

# IL CONTROLLO DI QUALITÀ NELL'INGEGNERIA CIVILE

*Riflessione sulle normative italiane ed europee che compongono il quadro di riferimento relativo al controllo di qualità nel settore delle costruzioni e consentono di auspicare una sempre maggiore attenzione a questo aspetto da parte di tutti gli operatori del settore*

**L** 5 apertura dei mercati, la libera circolazione di merci e tecnologie, l'emanazione di direttive comunitarie, il recepimento delle stesse da parte degli Stati membri della Cee, la conseguente armonizzazione di norme e procedure di controllo, la sempre maggiore richiesta di qualità, la necessità di accertare la conformità delle opere ai requisiti prestazionali previsti, rendono necessaria fra gli operatori, Amministrazioni, Professionisti, Imprese, Società di controllo, una riflessione che esca fuori dai ristretti ambiti dei seminari specialistici consumati fra addetti ai lavori e raggiunga la generalità di quanti operano in tale settore. Il presente contributo si propone di offrire alcuni spunti di riflessione, generali e sostanziali, relativi al "controllo di qualità".



Nel seguito si fa riferimento alla normativa tecnica vigente e in particolare:

- leggi generali sulle costruzioni (legge 5 novembre 1971 n. 1086; legge 2 febbraio 1974 n. 64, e relativi decreti di applicazione; D.M. 9 gennaio 1996; D.M. 16 gennaio 1996; D.R.R. 22 aprile 1994 n. 425);
- norme sui terreni e le fondazioni (legge 4 agosto 1984 n. 464 e D.M. 11 marzo 1988);
- norme sulle costruzioni in muratura (D.M. 20 novembre 1987);
- norme sui prefabbricati (D.M. 3 dicembre 1987);
- recepimento della Direttiva comunitaria 89/106 avvenuto con D.P.R. 21 aprile 1993 a 246.

## **Norme cogenti, norme tecniche e sistema di qualità**

È importante, quale necessaria premessa, for-

nire una rapida descrizione del significato e dell'importanza della normativa tecnica. La progettazione e costruzione di strutture portanti, in acciaio, c.c.a e c.c.a.p., è ormai definita da un *corpus* normativo articolato e pressoché completo. Può essere suddiviso in:

- regolamenti cogenti (leggi e decreti, emanati dallo Stato, che si propongono di assicurare la pubblica incolumità; in sintesi, forniscono le prescrizioni da rispettare nelle varie fasi del processo costruttivo, progettazione, esecuzione, collaudo);
- norme tecniche (emanate dall'Ente Nazionale di Normazione Industriale - Uni, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e da altri istituti nazionali, italiani ed esteri; sono di tipo volontario e hanno valore di prescrizione solo se espressamente accettate dalle parti o richiamate dalla normativa cogente. Riguardano la definizione dei: requisiti tecnologici dei materiali, delle ca-

ratteristiche di prodotto, delle metodiche di prova, dei modelli di calcolo).

L'importanza delle norme tecniche è quindi fondamentale nella gestione del processo costruttivo, in quanto le stesse definiscono i requisiti minimi che il committente deve richiedere all'impresa e alle quali l'impresa deve fare riferimento per garantire, mediante l'adozione di un "sistema di qualità" e di "procedure di controllo interno", la "produzione in garanzia di qualità".

A tale riguardo, di particolare rilievo è il recepimento, con D.P.R. del 21 aprile 1993 n° 246, della Direttiva Comunitaria Cee 89/106 che stabilisce, attraverso i relativi documenti interpretativi, le procedure per il conseguimento nelle costruzioni di uno 0 più requisiti essenziali.

I requisiti essenziali fissati nella direttiva Cee 89/106 sono sintetizzati nel seguito.

1) Resistenza meccanica e stabilità. "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo da sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti a eventi accidentali comunque prevedibili".

2) Sicurezza in caso di incendio. "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo da garantire in caso di incendio:

- la stabilità degli elementi portanti per un tempo utile a assicurare il soccorso degli occupanti;
- la limitata propagazione del fuoco e dei fumi, anche riguardo alle opere vicine;
- la possibilità che gli occupanti lascino l'opera indenni o che siano soccorsi in altro modo;

## Norme & Leggi

- la possibilità per le **squadre** di soccorso di operare in condizioni di sicurezza".

