

## PROVA A COMPRESSIONE SU CALCESTRUZZO INDURITO UNI EN 12390-3

### DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELL'INTERNO 14/01/2018 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.

#### 11 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

##### 11.2 CALCESTRUZZO

Le Norme contenute nel presente paragrafo si applicano al calcestruzzo per usi strutturali, armato e non, normale e precompresso di cui al § 4.1.

##### 11.2.1 SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016. Nel caso di impiego di armature di pre- o post-tensione permanentemente incorporate nei getti è obbligatoria anche l'individuazione della classe di contenuto in cloruri. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica  $R_{ck}$  e cilindrica  $f_{ck}$  a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su cubi di spigolo 150 mm e su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm .

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.

La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori.

Nelle presenti norme la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato al § 11.2.4, eseguite a 28 giorni di maturazione. Potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico. Inoltre, si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione.

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).

##### C.11.2.1 SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO

Nella norma si precisa che la prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza ed il diametro massimo dell'aggregato. Per quanto attiene la classe di resistenza si ribadisce e specifica che la classe di resistenza è individuata esclusivamente dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica  $f_{ck}$  e cubica  $R_{ck}$  a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm.

##### 11.2.2 CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

###### ***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***

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***

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

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 DPR 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.

### ***Circolare C11.2.2***

Il § 11.2.2 delle vigenti NTC, in merito alle prove di accettazione in cantiere sul calcestruzzo, stabilisce che “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”.

Tale disposizione, come l’analoga riportata al § 8.4.2 delle NTC per la caratterizzazione meccanica dei materiali per le costruzioni esistenti, si applica soltanto alle prove distruttive da effettuarsi, e certificarsi, in applicazione della citata Circolare 7167/STC del 2010, e nulla ha a che vedere con eventuali prove non distruttive da effettuarsi sulla struttura esistente, di cui al Capitolo 8 delle NTC, o in fase di accettazione da parte del Direttore dei Lavori, quando si verificano i casi di cui al § 11.2.6 delle stesse NTC. Si evidenzia, inoltre, che dette prove non distruttive non rientrano fra le prove complementari di cui al § 11.2.7 delle stesse NTC. Ai fini della certificazione delle conseguenti prove i laboratori di cui all’articolo 59 del D.P.R. 380/2001 daranno evidenza, nel verbale di accettazione dei campioni e nel certificato di prova stesso, della conformità dell’avvenuto prelievo a quanto disposto dal § 8.4.2 o dal § 11.2.2 delle NTC; diversamente i campioni non potranno essere accettati ai fini dell’attività di certificazione ufficiale del Laboratorio.

### **11.2.3 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA**

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. Nel caso di forniture provenienti da impianto di produzione industrializzata con certificato di controllo della produzione in fabbrica previsto al § 11.2.8, tale documentazione è costituita da quella di identificazione, qualificazione e controllo dei prodotti da fornire.

Il Direttore dei Lavori ha l’obbligo di acquisire, prima dell’inizio della costruzione, la documentazione relativa alla valutazione preliminare delle prestazioni e di accettare le tipologie di calcestruzzo da fornire, con facoltà di far eseguire ulteriori prove preliminari.

**IL DIRETTORE DEI LAVORI HA COMUNQUE L’OBBLIGO DI ESEGUIRE CONTROLLI SISTEMATICI IN CORSO D’OPERA PER VERIFICARE LA CORRISPONDENZA DELLE CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO FORNITO RISPETTO A QUELLE STABILITE DAL PROGETTO.**

### **C11.2.3 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA**

Le prove preliminari di studio di cui al § 11.2.3 delle NTC sono finalizzate ad ottenere il calcestruzzo più rispondente sia alle caratteristiche prescritte dal progettista sia alle esigenze costruttive, in termini di classe di resistenza, classe di consistenza, tempi di maturazione, etc. In genere lo studio della miscela viene condotto presso il produttore di calcestruzzo, sotto il controllo di un laboratorio autorizzato, ovvero presso il laboratorio stesso.

### **11.2.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, **al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia**, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la “Resistenza di prelievo” che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

**È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell’impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.**

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002.

