

IL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Estrafallaces Giorgio (Italferr SpA, Gruppo FS)

Abstract

La presente nota descrive i concetti che sono alla base del controllo di accettazione del conglomerato cementizio in accordo alle procedure previste dal DM 14.1.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito NTC) pubblicate sul Supplemento Ordinario n°30 della G.U. n° 29 del 4.2.2008 e dalla Circolare n°617/2009 del C.S.LL.PP.

Precedenti normativi

Il Regio Decreto del 10 gennaio 1907 rappresenta la prima norma a carattere "cogente" introdotta nell'ordinamento legislativo del nostro Paese in tema di sicurezza delle costruzioni in calcestruzzo armato e non. Prima di allora, la sicurezza era affidata al rispetto di regole tecniche empiriche tramandate dalla pratica costruttiva e non a sistematiche verifiche analitiche.

Il R.D. del 1907 per primo, impose dunque non solo l'obbligo di calcoli statici nell'elaborazione dei progetti ma rese obbligatoria anche l'esecuzione di prove sperimentali per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche del conglomerato utilizzato. Tale decreto prescriveva che il conglomerato confezionato con almeno 300 kg di cemento per mc, presentasse un valore di resistenza media a compressione a 28 gg di stagionatura su cubi di 10 o 15 cm di lato, non inferiore a 150 kg/cm².

Riguardo all'accertamento delle caratteristiche del calcestruzzo, la successiva Legge 22.12.1932 n°1830 precisava che *"le qualità e le proprietà dei materiali impiegati nell'esecuzione di ogni opera sono comprovate durante il corso dei lavori da certificati rilasciati da laboratori ufficiali"* e che compete al Direttore dei lavori *"far eseguire a spese dell'appaltatore presso un laboratorio ufficiale le prove di tutti i materiali da impiegarsi nella costruzione su campioni prelevati in contraddittorio"*. I prelievi del calcestruzzo dovevano essere eseguiti *"colla frequenza richiesta dalla natura e dalla importanza delle strutture"*. La resistenza a compressione, determinata in via sperimentale su 4 cubi di lato 160 mm, doveva risultare dalla *"media dei tre risultati maggiori su quattro prove"*.

Il successivo R.D. del 1939 ribadiva che *"la qualità e le proprietà dei materiali impiegati nell'esecuzione di ogni opera devono essere comprovate prima e durante il corso dei lavori da certificati rilasciati da ... laboratori ufficiali"* che nel seguito indicava.

Il legislatore pertanto, avvertita l'esigenza di assicurare attraverso accurate calcolazioni la sicurezza strutturale delle costruzioni, richiedeva di accertare le caratteristiche del conglomerato impiegato nella realizzazione di opere civili attraverso indagini di laboratorio e affidava al Direttore dei lavori il compito di verificarne il rispetto.

Si deve attendere il DM LL.PP. del 1972 per l'introduzione nell'ordinamento nazionale del concetto probabilistico nella definizione della sicurezza attraverso il calcolo della *resistenza caratteristica* a compressione in luogo della resistenza media fino ad allora richiamata.

La resistenza caratteristica

Ancor oggi il calcestruzzo utilizzato nella realizzazione delle strutture viene convenzionalmente individuato ai sensi delle recenti disposizioni di legge (DM 9.1.96, NTC 2005, NTC 2008) mediante la resistenza caratteristica (Rck), definita come *"la resistenza al di sotto della quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori"*.

TABELLA 1: principali differenze introdotte dalle NTC rispetto al DM 9.1.96

caratteristica	DM 9.1.96	Norme Tecniche 2005	Norme Tecniche 2008
preparazione e stagionatura provini	UNI 6127 (1980)	UNI EN 12390-2:2002	UNI EN 12390-2:2002
forma, dimensioni provini e relative casseforme	UNI 6130/1 ^A e 2 ^A (1980)	UNI EN 12390-1:2002	UNI EN 12390-1:2002
determinazione resistenza a compressione	UNI 6132 (1972)	UNI EN 12390-3:2004 e UNI EN 12390-4 :2002	UNI EN 12390-3:2004 e UNI EN 12390-4 :2002
controllo accettazione	controllo tipo A e, in alternativa quello tipo B	controllo tipo B obbligatorio per costruzioni con più di	controllo statistico tipo B obbligatorio per costruzioni