3) Igiene, salute e ambiente. "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo da non costituire una minaccia per l'igiene e la salute degli occupanti o dei vicini, causata, in particolare, dalla formazione di gas nocivi, dalla presenza nell'aria di paicelle o di gas pericolosi, dall'emissione di radiazioni pericolose, dall'inquinamento o dalla contaminazione dell'acqua o del suolo, da difetti di evacuazioni delle acque, dai fiumi e dai residui solidi o liquidi e dalla formazioni di umidità in parti o sulle superfici interne dell'opera".

4) Sicurezza di utilizzazione. "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo tale che la sua utilizzazione o il suo funzionamento non presentino dei rischi inaccettabili di incidenti come scivolamenti, cadute, colpi, **bruciature**, scariche elettriche, ferimenti a seguito di esplosioni e altri prevedibili danneggiamenti alle persone che la occupano o che si trovano nelle sue prossimità".

5) Protezione contro il rumore. "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo tale che il rumore percepito dagli occupanti o da persone trovantesi in sua prossimità sia mantenuto a livelli che non presentino minaccia per la loro salute e che non permetta loro di dormire, di riposarsi e di lavorare in condizioni soddisfacenti".

6) Risparmio energetico e ritenzione del calore. "L'opera e i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento e aerazione devono essere concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo, senza che ciò pregiudichi il benessere termico degli occupanti". Tali requisiti essenziali possono ovviamente essere raggiunti solo con l'impiego di materiali idonei a tale scopo. Da qui l'importanza sempre crescente dei controlli sui prodotti da costruzione, controlli che debbono avvenire sia negli stabilimenti, in fase di produzione, sia in cantiere, nella fase di impiego.

tab. 1

Materiale	Prove richieste	Riferimento normativo	Frequenza di campionamento	Campionatura minima
	Fresco: - lavorabilità UNI 9858	UNI 9417-UNI 9418	3-4 volte al giorno	1
Calcestruzzo	-compressione	UNI 6127 UNI 6130/1,2 UNI 6132	ogni 100 m <sup>3</sup> o ogni giorno di getto	2 cubi (15x15x15 cm) con un minimo di 6
	Indurito -massa volumica	UNI 6394		

### I controlli sui materiali: generalità

La legge 5 novembre 1971, n° 1086 tramite il D.M. 9 gennaio 1996 prescrive il controllo, indicando il tipo di prova, le quantità minime di campioni, la frequenza e le modalità del prelievo, per i seguenti materiali: calcestruzzi, acciaio in barre, reti elettrosaldate, carpenteria metallica.

La legge n° 64 del 2 febbraio 1974, con il D.M. 16 gennaio 1996 prescrive il controllo su: murature, blocchi, pietre e tufi.

Il D.M. 20 novembre 1987 impone il controllo su: elementi artificiali per murature, blocchi e laterizi; elementi naturali per murature, pietre e tufi.

Il D.M. 3 dicembre 1987 prescrive controlli sui prodotti prefabbricati; sia attraverso il controllo dei materiali utilizzati sia attraverso prove sugli stessi manufatti.

Il D.P.R. n° 425 definisce per il collaudatore una maggiore responsabilità e, consentendogli di prendere parte all'esecuzione dell'opera fin dalla denuncia dei lavori, propone una figura professionale più prossima a quella a cui un ingegnere è culturalmente preparato.

Sistema di qualità: relativamente alla qualità si può sinteticamente affermare che la Cee ha scelto di utilizzare le strutture già esistenti negli Stati membri e rispondenti a criteri obiettivi di: serietà, capacità, indipendenza, che sono quelli stabiliti nelle apposite norme Iso/Uni (Uni 70001 e segg; Uni EN 45001 e segg; Iso Uni EN 9001 e segg; Iso 1001 e segg).

Tramite l'istituto del "riconoscimento reciproco" ogni struttura nazionale attesta la correttezza dell'operato delle corrispondenti strutture degli Stati membri.

A questo punto la qualità di un prodotto, certificato da un sistema nazionale tramite l'apposizione sul prodotto del marchio di conformità europeo CE, è garantito automaticamente in tutti i Paesi membri.

