilità dei vari attori nelle varie fasi del controllo.

- La resistenza di progetto (Rckprog) è definita dal progettista in funzione delle esigenze statiche e di durabilità delle opere. È pertanto propria la responsabilità della corretta definizione di tale parametro;
- la resistenza potenziale (Rckpot) è quella che si ottiene dai controlli di accettazione, la cui responsabilità è attribuita al Direttore dei Lavori;
- la resistenza strutturale (Rckstr) è la resistenza effettiva (reale) rilevata nell'elemento realizzato. Essa può essere valutata dal Direttore dei Lavori o dal collaudatore attraverso prove sulla struttura, effettuate in contraddittorio con l'impresa che è responsabile della messa in opera del calcestruzzo, naturalmente sotto il controllo costante e continuo del D.L., e degli effetti di tali operazioni sulla resistenza finale.

Al § 11.2.6 si introduce il principio fondamentale che: “Il valore caratteristico della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza caratteristica in situ, Rckis o fckis) è in genere minore del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto Rck o fck”.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni fissano un valore al di sotto del quale la resistenza del calcestruzzo in opera non è più accettabile. Infatti, le NTC affermano peraltro che:

“Per i soli aspetti relativi alla sicurezza strutturale e senza pregiudizio circa eventuali carenze di durabilità, è accettabile un valore caratteristico della resistenza in situ non inferiore all'85% della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto.”

Per la modalità di determinazione della resistenza a compressione in situ, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive), si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12504-2, UNI EN 12504-3, UNI EN 12504-4. La resistenza caratteristica in situ va calcolata

secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791, ai §§ 7.3.2 e 7.3.3, considerando l'approccio B se il numero di carote è minore di 15, oppure l'approccio A se il numero di carote è non minore di 15, in accordo alle “Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera” elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Quando la resistenza in situ è determinata da carote, come specificato nella norma UNI 13791 e ripreso dalle “Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera” elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:

- sottoponendo a prova una carota di lunghezza e diametro di 100 mm, si ottiene un valore di resistenza equivalente a quello ottenuto con il cubo di norma, che ha spigolo 150 mm, confezionato e stagionato nelle stesse condizioni;
- sottoponendo a prova una carota con diametro 100 mm, e altezza pari a due volte il diametro, si ottiene un valore di resistenza pari all'83% di quanto viene ottenuto con il provino cubico di 150 mm di spigolo, stagionato nelle stesse condizioni;
- la trasposizione dei risultati di prova rilevati su carote con diametri da 50 mm fino a 150 mm e lunghezza diversa rapportata al diametro **deve essere basata su fattori di conversione di idoneità predefinita.**

I fattori di conversione di idoneità predefinita per altre dimensioni del provino e rapporti di lunghezze rispetto al diametro possono essere indicati nelle disposizioni vigenti sul luogo di impiego.

Inoltre, i fattori che influenzano la resistenza su carota possono essere suddivisi in quelli nei quali il fattore è correlato ad una caratteristica del calcestruzzo e in quelli nei quali è una variabile di prova.

La resistenza di una carota è influenzata dal ciclo di stagionatura della struttura, dall'età del calcestruzzo al momento del prelievo della



carota, dalla posizione e direzione di prelievo, dal disturbo o tormento del carotiere, dal ciclo di conservazione della carota, la presenza o meno delle barre d'armatura e da altri fattori.

Alcuni fattori di influenza devono essere tenuti in considerazione al momento della valutazione dei risultati di prova. Altri fattori possono essere considerati in base alle necessità e altri ancora in genere sono ignorati.