### ***Circolare C11.2.4***

**Il prelievo dei provini in concomitanza dell’esecuzione dei getti costituisce un momento importante dei controlli di sicurezza sulle strutture in calcestruzzo, controlli sanciti dalla Legge n. 1086/71, poi richiamati nel D.P.R. n. 380/2001, e descritti nel § 11.2.5 delle NTC. Per tale motivo al § 11.2.5.3 delle NTC è riportata una serie di prescrizioni relative alle modalità di prelievo dei provini, ai compiti ed alle relative responsabilità attribuite al Direttore dei lavori ed al laboratorio di prove autorizzato.**

**Fondamentale importanza assume, in tale contesto, la corretta modalità di prelievo dei provini di calcestruzzo, al fine di verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quelle stabilite nel**

progetto; un efficace controllo della qualità del calcestruzzo messo in opera serve infatti a tutelare, oltre che la sicurezza e la qualità dell'opera, anche il fornitore del calcestruzzo stesso e l'impresa che lo mette in opera, oppure ad individuare, in caso di criticità, le precise responsabilità dei predetti attori.

Premesso che se il prelievo dei campioni viene effettuato correttamente, i due provini di uno stesso prelievo non possono presentare valori di resistenza sensibilmente differenti, la norma stabilisce che il prelievo (due provini) non può essere considerato valido, ai fini del controllo di accettazione di cui al successivo punto C11.2.5, se la differenza fra i valori di resistenza dei due provini supera il 20% del valore inferiore (NTC, §11.2.4); si rinvia al § 11.2.5.3 delle NTC per le determinazioni da assumersi in tale evenienza.

In questo caso il laboratorio emetterà il relativo certificato, in cui sarà chiaramente indicato, **per i campioni per cui la suddetta differenza superi il 20% del valore inferiore, che “ai sensi del §11.2.4 del D.M. 17.01.2018 i risultati non sono impiegabili per i controlli di accettazione** di cui al §11.2.5 del D.M. 17.01.2018 e che pertanto dovranno applicarsi le procedure di cui al §11.2.5.3, ultimi tre capoversi, dello stesso D.M. 17.01.2018”.

### 11.2.5 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1

- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.I seguente:

#### **Controllo di tipo A Controllo di tipo B**

$$R_1 \geq R_{ck}-3,5$$

$$R_m \geq R_{ck}+3,5$$

(N° prelievi: 3)

$$R_m \geq R_{ck}+1,4 s$$

(N° prelievi  $\geq 15$ )

$R_m$  = resistenza media dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$R_1$  = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$s$  = scarto quadratico medio.

#### **Circolare C11.2.5**

Si conferma e si ribadisce l'obbligo, da parte del Direttore dei lavori, di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto.

**Ai fini di un efficace controllo di accettazione di Tipo A, è evidentemente necessario che il numero dei campioni prelevati e provati sia non inferiore a sei (tre prelievi), anche per getti di quantità INFERIORE a 100 m<sup>3</sup> di miscela omogenea.**

#### **11.2.5.1 Controllo di tipo A**

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>.

Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto.

Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

#### **11.2.5.2 CONTROLLO DI TIPO B**

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calce-struzzo.

Ogni controllo di accettazione di tipo B è costituito da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo la legge di distribuzione più corretta e il suo valor medio, unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3. Per calcestruzzi con coefficiente di variazione ( $s/R_m$ ) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.7.

Infine, la resistenza caratteristica  $R_{ck}$  di progetto dovrà essere minore del valore sperimentale corrispondente al frattile inferiore 5% delle resistenze di prelievo e la resistenza minima di prelievo  $R_{c,min}$  dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

#### **Circolare C11.2.5.2**

Il controllo di Tipo B è obbligatorio quando la quantità di miscela omogenea di calcestruzzo impiegato in un'opera è uguale o superiore a 1500 m<sup>3</sup>. Il controllo di Tipo B è costituito quindi da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea.

Il Controllo di Tipo B è ritenuto accettabile se, per un numero di prelievi non minore di 15, sono verificate entrambe le disuguaglianze:

$$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$$

$$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48*s$$

con  $s$  = scarto quadratico medio.