Riepiloghiamo in breve, le figure indispensabili per la certificazione di qualità, riportate alla situazione italiana:

- l'Uni (Ente Nazionale di Normazione Industriale) emana le regole tecniche armonizzate o recepisce le norme europee;

- il Sinal (Sistema Nazionale di Accreditamento Laboratori), nell'ambito dei controlli volontari accredita i laboratori, pubblici e privati, a eseguire prove di conformità a specifiche regole tecniche;

- il Sinceri (Sistema Nazionale di Certificazione) accredita gli organismi di certificazione, abilitati cioè apposite strutture ad assicurare la conformità dei prodotti e dei sistemi di qualità aziendale;

- il Sit (Sistema Nazionale di Taratura) ha il compito di assicurare l'idoneità degli strumenti di misura impiegati.

### Controlli sul calcestruzzo

Nell'ambito degli strumenti operativi di controllo sulle strutture in conglomerato cementizio armato il D.M. 14 febbraio 1992 due modifiche di particolare rilievo, reiterate nell'ultimo D.M. del 9 gennaio 1996, e cioè:

- il recepimento, con riferimento al calcestruzzo, delle norme tecniche, volontarie, Uni 9858 e Uni 8520;

- la prescrizione di qualificazione all'origine, per tutti gli acciai.

La Uni 9858 concorda sostanzialmente con la Uni EN 206 e definisce requisiti, metodi di pro-





Fig. 2 - UNI 6132 - Prova di compressione.

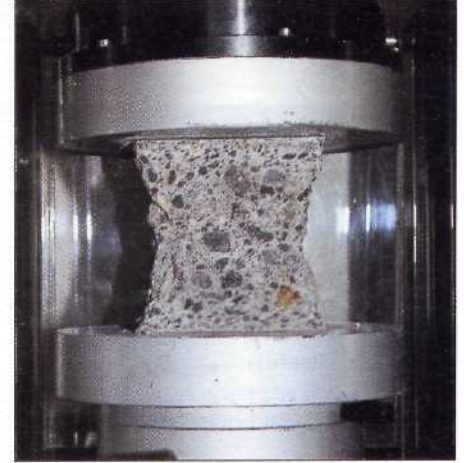


Fig. 3 - UNI 6132 - Prova di compressione, particolare.

duzione e posa in opera, criteri di conformità del calcestruzzo (classi di esposizione; classi di resistenza; lavorabilità).

La Uni 8520 classifica e definisce la qualità degli aggregati impiegati perii confezionamento dei conglomerati cementizi, fissa i limiti di accettazione, descrive le metodiche di prova. Con riferimento alle prescrizioni riportate nelle citate norme tecniche e per assicurare la qualità e la conformità di un'opera il D.L. è tenuto a richiedere all'impianto di produzione il "certificato di qualità" degli inerti con data non anteriore a due anni; per opere pubbliche di una certa importanza è invece indispensabile procedere a una qualifica dei componenti della miscela impiegata, aggregati, cemento, acqua, additivi, e alla verifica della miscela (*mix-design*).

**Tab. 1 - Controlli sul calcestruzzo**

**Qualifica dell'impianto e controlli preliminari**

Secondo le istruzioni della Uni 9858 è possibile progettare, in finizione delle classi di esposizione, calcestruzzi durabili.

Qualificato l'impianto di produzione e individuate le classi di resistenza necessarie, tramite il valore di resistenza caratteristica  $R_{ck}$ , il D.L. deve procedere al controllo di accettazione durante l'esecuzione delle opere mediante il prelievo di un numero congruo, di campioni di calcestruzzo, stabilito dal Regolamento.

Il Collaudatore deve accertare la conformità di tale numero a quanto prescritto e la effettiva rappresentatività dei campioni.

L'allegato 2 del D.M. 9 gennaio 1996, che nulla ha variato rispetto al precedente D.M. 14

febbraio 1992, prevede il prelievo di due provini di calcestruzzo ogni 100 metri cubi di getto, con l'obbligo del prelievo giornaliero, e il minimo di 3 prelievi, ciascun prelievo è costituito da due provini (cubetti). Per esemplificare: in una costruzione di civile abitazione composta da: n piani; (n+1) pilastrate; copertura e fondazioni, realizzate con calcestruzzo omogeneo, sarà necessario confezionare:  $[n+(n+1)+1+1] = (2n+3)$  serie di due provini, se l'edificio ha 3 piani si avrà:  $2 \cdot 3 + 3 = 9$  serie e quindi 18 cubetti.