Dalla norma UNI EN 13791, le carote, devono essere prelevate, esaminate e preparate in conformità alla UNI EN 12504-1 quindi sottoposte a prova in conformità alla UNI EN 12390-3. Salvo in caso di impossibilità, le carote devono essere esposte ad un'atmosfera di laboratorio per almeno 3 giorni prima della prova. Qualora tale esposizione di 3 giorni non sia praticabile, vanno riportate sul certificato di prova le effettive condizioni di conservazione. Di tale scostamento dal procedimento normalizzato si dovrà tenere conto nelle successive valutazioni. Anche la norma UNI EN 12504-1, al paragrafo 8.1, indica registrare le condizioni di conservazione del provino e se viene richiesto di sottoporre a prova il provino in condizione satura, immergerlo nell'acqua a  $(20 \pm 2)$  °C per almeno 48 h prima della prova e anche nelle "Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera" elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, si trovano indicazioni in merito all'umidità del provino, cap. 3, specifica quanto che i campioni estratti devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito rispetto all'essiccazione all'aria (condizioni ottimali sono la vasca o la camera di maturazione) e prima della rottura i campioni devono essere tenuti per almeno 24 ore all'aria. Tutto ciò cosa vuol dire, che il soggetto che dirigerà il prelievo in opera, quindi il D.L., deve seguire attentamente anche il processo di preparazione e conservazione del provino, poiché conoscendo esattamente le condizioni di conservazione al momento della prova si può tener conto, tramite coefficiente correttivo, nel momento della valutazione

della resistenza in opera (par. 7.1, Appendice A par. A.2.1 – UNI EN 13791).

Quindi, è facile comprendere che i valori  $f_c$ , uscenti della prova di compressione, sono le resistenze dei provini, ma non sono i valori delle resistenze corrispondenti calcestruzzi in opera. Per ottenere i valori delle resistenze in opera, indicate col simbolo  $f_{c,opera}$ , è necessario analizzare ed elaborare i valori  $f_c$  per opportuni coefficienti correttivi i quali sono in ogni caso i seguenti:

- **coefficiente  $F_{H/D}$ , rapporto altezza/diametro della carota;**
- **coefficiente  $F_D$ , per diametri, della carota, inferiori a 100 mm;**
- **coefficiente  $F_1$ , per estrazione: disturbo/tormento**, per tener conto del fatto che l'estrazione della carota dal calcestruzzo in opera riduce la resistenza del calcestruzzo, e quindi riduce i valori  $f_c$  di resistenza dei provini;
- **coefficiente  $F_2$ , per la direzione**, per tener conto del fatto che la direzione di estrazione, diversa da quella del getto del calcestruzzo in opera, può diminuire i valori  $f_c$  di resistenza dei provini;
- **coefficiente  $F_3$ , per l'umidità**, per tener conto del fatto che i valori  $f_c$  di resistenza dei provini diminuiscono al crescere dello stato di imbibizione d'acqua dei provini, fino alla saturazione;
- **coefficiente  $F_4$ , per la presenza di barre d'armature**, per tener conto del fatto che i valori  $f_c$  di resistenza dei provini diminuiscono con la presenza di barre d'armatura. Quando è possibile, i provini contenenti barre di armatura vanno sempre scartati. Nota: i provini contenente barre di armatura in direzione longitudinale non possono essere mai considerati al fine del calcolo della resistenza in opera, e vanno sempre scartati.

Visto quanto precedentemente riportato, si avrà:

$$f_{ci, is} = f_{ci} \cdot F_{D/H} \cdot F_D \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4$$

dove:  $f_{ci}$  – valore di rottura della carota.

Per quanto previsto dalla UNI EN 13791 e dalle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”:

### approccio A

per una numerosità dei provini  $n \geq 15$

$$f_{ci, is} = \min[(f_{m(n), is} - 1,48 \cdot s_{c, is}); (f_{is, lowest} + 4)],$$

dove:

- $f_{m(n), is}$  - valore medio;
- $S_{c, is}$  - scarto quadratico medio;
- $f_{is, lowest}$  - valore minimo.

### approccio B

per una numerosità dei provini  $n < 15$

oppure:

$$f_{ci, is} = \min[(f_{m(n), is} - k); (f_{is, lowest} + 4)],$$

dove:

- $f_{m(n), is}$  - valore medio;
- $f_{is, lowest}$  - valore minimo.

e

- **k = 5** per n (numerosità dei campioni prelevati) compreso tra 10 e 14;
- **k = 6** per n compreso tra 7 e 9;
- **k = 7** per n compreso tra 4 e 6 (caso da prendere in considerazione solo per opere di particolare semplicità).