Qualora la quantità di miscela omogenea da impiegare nell'opera sia maggiore di 1500 m<sup>3</sup>, ai fini del controllo si consiglia la seguente procedura:

- 1) in prima fase, si esegue il controllo sul primo gruppo di 15 prelievi (30 provini);
- 2) successivamente, si esegue il controllo sul secondo gruppo di 15 prelievi;
- 3) contestualmente si esegue anche il controllo su tutti i prelievi disponibili (in questo caso 30);
- 4) si prosegue con la medesima procedura per i successivi gruppi di 15 prelievi, ovvero prima sull'ultimo gruppo di 15, poi sulla somma di tutti i precedenti;
- 5) qualora l'ultimo gruppo disponibile sia inferiore a 15 prelievi, questi si aggiungono al precedente gruppo.

I requisiti prestazionali più stringenti, adottati per i controlli di Tipo B, sono finalizzati a garantire la costanza prestazionale della miscela. In tal senso viene anche precisato che non possono essere accettati calcestruzzi con coefficiente di variazione ( $s/R_m$ ) superiore a 0,3, dove  $s$  è lo scarto quadratico medio e  $R_m$  è la resistenza media dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>).

Inoltre, la norma prevede che con coefficiente di variazione superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al § 11.2.7.

#### **11.2.5.3 PRESCRIZIONI COMUNI PER ENTRAMBI I CRITERI DI CONTROLLO**

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove sul calcestruzzo provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009, tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. 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.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- 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;
- 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 delle prestazioni misurate.

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al § 11.8.3.1

L'opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel successivo § 11.2.6. Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l'opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l'opera o parte di essa.

I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a verificarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse rispettato, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

### ***Circolare C11.2.5.3***

....

Premesso che la resistenza caratteristica del calcestruzzo è definita convenzionalmente come quella ottenuta dalla prova di rottura a 28 giorni di stagionatura, la Norma ha prescritto, **laddove le prove non possano essere eseguite esattamente al 28° giorno di stagionatura, che le stesse siano comunque eseguite entro 45 giorni dalla data di prelievo. Trascorso tale termine**, il laboratorio accetterà e sottoporrà a prova il materiale ed emetterà il relativo certificato, in cui sarà chiaramente indicato, per i campioni eventualmente provati oltre il 45° giorno dalla data del prelievo risultante dal verbale di prelievo redatto dal Direttore dei Lavori, che “ai sensi del §11.2.5.3 del D.M. 17.01.2018 **le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera**”. In tale situazione il Direttore dei Lavori, nell'effettuazione dei controlli integrativi di cui al §11.2.6 delle NTC, valuterà l'approfondimento delle indagini attraverso l'esecuzione di eventuali controlli distruttivi, sulla base della situazione effettivamente riscontrata, dell'esito delle prove e delle motivazioni del differimento nell'esecuzione della prova.

Di tale attività si darà riscontro nella Relazione a Strutture ultimate.

Qualora la consegna avvenga prima dei 28 giorni, il laboratorio provvede alla corretta conservazione dei provini. Pertanto, tenendo opportunamente conto della possibilità di consegna anticipata dei campioni in laboratorio, il Direttore dei lavori potrà organizzare le proprie attività in modo da ottimizzare il trasporto e la consegna dei provini al laboratorio, che provvederà alla corretta conservazione dei provini ed alla effettuazione delle prove nei tempi stabiliti.

Da quanto sopra emerge chiaramente la responsabilità attribuita al Direttore dei Lavori in merito al confezionamento, alla conservazione, custodia e consegna dei provini al laboratorio di cui all'articolo 59 del D.P.R. 380/01, al fine di garantire la necessaria corrispondenza fra il calcestruzzo sottoposto alle prove di accettazione certificate dai suddetti Laboratori e quello impiegato nell'opera, o in una parte o porzione dell'opera stessa, soggetta a controllo. Tale compito, assolutamente necessario a garantire l'efficacia e credibilità della filiera di controllo prevista dalla legge e dalle norme, potrà anche essere esercitato dal Direttore dei Lavori adottando tutte le iniziative che riterrà utili al raggiungimento dell'obiettivo, quali ad esempio garantire e documentare la tracciabilità dei provini mediante l'impiego di idonei strumenti tecnologici (ad esempio con micro-chips o targhette con codici a barre annegati nel calcestruzzo e soggetti a lettura digitalizzata e localizzazione spazio-temporale automatica in cantiere ed in Laboratorio) oppure affidando allo stesso laboratorio ufficiale incaricato il compito di effettuare il prelievo e l'accettazione dei provini in cantiere, occupandosi poi anche della maturazione fino alla stagionatura prevista per le prove.