Una deroga, al prelievo giornaliero, è prevista per getti di cubatura inferiore a complessivi 100 metri cubi, fermo restando l'obbligo del minimo di 3 serie di 2 provini (cubetti).

Per produzioni fino a 1500 metri cubi, massimo 15 serie, si esegue il controllo di "tipo A"; oltre i 15 prelievi si può procedere al controllo statistico mediante il controllo "tipo B".

- controllo tipo A:  $R_m > R_{ck} + 3.5 \text{ MPa}$ ;  $R_s \geq R_{ck} - 3.5 \text{ MPa}$

- controllo tipo B:  $R_m > R_{ck} + 1.4 \text{ MPa}$ ;  $R_s \geq R_{ck} - 3.5 \text{ MPa}$

**Controlli su acciaio - barre a.m**

Stante la rilevante importanza degli acciai nel settore delle costruzioni, sia come acciai da c.a. che come acciai da carpenteria, rigorosi controlli sono prescritti presso gli stabilimenti di produzione, ai fini della qualificazione, sia in cantiere prima della posa in opera (foto4).

I controlli in stabilimento sono esattamente disciplinati dal D.M. 9 gennaio 1996 e vengono di regola effettuati da tutti i produttori.

È opportuno soffermarsi invece, nel seguito, sui controlli di cantiere, non meno importanti, ai fini di una verifica finale sui prodotti im-



Fig. 4 - UNI EN 10002/1 - Prova di trazione.

piegati.

Il D.M. 14 febbraio 1992 ha imposto l'impiego, nelle costruzioni, di acciaio qualificato all'origine. Tale prescrizione è stata reiterata nel nuovo D.M. 9 gennaio 1996. I certificati di qualità prodotti dalla ferriera consentono di accertare l'effettiva iscrizione all'albo dei produttori di acciaio qualificato, tali certificati hanno validità trimestrale, eccezionalmente semestrale, scaduto tale termine è necessario procedere a un nuovo controllo di produzione.

Particolare risalto è stato assegnato nel D.M. 9 gennaio 1996, assegnato alle caratteristiche di duttilità degli acciai, i parametri indice che vengono indicati sono  $f_t/f_s$ ,  $edf/f_{vk}$  dove:

$f_t$  valore della tensione unitaria di rottura  
 $f_s$ : valore della tensione unitaria di snervamento;  
 $f_{vk}$  è il valore caratteristico della tensione unitaria di snervamento.

Il controllo in cantiere, obbligatorio, deve contenere:

- il rilevamento del marchio, che dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP. Servizio tecnico centrale e pubblicato sull'apposito Albo;
- la determinazione della resistenza allo snervamento, della resistenza a rottura e dell' al-

Fig. 1a, 1b, 1c, 1d, 1e - Classi di lavorabilità.



## Norme & Leggi

lungamente) percentuale (prova di trazione);  
 - la verifica della lavorabilità delle barre (prova di piega - duttilità);  
 - la verifica dell'aderenza;  
 - la verifica della saldabilità (prove chimiche) se prevista.

Le quantità minime prescritte nel D.M. 9 gennaio 1997, si riferiscono ad ogni fornitura consegnata in cantiere ed ogni fornitura comporta il prelievo di tre barre scelte nei tre gruppi di diametri indicati nelle norme (da O5 a  $\Phi$  10; da  $\Phi$  12 a O18; maggiore di O18).

**Tab. 2 - Controlli sugli acciai per c.a. e c.a.p.**  
 Esemplicando: se in un cantiere l'acciaio viene consegnato in  $n$  riprese, i diametri impiegati sono  $m$  si dovranno prelevare  $3n \cdot m$  barre di lunghezza minima 120cm.  
 Se le forniture sono due, e i diametri impiegati tre (O12; O12; O20) si avrà:  $3 \cdot 3 \cdot 2 = 18$  barre.