Infine, per avere la conformità della resistenza in opera, deve risultare:

$$f_{ck, is} \geq 0,85 \cdot f_{ck}$$

ossia 85% della classe di resistenza caratteristica prevista in progetto, come previsto dal D.M. 17.01.2018.

## 2 VERIFICA DELLA MESSA IN OPERA (L. 1086/71)

Il Direttore dei Lavori verifica il rispetto delle prescrizioni progettuali in merito a:

- metodologie di posa in opera;
- dimensioni degli elementi strutturali;
- reali spessori dei copriferri e degli interferri;
- pulizia dei casseri;

- posizionamento e quantità delle barre d'armatura, sovrapposizioni, passo e legatura delle staffe;
- piegatura e saldatura delle armature secondo la UNI EN 13670 (se è prevista la formazione delle armature in cantiere, il D.L. deve vigilare su tali operazioni);
- sistema e modalità di getto;
- stagionatura dei getti;
- eventuali riprese di getto.

## 3 VERIFICA DELLE FASI ESECUTIVE

Il Direttore dei Lavori, già all'art. 3 della Legge n. 1086/1971 e ripresa dall'art. 64 del D.P.R. n. 380/200, ha la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, dell'osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto e della qualità dei materiali impiegati. Quindi, visto che al paragrafo 4.1.7 delle NTC, si specificano gli obblighi del progettista, secondo quanto segue: "Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione in funzione della particolarità dell'opera, del clima, della tecnologia costruttiva.

In particolare il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali.

Analoga attenzione dovrà essere posta nella progettazione delle armature per quanto riguarda: la definizione delle posizioni, le tolleranze di esecuzione e le modalità di piegatura. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670". Gli obblighi "della fase di progettazione" per le disposizioni nella fase esecutiva, vengono riprese al paragrafo 11.2.1 delle NTC: "(...) Inoltre, si dovranno dare indicazioni in merito ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI EN 13670, alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale ed alle Linee Guida per la valutazione delle



caratteristiche del calcestruzzo in opera elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. (...)” e richiamati anche al paragrafo 11.211 sempre delle NTC: “(...) Inoltre devono essere rispettati i valori del copriferro nominale di cui al punto 4.1.6.1.3, nonché le modalità e la durata della maturazione umida in accordo alla UNI EN 13670:2010, alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale ed alle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. (...)”. Quindi, il D.L. deve controllare tutto il processo esecutivo, previsto dal progetto ed eventualmente integrare prescrizioni mancanti, errate o insufficienti. Il controllo deve avvenire per le varie fasi, dalla cassetatura allo scassero, e cioè:

- tipologia di casseri, puntelli, uso dei disarmanti compatibili con cassero e tipologia di getto, dimensioni, verticalità e/o orizzontalità e/o pendenze;
- piegatura e/o saldatura delle armature secondo la UNI EN 13670 (se è prevista la formazione delle armature in cantiere, il D.L. deve vigilare su tali operazioni), posizionamento e quantità delle barre d’armatura, sovrapposizioni, passo e legatura;
- controllo del copriferro;
- modalità di getto (altezza libera di getto, tubo getto, convogliatori, ecc.);
- pulizia delle zone casserate;
- controllo delle condizioni climatiche (condizioni termo/igrometriche) al momento del getto e nelle ore successive al fine di individuare le modalità di maturazione coerenti al clima;
- modalità di getto;
- modalità di compattazione; modalità e tempi di maturazione;
- modalità e tempi di scassero e disarmo.

Gli argomenti di tale paragrafo, possono essere approfonditi, tramite l’utilizzo dei documenti richiamati dalle NTC, e cioè la

norma UNI EN 13670 e le Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **4 RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME (L. 1086/71)**

In accordo alla Legge n. 1086/1971 D.P.R. n. 380/2001 il Direttore Lavori, consegna allo Sportello Unico (ex Genio Civile) i certificati di prova, le prove sul calcestruzzo congiuntamente alle prove sull’acciaio da c.a., come allegati alla Relazione a strutture ultimate.