Un ruolo significativo nella procedura di accettazione è svolto dal Laboratorio incaricato di effettuare le prove sul calcestruzzo, il quale, sotto il controllo del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, deve

svolgere costantemente la propria attività nel rispetto dei principi di qualità, trasparenza e indipendenza, declinati nei requisiti previsti dalle pertinenti disposizioni normative e ministeriali.

In tal senso, il laboratorio deve, di norma:

- certificare solo prove le cui richieste siano regolarmente sottoscritte dal Direttore dei Lavori o altra figura titolata a richiedere prove ufficiali (collaudatore, RUP, CTU, nei casi previsti, etc.); diversamente, in luogo del previsto Certificato ufficiale di prova, il laboratorio rilascia semplice Rapporto di prova, precisando che lo stesso Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71;
- accettare solo richieste di prova in originale, rifiutando richieste non firmate o non firmate in originale (in fotocopia o altro), salvo che le stesse non siano trasmesse via PEC ai sensi del Codice dell'Amministrazione Digitale; in tal caso oltre alla richiesta deve essere conservata (in formato elettronico o cartaceo) anche la mail di trasmissione, dalla quale sia possibile rilevare con certezza l'identità del mittente;
- accettare solo provini di calcestruzzo provvisti di contrassegno; tutti i provini devono essere identificati mediante sigle apposte direttamente dal richiedente, che devono corrispondere, evidentemente, alle sigle riportate sulla richiesta;
- rifiutare provini che rechino segni evidenti che mettano in dubbio il regolare prelievo dall'opera indicata dalla richiesta (ne sono un esempio il segno di vecchie etichette rimosse, ovvero la presenza di altre sigle pregresse rispetto a quelle indicate sulla richiesta);
- verificare le condizioni di planarità e verticalità sui cubetti di calcestruzzo prima di eseguire la prova;
- provvedere alla esecuzione delle prove a compressione conformemente alle norme UNI EN più aggiornate;
- evitare di conservare in laboratorio, anche provvisoriamente, provini che non siano regolarmente accettati e identificati, anche quando non siano destinati a prova o certificazione ufficiale, motivando in questo caso la permanenza in laboratorio;
- riportare sui certificati del calcestruzzo, gli estremi dei verbali di prelievo; in assenza degli estremi dei verbali di prelievo il laboratorio effettua le prove ma, in luogo del Certificato ufficiale valido ai sensi della Legge n. 1086/71, rilascia un semplice Rapporto di prova;
- riportare sempre sui verbali di accettazione e sui certificati il nominativo della persona fisica che ha consegnato il materiale al laboratorio, nonché il ruolo svolto, se diverso dal Direttore dei Lavori;
- attuare le disposizioni impartite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il contenuto minimo dei certificati di prova è descritto nel § 11.2.5.3 delle NTC. Lo stesso § 11.2.5.3 delle NTC ribadisce che: "Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici" e che "La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo", diversamente pertanto il laboratorio non accetterà i relativi campioni.

La norma precisa infine che le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale. In tal caso, pertanto, il laboratorio effettua le prove ma, in luogo del certificato ufficiale, rilascia un semplice rapporto di prova.

Inoltre, qualora il numero dei provini di calcestruzzo consegnati in laboratorio sia inferiore a sei, il laboratorio effettua le prove e rilascia il richiesto certificato, ma vi appone una nota con la quale segnala al Direttore dei lavori che "il numero di campioni provati dal laboratorio non è sufficiente per eseguire il controllo di Tipo A previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni", tale segnalazione non inficia la validità del certificato, ma costituisce una segnalazione per il Direttore dei Lavori o altri soggetti preposti al controllo.