	<p><i>“per costruzioni con più di 1500 m³ di getto di miscela omogenea si possono adottare, in alternativa, le indicazioni di cui al punto 5.2”</i></p> <p>(la scelta del tipo di controllo da adottare, è di esclusiva competenza del direttore dei lavori, il quale ha facoltà di orientarsi verso un controllo di tipo statistico per getti superiori ai 1500 mc di calcestruzzo)</p>	1500 mc di getto di miscela di cls omogenea	con più di 1500 mc di getto di miscela di cls omogenea
resistenza caratteristica	<p>la “resistenza caratteristica” designa quella dedotta dalle prove a compressione a 28 giorni su cubi.</p> <p>La resistenza caratteristica richiesta dal conglomerato R_{ck} dovrà essere indicata dal progettista delle opere.</p>	<p>la “resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori”</p> <p>Il conglomerato cementizio “viene titolato ed identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su provini cubici”</p> <p>La NT individua 4 classi di resistenza (molto bassa, bassa, media, alta) in corrispondenza della quale, i conglomerati trovano impiego specifico Par. 5.1</p>	<p>la “resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori”</p> <p>è dedotta da prove eseguite a 28 gg di maturazione</p>
	Rm ≥ Rck + 1,4 s	Rm ≥ Rck + 1,48 s	Rm ≥ Rck + 1,4 s
conglomerato omogeneo	<p><i>“Il conglomerato per il getto delle strutture di un opera o di parte di essa si considera omogeneo se la miscela viene confezionata con componenti aventi essenzialmente le stesse caratteristiche di qualità e se i rapporti quantitativi tra i componenti, le attrezzature e le modalità di confezione rimangono praticamente invariati”</i></p>	<p><i>“il conglomerato ... si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto con le medesime procedure”</i></p>	<p><i>“il conglomerato ... si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto con le medesime procedure”</i></p>

La relazione che lega la resistenza caratteristica a quella media si ricava dalla seguente espressione:

$$R_{ck} = R_m - 1,64 \cdot s$$

dove “s” rappresenta lo scarto quadratico medio ⁽¹⁾ e 1.64 il fattore di probabilità che corrisponde al frattile del 5%.

R_{ck} non è dunque una resistenza minima assoluta ma solo una resistenza minima “convenzionale”.

La resistenza caratteristica viene determinata mediante prove a compressione a 28 gg di stagionatura su provini ⁽²⁾ confezionati e stagionati in accordo alla norma UNI EN 12390-2. In proposito, è importante sottolineare come il rispetto delle condizioni termoigrometriche standard (umidità relativa ≥ 95% e temperatura di 20±2 °C) di stagionatura (essenziali al fine di evitare effetti negativi sulle reazioni di idratazione), e un’accurata compattazione a rifiuto del materiale

(necessaria ad ottenere la massima densità del provino), consentano di raggiungere la massima resistenza del materiale. Al momento della posa in opera viene prelevato dall'impasto un quantitativo di conglomerato necessario al confezionamento di un gruppo di due provini. (foto 1)

La norma fa obbligo al Direttore dei lavori di *“prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo ... tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso tale da non poter più essere considerato omogeneo”*.

I provini così confezionati sono quindi stagionati e portati a rottura presso un laboratorio rispondente ai requisiti di cui all'art. 59 del DPR n°380/2001, dunque iscritto nell'apposito albo del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture.

La media dei valori di rottura a compressione a 28 gg di stagionatura dei due singoli provini costituisce la *resistenza di prelievo*, valore a sua volta mediante il quale si perviene alla successiva determinazione della resistenza caratteristica (Rck).

Le NTC impongono al progettista delle opere di designare la resistenza caratteristica a compressione (Rck) del conglomerato cementizio e al Direttore Lavori l'esecuzione del controllo di accettazione in corso d'opera allo scopo di verificare *“la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare”* dal costruttore.