### Controlli su acciaio Reti elettrosaldate

Il controllo in cantiere, obbligatorio, comporta:

- il rilevamento del marchio, che dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP. Servizio tecnico centrale e pubblicato sull'apposito Albo;

- la determinazione della resistenza allo snervamento, della resistenza a rottura e dell'allungamento percentuale (prova di trazione);

- il distacco del nodo (prova di trazione sulla maglia);

- la verifica della saldabilità (prove chimiche) se prevista.

Le quantità minime prescritte nel D.M. 9 gennaio 1996 si riferiscono a ogni fornitura consegnata in cantiere e ogni fornitura comporta il prelievo di tre campioni di rete con uguali caratteristiche.

**Tab. 3 - Controlli sulla rete**

### Controlli su acciaio per costruzioni in carpenteria metallica

Nel caso delle costruzioni in carpenteria metallica il controllo della qualità dei materiali in fase esecutiva, di cantiere, è stato ed è disatteso in maniera sistematica; ciò è probabilmente imputabile a una erronea e superficiale interpretazione del requisito di materiale qualificato all'origine, che è invece un requisito cogente per tutti gli acciai e che non esime il D.L. dall' eseguire il controllo di accettazione in cantiere, infatti sovente accade che il circuito di vendita non coincida con la certificazione di qualità del prodotto impiegato (foto 7).

tab. 2				
Materiale	Prove richieste	Riferimento normativo	Frequenza di campionamento	Campionatura minima
	- Rilievo dei marchi		ogni fornitura, circa 20 t	3 barre lunghe 120 cm per ogni diametro
<b>Acciaio</b>	- Trazione - Piega - Duttilità - Saldabilità (se necessaria) - Trazione con determinazione dei seguenti parametri	UNI EN 10002/1 UNI 564 UNI 6407  UNI 7676 UNI 3171	ogni fornitura	3 3 3 3  10 campioni lunghi 100cm
<b>Acciaio per c.a.p.:</b> trefoli, cavi, barre	$f_{ptk}$ : tensione di rottura $f_{pyk}$ : carico di snervamento $f_p(O2)k^{carico}$ limite allo 0,2% $f_p/Q 71^{\wedge}$ : carico limite allo 0,1% $f_p(i)k$ : tensione all'1% sotto carica $E_p$ : modulo elastico apparente $l$ : allungamento e rottura			10 2 10 10 10 2 10

Il controllo di accettazione in cantiere è pertanto obbligatorio e comporta:

- il rilevamento del marchio, che dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP. Servizio Tecnico Centrale e pubblicato sull'apposito Albo;

- la determinazione della resistenza allo snervamento (prova di trazione);

- la determinazione dell'allungamento percentuale (prova di trazione);

- la determinazione della resistenza a rottura (prova di trazione);

- la determinazione della duttilità (prova di piega o duttilità);

- la determinazione della resistenza all'urto (prova di resilienza);

- la determinazione della durezza (prova Rockwell, Brinell, Vickers);

- la verifica della saldabilità (prove chimiche).  
 Le quantità minime sono: un campione per



Fig. 5 - Quantometro (prove chimiche).

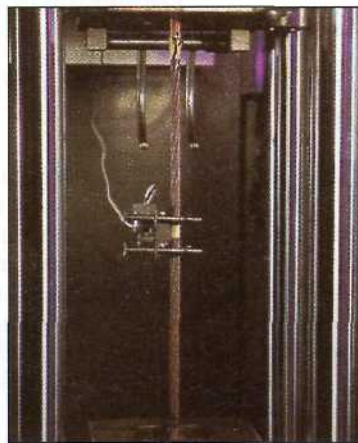


Fig. 6 - UNI 7676 - Prova di trazione sutrefoli.