Si evidenzia, infine, che nello spirito di quanto esplicitamente previsto ai §§ 11.2.5.3, 11.3.2.12, 11.3.3.5.4, 11.3.4.11.3, 11.7.10.2, 11.10.1.1, 11.10.2.4, delle NTC, i laboratori di cui all'articolo 59 del D.P.R. 380/2001 incaricati dell'esecuzione delle prove devono conservare i campioni, di calcestruzzo, acciaio o qualsiasi altro materiale sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità, e non più per i venti giorni precedentemente previsti.

## 11.2.6. CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA

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.

Nel caso 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,

si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

Tali prove non sono, in ogni caso, sostitutive dei controlli di accettazione, ma potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera. Il valore caratteristico della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza caratteristica in situ,  $R_{ck}$  o  $f_{ck}$ ) è in genere minore del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto  $R_{ck}$  o  $f_{ck}$ . 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 13791:2008, 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 Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### ***Circolare C11.2.6***

Può essere utile, spesso necessario, quando si presentino uno o più casi fra quelli previsti chiaramente dalla norma stessa, ovvero ogni qualvolta il Collaudatore ne ravvisi l'opportunità, controllare la resistenza del calcestruzzo già gettato in opera ed indurito. È opportuno tenere sempre presente che tali prove non sono in ogni caso sostitutive dei controlli di accettazione, ma possono essere utili al Direttore dei lavori od al Collaudatore per formulare un giudizio tecnico sul calcestruzzo in opera. Fatti salvi i diversi tipi di prove non distruttive che possono essere impiegate, quando il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera viene effettuato mediante carotaggio, si rammenta che per quanto attiene le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei saggi estratti e le relative modalità di prova a compressione, si può fare riferimento alle norme UNI EN 12504-1 (*"Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prova di compressione"*), UNI EN 12390-1 (*"Prova sul calcestruzzo indurito – Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme"*), UNI EN 12390-2 (*"Prova sul calcestruzzo indurito – Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza"*) e UNI EN 12390-3 (*"Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei Provini"*), nonché alle *Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera* emanate dal Servizio Tecnico Centrale.

In ogni caso si devono prendere in considerazione le seguenti avvertenze:

- il diametro delle carote deve essere almeno superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati; al riguardo, ancorché le Linee Guida precisino che i diametri consigliati sono compresi tra 75 e 150 mm, si suggerisce di prelevare carote di diametro, ove possibile, non inferiore a 100 mm, ai fini delle valutazioni sulla resistenza più avanti riportate;
- le carote destinate alla valutazione della resistenza non dovrebbero contenere ferri d'armatura, (si devono scartare i saggi contenenti barre d'armatura inclinate o parallele all'asse);
- per ottenere la stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote;
- il rapporto altezza/diametro delle carote deve essere possibilmente pari a 1 o 2; i saggi estratti devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito al fine di impedire per quanto possibile l'essiccazione all'aria; a meno di diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su saggi umidi;

- nel programmare l'estrazione dei saggi si deve tener presente che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;
- è necessario verificare accuratamente, prima di sottoporre le carote alla prova di compressione, la planarità ed ortogonalità delle superfici d'appoggio; infatti, la lavorazione o preparazione inadeguata delle carote porta a risultati di prova erronei. E' necessario, in tal senso, che il taglio dei campioni sia effettuato con ogni possibile accuratezza al fine di evitare disturbi al saggio stesso e che le superfici di prova siano adeguatamente preparate per garantirne planarità e ortogonalità.

Sulla base di quanto sopra, vista la complessità delle operazioni descritte, è opportuno che il prelievo dei saggi e le relative prove siano effettuati da un Laboratorio ufficiale. Peraltro le NTC, al § 8.5.3, prevedono esplicitamente tale obbligo per il prelievo, da costruzioni esistenti, dei saggi da sottoporre alle prove per la relativa certificazione ufficiale previste dalla vigente Circolare ministeriale riportante i criteri per l'autorizzazione dei laboratori per l'effettuazione e certificazione delle prove sui materiali da costruzione.

Sotto il profilo operativo, effettuato il prelievo di un determinato numero di carote ed eseguita sulle stesse la prova di compressione con le procedure previste, si determina il valore caratteristico della resistenza strutturale cilindrica in situ, definita come  $f_{ck, is}$ . A tale riguardo, le norme prevedono che la resistenza caratteristica in situ va calcolata in accordo 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, nonché secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008 (§§ 7.3.2 e 7.3.3).