Le NTC prescrivono altresì per il controllo di qualità del conglomerato cementizio una valutazione preliminare della resistenza volta a definire la composizione della miscela di conglomerato con la quale ottenere la resistenza caratteristica richiesta dal progetto.

FOTO 1: *confezionamento e identificazione cubi di conglomerato cementizio a “bocca di betoniera”*



Ulteriori prove (complementari), non sostitutive dei controlli di accettazione, possono essere richieste al fine di stimare la resistenza del conglomerato *“in corrispondenza a particolari fasi di costruzione ... o per condizioni particolari di utilizzo”*.

Ai fini della valutazione della resistenza delle strutture, il calcestruzzo viene designato da apposite classi contraddistinte dai valori di resistenza caratteristica a compressione uniassiale misurata su provini cilindrici (fck) e cubici (Rck) di dimensioni normalizzate.

Le NTC non ammettono l'impiego strutturale di calcestruzzi con classe di resistenza minore di C16/20 MPa per opere armate e di classe di resistenza minima C28/35 per opere in precompresso.

Calcestruzzi a bassa percentuale di armatura o non armati possono essere utilizzati solo per *“elementi secondari o per strutture massicce o estese”* in classe di resistenza C8/10.

Le NTC a differenza del precedente DM 9.1.96, consentono di prendere in considerazione nel calcolo statico calcestruzzi con resistenza caratteristica a compressione superiore a 55 MPa, fino ad un massimo di 105 MPa, previa sperimentazione e redazione di specifiche procedure di controllo qualità. Per strutture in classe di resistenza superiore a C70/85, è altresì necessaria l'autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Qualcosa di simile è contenuta nella precedente versione delle NTC (DM 14.9.2005) che sarà possibile applicare ancora fino al 30.6.2009. In corso d'opera secondo questa versione delle NTC, "per le classi di resistenza molto bassa, bassa e media", si dovrà procedere al controllo del calcestruzzo utilizzato "con le modalità indicate nel capitolo 11" (cioè con controlli di accettazione tipo A o tipo B), mentre "per la classe di resistenza alta, la resistenza caratteristica R_{ck} " deve essere accertata prima dell'inizio dei lavori e controllata in corso di produzione secondo apposite specifiche procedure di controllo qualità.

Entrambe le versioni delle NTC (2005 e 2008) fanno obbligo al Direttore dei lavori di acquisire prima della fornitura di calcestruzzo in cantiere copia della certificazione del controllo di processo industrializzato certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LLPP e di verificare altresì in corso d'opera, che i documenti di accompagnamento della fornitura medesima riportino gli estremi della certificazione di controllo della produzione in fabbrica (FPC).

TABELLA 2: classi di resistenza definite dalle NTC (DM 14.9.2005) mediante la resistenza cubica R_{ck}

CLASSE DI RESISTENZA	R_{ck} (N/mm ²)
Molto bassa	$5 < R_{ck} \leq 15$
Bassa	$15 < R_{ck} \leq 30$
Media	$30 < R_{ck} \leq 55$
Alta	$55 < R_{ck} \leq 85$

Il controllo di accettazione

Il controllo di accettazione, cioè il controllo della resistenza a compressione in corso d'opera del calcestruzzo, è finalizzato alla verifica dell'effettiva resistenza caratteristica di progetto. Per accertare la conformità della fornitura del calcestruzzo omogeneo le NTC individuano due criteri di valutazione della resistenza: il controllo di tipo A e di tipo B.

La normativa definisce omogeneo il calcestruzzo "se confezionato con la stessa miscela" laddove il DM 9.1.96 riteneva omogenea invece una miscela "confezionata con componenti aventi essenzialmente le stesse caratteristiche di qualità" e "rapporti quantitativi tra i componenti ... praticamente invariati". Per essere considerato omogeneo il conglomerato deve altresì essere prodotto con le medesime procedure.

Riguardo alla scadenza di prova, la Circolare n°617/2009 -pubblicata in applicazione delle NTC- consente la rottura dei provini per non meglio indicati casi particolari, anche oltre il canonico 28° giorno di stagionatura, fino a "qualche settimana" dal prelievo.