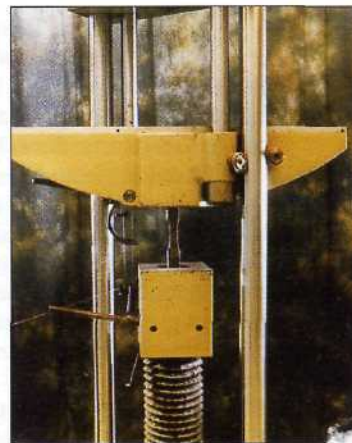


Fig. 7 - UNI EN 10002/1 - Prova di trazione su provetta sagomata.

tab. 3				
Materiale	Prove richieste	Riferimento normativo	Frequenza di campionamento	Campionatura minima
	- Rilievo del marchio		ogni fornitura, circa 20 t	3 barre lunghe 120 cm per ogni diametro
<b>Acciaio</b> reti elettrosaldate	- Trazione - Piega - Duttilità - Saldabilità (se necessaria)		UNI EN 10002/1 UNI 564 UNI 6407	3 3 3 3

# Norme & Leggi

tab.4

Materiale	Prove richieste	Riferimento normativo	Frequenza di campionamento	Campionatura minima
	- Rilievo del marchio		ogni fornitura, circa 20 t	1 spezzone per ogni profilato o lamiera
Acciaio	- Trazione	UNI EN 10002/1		1
	- Piega	UNI 564		1
	- Duttilità	UNI EN 10045/1 UNI 4714		3
	- Saldabilità (se necessaria)			1
	VITE			
	- Rilievo del marchio		per ogni fornitura di 500 pezzi	32
	- Dimensioni e tolleranze	UNI 3740/9	1200 pezzi	50
	- Trazione verticale	UNI EN 20898	38000 pezzi	80
	- Trazione con appoggio a cuneo	UNI EN 20898	sup. a 38000 pezzi	125
	- Taglio o rescissione	UNI EN 20898		
- Tenacità	UNI EN 20898			
-Tenore di zincatura (se zincato)	UNI 4007			
DADO:				
- Rilievo del marchio		per ogni fornitura di 500 pezzi	32	
- Dimensioni e tolleranze	UNI 3740/9	1200 pezzi	50	
- Carico	UNI 3740/9	38000 pezzi	80	
- Durezza	UNI 3740/9	sup. a 38000 pezzi	125	
- Allargamento	UNI 3740/9			
- Tenacità	UNI EN 20898			
-Tenore di zincatura (se zincato)	UNI 4007			
BULLONE:				
- Strappamento	UNI 3740/6	per ogni fornitura di 500 pezzi	32	
		1200 pezzi	50	
		38000 pezzi	80	
		sup. a 38000 pezzi	125	

la prova di trazione, due campioni per la prova di piega, un campione per le prove chimiche, tre campioni per la prova di resilienza; tale campionamento va eseguito per ogni fornitura non eccedente le 201 e per ogni tipo di profilato. Per i bulloni si procede in maniera analoga, per il campionamento si fa riferimento alla norma Uni 3740/8 che prevede un campionamento di 32 pezzi (vite + dado) per una fornitura non eccedente i 500 pezzi; 50 pezzi (vite + dado) per una fornitura non eccedente i 1200 pezzi; ; 80 pezzi (vite + dado) per una fornitura non eccedente i 38000 pezzi; 125 pezzi (vite + dado) per una fornitura eccedente i 38 mila pezzi.

Tab. 4 - Controlli su acciai per carpenteria e bulloneria

Le tabelle 1,2, 3 e 4 sintetizzano, per i materiali trattati nei precedenti paragrafi, il tipo di prove, la normativa di riferimento e la frequenza richiesta.

### Controlli su elementi resistenti, naturali e artificiali, per murature

È richiesta la prova di compressione su una serie di tre elementi per ogni fornitura, salvo quanto previsto per le zone sismiche, D.M. 16



EN 1321 A-E CAMP. 1

Fig. 10 - Attacco macro su saldatura.

gennaio 1997, che ne richiede dieci per elementi pieni e dieci per elementi semi pieni.

Il D.M. 20 novembre 1987 relativo alla progettazione e realizzazione di costruzioni in muratura prevede l'esecuzione di prove di compressione su muretti; la verifica della malta; la verifica a compressione degli elementi resistenti.

### Conclusioni

Sulla base di quanto sopra evidenziato non si può che concludere auspicando una sempre maggiore sensibilità, di tutti gli operatori del settore delle costruzioni, nei confronti del Controllo di Qualità.

ANTONIO LUCCHESI

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Servizio Tecnico Centrale

VINCENZO VENTURI

Direttore Tecnico dei Laboratori di Ricerca  
e Sperimentazione Sidercem

Fig. 8 - Durometro.

Fig. 9 - Durometro - Particolare.