In particolare, le Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera sottolineano come l'estrazione delle carote dalla struttura, per quanto condotta con le attenzioni sopra raccomandate, produca comunque un disturbo al calcestruzzo, per cui nel risultato di prova sulla carota si manifesta un decremento di resistenza. Per tenere conto di tale decremento, le citate Linee Guida hanno introdotto un Fattore di danno  $F_d$ , moltiplicativo della resistenza ottenuta dalla prova; il valore di  $F_d$  decresce all'aumentare della resistenza  $f_{carota}$  rilevata sulla specifica carota, come indicato nella tabella seguente:

Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote ( $H/D=1$ ;  $d=100$  mm)

$f_{carota}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	10 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35
$F_d$	1.10	1.09	1.08	1.06

Le medesime *Linee Guida* precisano inoltre che se la resistenza potenziale è espressa in valori cubici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su carote aventi rapporto  $H/D = 1$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ); se invece la resistenza potenziale è espressa in valori cilindrici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su carote aventi rapporto  $H/D = 2$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ), sconsigliando fortemente l'impiego di carote caratterizzate da un rapporto  $H/D$  intermedio, al fine di evitare l'introduzione di ulteriori incertezze derivanti dall'utilizzo del coefficiente di conversione, notoriamente posto pari a 0,83. Pertanto, il valore della resistenza strutturale di ciascuna carota si determina come segue:

$f_{carota} * F_d = R_{c, is}$ , nel caso di provini, ottenuti da carote con rapporto  $H/D=1$ ;  $f_{carota} * F_d = f_{c, is}$ , nel caso di provini, ottenuti da carote con rapporto  $H/D=2$ .

Ciò premesso, il valore della resistenza caratteristica in opera  $f_{ck, is}$  può essere determinata considerando l'approccio B se il numero di carote è minore di 15, oppure l'approccio A se il numero di carote è  $\geq 15$ , secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008 (§§ 7.3.2 e 7.3.3). Determinato il valore della resistenza caratteristica strutturale in opera, la norma stabilisce che è accettabile un valore della predetta resistenza caratteristica, non inferiore all'85% del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto. Evidentemente il confronto fra i suddetti valori deve essere effettuato o utilizzando sempre la resistenza cilindrica o utilizzando sempre la resistenza cubica.

### 11.2.7 PROVE COMPLEMENTARI

Sono prove che eventualmente si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza di particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o in condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.). Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione. Tali prove non possono essere sostitutive dei controlli di accettazione che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni



del punto 11.2.4.I risultati di tali prove potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera.

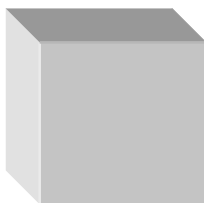
#### **C11.2.7 PROVE COMPLEMENTARI**

Si precisa che i Controlli complementari, come i controlli in corso d'opera sul calcestruzzo fresco, devono essere eseguiti dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### **11.2.11. DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e quelli derivanti dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. A tal fine, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, conformemente alle indicazioni della tabella 4.1.III delle presenti norme, in fase di progetto dovranno essere indicate le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare in accordo alle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici facendo anche, in assenza di analisi specifiche, utile riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104. 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. Ai fini della valutazione della durabilità, nella formulazione delle prescrizioni sul calcestruzzo, si potranno prescrivere anche prove per la verifica della resistenza alla penetrazione degli agenti aggressivi, quali ad esempio anidride carbonica e cloruri. Si può, inoltre, tener conto del grado di impermeabilità del calcestruzzo, determinando il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione. Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito potrà farsi utile riferimento alla norma UNI EN 12390-8.

**DIMENSIONI DEL CUBETTO**



**150 x 150 x 150 mm**

**Il cubetto si prepara in apposite casseformi (Cubierte) e deve essere costipato per ottenere la massima densità dell'impasto.**

**Tale operazione può essere eseguita o tramite vibrazione o tramite un tondino di ferro usato per pestellare energicamente l'impasto.**

**Il buon confezionamento e la conservazione del prodotto in ambienti a 20° sono fondamentali per l'adeguata preparazione del provino.**

**N.B. OGNI PRELIEVO È COMPOSTO DA N. 2 CUBETTI**