La documentazione che deve essere contenuta è:

- a. esame dei certificati delle prove sui materiali, articolato:
  - nell’accertamento del numero dei prelievi effettuati e della sua conformità alle prescrizioni contenute nel Cap. 11 delle NTC;
  - nel controllo che i risultati ottenuti delle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissati nel citato Cap. 11;
- b. esame dei certificati di cui ai controlli in stabilimento e nel ciclo produttivo, previsti al Cap. 11;
- c. per le opere in conglomerato armato precompresso, ogni indicazione inerente alla tesatura dei cavi ed ai sistemi di messa in coazione;
- d. controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei Lavori, allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme.

#### **5 CERTIFICATO DI COLLAUDO**

Il collaudo statico con le recenti NTC è previsto in corso d’opera per gli elementi strutturali non più ispezionabili a seguito del proseguire della costruzione, come le

strutture in calcestruzzo armato.

A tal proposito, in accordo alla legge 1086/1971 e al D.P.R. 380/2001 e alle NTC, è opportuno che il collaudatore tra i vari compiti, verifichi la correttezza delle prescrizioni progettuali e le caratteristiche dei materiali strutturali impiegati.

In particolare, deve esaminare la documentazione attestante la qualifica dei materiali impiegati e i certificati relativi alle prove sui materiali ovvero il numero, la frequenza e la rispondenza dei risultati ottenuti dal tipo di controllo di accettazione.

Al fine di redigere il certificato di collaudo statico il collaudatore deve relazionare sulle caratteristiche dei materiali impiegati in cantiere fornendo informazioni circa:

- la classe di resistenza del calcestruzzo;
- le classi di esposizione;
- la classe di consistenza al getto;
- il diametro massimo dell'aggregato;
- le eventuali altre prestazioni previste a progetto;
- la qualità dell'acciaio per armature.

Queste informazioni possono essere rilevate dall'attività di controllo in cantiere da parte del D.L. o del collaudatore stesso (in corso d'opera), ovvero attraverso l'acquisizione della documentazione delle forniture.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- **D.M. 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"**.
- **UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 197-1, UNI 9606, UNI 9656.**
- **Vademecum del c.a. - Progetto Concrete - 2006;**
- **Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale ed alle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera** - pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- **Linee Guida per la valutazione delle**

**caratteristiche del calcestruzzo in opera** - pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

- **Norma UNI EN 13791.**
- L. Coppola, G. Pagazzi, A. Buoso, A. Caddeu, R. Caiaro, G. Ruggeri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Luorio, M. Conti, G. Albani, **"Linee guida per la prescrizione delle opere in c.a."**, Il Sole 24ore - Ottobre 2007.
- G. Pagazzi, R. Caiaro, E. Ciferri, G. Ruggeri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Luorio, G. Albani, **"I controlli sul c.a. - Linee guida per la Direzione Lavori"**, Progetto Concrete - Ottobre 2009.
- G. Pagazzi, R. Caiaro, E. Ciferri, G. Ruggeri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Luorio, G. Albani, **"Le forniture di c.a. - Linee guida per la Imprese di Costruzione"**, Progetto Concrete - EdilStampa - Ottobre 2009.
- G. Pagazzi, G. Ruggeri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Luorio, G. Albani, **"I controlli sul c.a. - Linee guida per la Direzione Lavori"**, Progetto Concrete - (Settembre 2011)
- G. Pagazzi, G. Ruggeri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Luorio, G. Albani, **"Le forniture di c.a. - Linee guida per la Imprese di Costruzione"**, Progetto Concrete (Settembre 2011).

ATECAP ▪ Associazione Tecnico Economica del  
Calcestruzzo Preconfezionato  
Via Giovanni Amendola, 46 ▪ 00185 Roma  
t: +39 06 42016103 ▪ f: +39 06 42020145

**atecap.it**   