Controllo tipo A

Il controllo di tipo A, rappresentato dalla media di tre prelievi costituiti ciascuno da una coppia di provini, si applica a lotti di fornitura non superiori a 300 mc. Ciascun prelievo deve essere eseguito su un massimo di 100 mc di getto. Per quantitativi minori di conglomerato come anche per ogni giorno di getto, deve essere assicurato almeno un prelievo. Solo per costruzioni con meno di 100 mc è consentito derogare dall'obbligo del prelievo giornaliero fermo restando quello del prelievo di tre coppie di cubi.

Gli esempi riportati nel seguito possono essere utili a meglio esplicitare i concetti di cui sopra. Si supponga di utilizzare un volume complessivo di calcestruzzo omogeneo pari a 250 mc in tre differenti giornate di getto, rispettivamente nelle quantità di 75, 90 e 85 mc. Per ottemperare alle disposizioni di legge riguardo al controllo di accettazione di tipo A si dovranno prelevare 3 coppie di cubetti, una per giorno di getto. Ove invece lo stesso volume di conglomerato fosse posto in opera in due giorni (rispettivamente 175 e 75 mc) occorrerà prelevare 2 coppie di cubi il primo giorno e una coppia il secondo o viceversa.

Dette R1, R2, R3, le resistenze di prelievo, si determina il valore medio (Rm) dalla relazione:

$$R_m = (R_1 + R_2 + R_3)/3 \quad (\text{N/mm}^2)$$

L'esito del controllo di accettazione è considerato positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze sotto riportate:

$$R_m \geq R_{ck} + 3,5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

dove R1 è il valore minore delle resistenze di prelievo.

In tabella 3 è riportato a solo scopo esemplificativo, un controllo di accettazione con esito positivo ed in tabella 4 uno con esito negativo in cui compare un valore di Rm inferiore a Rck + 3,5.

TABELLA 3: controllo di accettazione tipo A per un conglomerato cementizio di Rck 35 MPa (esito positivo), stralcio tabulato

CAMPIONE		opera parte d'opera	mc gettati	Rck	RESISTENZE COMPRESIONE			Controllo accettazione tipo A - Rck 35 MPa				certificato						
codice prelievo	data				R1	R2	Rp	Rm	Rm > Rck+3,5=38,5	Rmin	Rmin > Rck-3,5=31,5	data	numero	laboratorio				
				35	38,50	39,00	38,75	38,72	OK	38,15	OK							
				35	39,70	38,80	39,25											
				35	37,90	38,40	38,15											

TABELLA 4: controllo di accettazione tipo A per un conglomerato cementizio di Rck 35 MPa (esito negativo), stralcio tabulato

CAMPIONE		opera parte d'opera	mc gettati	Rck	RESISTENZE COMPRESIONE			Controllo accettazione tipo A - Rck 35 MPa				certificato						
codice prelievo	data				R1	R2	Rp	Rm	Rm > Rck+3,5=38,5	Rmin	Rmin > Rck-3,5=31,5	data	numero	laboratorio				
				35	39,50	39,00	39,25	38,28	NO	37,35	OK							
				35	38,70	37,80	38,25											
				35	36,90	37,80	37,35											

Controllo tipo B

Per lotti di fornitura superiori a 1500 mc è obbligatorio (e non più "ammesso" come invece previsto dal DM 9.1.96), il controllo di tipo B. Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e richiede complessivamente almeno 15 prelievi su 1500 m³.

Il controllo tipo B a differenza del precedente, ha carattere statistico e necessita sempre del prelievo di una coppia di cubi per ogni giorno di getto. Il controllo è considerato positivo se sono verificate entrambe le disuguaglianze:

$$R_m \geq R_{ck} + 1,4 * s \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

dove "s" rappresenta lo scarto quadratico medio dei 15 o più prelievi ed R1 il valore minore degli stessi.

La resistenza caratteristica equivale dunque, alla resistenza media diminuita dello scarto quadratico moltiplicato per un coefficiente di sicurezza altrimenti detto "fattore di probabilità" che rappresenta per l'appunto, la probabilità di avere in una distribuzione statistica normale non più del 5% dei valori di resistenza al di sotto del frattile. Il fattore "k" pari a 1.4, a differenza di quanto riportato nella definizione di resistenza caratteristica data dalla normativa medesima, corrisponde ad un frattile dell' 8%. Si accetta dunque di avere il 92% delle misure di resistenza superiori a Rck e non certo il canonico 95%.

La distribuzione statistica dei risultati di prova è definita dunque dalla resistenza media (Rm) e dallo scarto quadratico medio (s) ricavabile quest'ultimo dalla relazione seguente:

$$s = [\Sigma(R - R_m)^2 / (n - 1)]^{1/2}$$

nella quale "n" è il numero dei provini testati ed R la resistenza di ciascun prelievo. Nell'interpretazione dei risultati, le NTC consentono di individuare la legge di distribuzione ritenuta più appropriata (ammettendone pertanto una anche diversa dalla "normale" tradizionalmente utilizzata). In questi casi "la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%".

Le NTC impongono anche di determinare il coefficiente di variazione (Cv), definito come rapporto tra la deviazione standard (s) e il valore medio (Rm). Per valori del Cv superiori a 0,15 sono richiesti controlli accurati in corso d'opera integrati con prove complementari (laddove nella prededente versione delle NTC del 2005 tale valore era 0,2). Per valori superiori a 0,3 invece, il calcestruzzo non potrà essere ritenuto accettabile.

TABELLA 5: controllo di accettazione tipo B per un conglomerato cementizio di Rck 35 MPa (esito negativo), stralcio tabulato

CAMPIONE		opera parte d'opera	mc gettati	Rck	RESISTENZE COMPRESSIONE			Controllo accettazione tipo B - Rck 35 MPa					certificato						
codice prel	data				R1	R2	Rp	Rm	s	Rm ≥ Rck+1,4*s= 38,3	Rmin	Rmin ≥ Rck-3,5=31,5	data	N°	lab				
				35	38,5	39,0	38,7	37,5	2,2	NO	33,90	OK							
				35	39,7	38,8	39,2												
				35	37,9	38,4	38,1												
				35	40,1	39,8	39,9												
				35	35,7	36,1	35,9												
				35	34,6	36,2	35,4												
				35	37,3	37,9	37,6												
				35	36,6	37,5	37,0												
				35	34,5	35,0	34,7												
				35	35,9	36,6	36,2												
				35	37,7	38,4	38,0												
				35	39,2	40,1	39,6												
				35	41,2	43,2	42,2												
				35	33,2	34,6	33,9												
				35	35,4	36,3	35,8												

Il direttore lavori

Le NTC affidano al Direttore dei lavori il compito di disporre il prelievo del calcestruzzo necessario al confezionamento di una o più serie di due provini da effettuarsi in sua presenza o a quella di un tecnico di sua fiducia.

Il Direttore dei Lavori deve altresì, curare l'identificazione dei provini prelevati mediante sigle o etichettature indelebili, redigere un apposito verbale di prelievo (i cui estremi dovranno essere riportati sulla certificazione di prova emessa dal laboratorio incaricato di cui all'art. 59 del DPR n°380/2001), sottoscrivere la richiesta di esecuzione delle prove al laboratorio e per l'appunto,

procedere al sistematico controllo di accettazione in corso d'opera sulla base delle certificazioni prodotte dagli stessi laboratori, allo scopo di verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera a quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Se anche solo una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, l'opera o la parte di opera non potrà essere *“accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore”* che nell'occasione dovrà procedere alla valutazione delle caratteristiche di resistenza del calcestruzzo attraverso prove distruttive e non, *“secondo quanto prescritto dal DL”*. In caso di conferma dei valori negativi si dovrà *“procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato”*. Se i risultati di tale indagine non risultassero tranquillizzanti si potrà *“dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa”*.

Conclusioni

Le Norme Tecniche attribuiscono al Direttore dei Lavori la responsabilità di provvedere all'esecuzione di tutte le attività necessarie a consentire il controllo di accettazione del calcestruzzo utilizzato nella realizzazione delle strutture in c.a. (prelievo e confezionamento dei provini, richiesta prove, invio al laboratorio A/U, elaborazione risultati di prova, verifica della resistenza caratteristica). Il controllo di accettazione ha lo scopo di accertare la conformità del conglomerato posto in opera alla resistenza caratteristica prescritta dal progettista ai fini della sicurezza strutturale e della durabilità dell'opera. È appena il caso di ricordare che i controlli di accettazione sono assolutamente obbligatori e che il Collaudatore *“è tenuto a controllarne la validità qualitativa e quantitativa”*. In caso di documentazioni di prova mancanti del tutto o insufficienti, il Collaudatore è tenuto a disporre l'esecuzione di nuove prove con le medesime modalità impiegate *“quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione”*.

Riferimenti

- [1] Decreto Ministeriale 9.1.96: *“norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche”*, supplemento G.U. n°29 del 5.2.06;
- [2] Decreto Ministeriale 30.5.1972: *“norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica”*, G.U. 22.7.1972;
- [3] Regio Decreto 16.11.1939 n°2229: *“norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato”*.
- [4] Decreto Ministeriale 14.9.05: *“norme tecniche per le costruzioni”*, G.U.R.I. 23.9.05 n°222, s.o. n°159.
- [5] Regio Decreto 10.01.1907: *“norme e condizioni per i materiali agglomerati idraulici e per le opere in conglomerato cemento armato”*.
- [6] Decreto Ministero Infrastrutture 14.1.2008: *“nuove norme tecniche per le costruzioni”*
- [7] Circolare n°617: *“Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”*, C.S.LL.PP., 2 febbraio 2009

note

- (1) Lo scarto quadratico medio è un indice della dispersione dei valori di prova intorno alla resistenza media. Più alto è il suo valore, più dispersi risulteranno i risultati di prova, meno omogeneo in termini di caratteristiche meccaniche sarà il calcestruzzo confezionato all'impianto e minore l'effettivo valore di R_{ck} . Per contro, più basso è valore di questo parametro, più economico sarà il costo di produzione (per il minor dosaggio di cemento necessario ad assicurare la R_{cm}). Lo scarto quadratico medio dipende dalla qualità del calcestruzzo (e quindi da quella dei suoi componenti), dalle modalità di confezionamento utilizzate all'impianto di betonaggio, dall'accuratezza degli strumenti di dosaggio ivi impiegati, dall'efficacia dei controlli effettuati. Generalmente varia in un range compreso tra 4 e 8 MPa.
- (2) I provini di cls possono essere confezionati tanto in laboratorio in occasione dello studio della miscela di cls, tanto a piè d'opera a seguito delle operazioni di getto. La normativa consente l'impiego di cilindri con h/d pari a 2 e di cubetti lato 150 mm. Il riempimento delle casseforme deve avvenire almeno in due strati (ognuno di spessore minore di 100 mm). Il provino prescelto, quale che sia la sua forma, deve avere dimensione di base almeno 3 volte e mezzo quella nominale dell'aggregato nel calcestruzzo. Una volta steso all'interno della cassaforma, il cls prelevato può essere compattato mediante vibrazione meccanica (condotta con ago vibrante o con tavola vibrante) o manuale (mediante pestello metallico). In entrambi i casi si dovrà porre attenzione a limitare la compattazione alla scomparsa di grosse bolle d'aria intrappolata sulla superficie del cls così da evitarne la segregazione. Se la compattazione avviene mediante pestello, il numero dei colpi -generalmente funzione della consistenza del cls- non deve essere mai inferiore a 25 per strato. Regolarizzata la superficie del cls con righello o con cazzuola al fine di togliere il materiale in eccesso, si identificano i provini mediante apposita targhetta per assicurarne gli estremi (p.e. data, ora, luogo,

codice del prelievo). Dopo una permanenza nella cassaforma di almeno 16 ore (fino ad un massimo di 3 gg) alla temperatura di $20\pm 5^{\circ}\text{C}$, i provini dovranno essere rimossi e avviati alla successiva stagionatura normalizzata ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $UR \geq 95\%$) fino alla scadenza di prova.

FOTO 2: provini di conglomerato cementizio "scubettati" con aria a pressione



FOTO 3: verifica delle dimensioni di un provino cubico di conglomerato cementizio



FOTO 4: pressa per l'esecuzione di prove di rottura a compressione di provini di cls

