

# CONSIGLI PRATICI PER LA DIREZIONE LAVORI

**(D.M. Infrastrutture 10/01/2008 e  
Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP.)**

Controllo dei materiali e prodotti  
per uso strutturale

Adempimenti cogenti del direttore  
dei lavori, del direttore tecnico del centro  
di trasformazione e del collaudatore

*Aggiornamento giugno 2013*



**LABORATORIO EDIL - TEST S.r.l.**

# Indice

1. PRESCRIZIONI GENERALI.....	3
2. CALCESTRUZZO.....	3
3. ACCIAIO.....	15
4. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO.....	50
5. PROVE DI CARICO SU PALO.....	70
6. PROVE DI CARICO.....	79
7. LIVELLI DI CONOSCENZA.....	89
8. LIVELLI DI CONOSCENZA E PROVE SU MURATURA.....	103
9. MONITORAGGIO STRUTTURALE.....	113
10. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STATICO MEDIANTE L'UTILIZZO DI COMPOSITI FIBRORINFORZATI NORME CNR – DT-200/2004 .....	119
<b>ELENCO COMPLETO DELLE PRESTAZIONI OFFERTE 2013 .....</b>	<b>137</b>

---

COPYRIGHT

**Laboratorio Edil-Test S.r.l.**

Battipaglia (SA)

*Stampato nel mese di giugno dell'anno 2013 presso  
la Legatoria Industriale Mediterranea s.r.l. di Salerno*

# 1. PRESCRIZIONI GENERALI

Tutti i materiali devono essere:

- **Identificati** univocamente dal Produttore,
- **Qualificati** sotto la responsabilità del Produttore,
- **Accettati** dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante prove sperimentali di accettazione, **e sono soggetti obbligatoriamente alle PROVE DI ACCETTAZIONE e / o di CONTROLLO CANTIERE, da effettuare presso i Laboratori di cui all'Art. 59 del DPR 380 / 2001 (ex art. 20 della Legge n° 1086 / 71).**

**Pertanto il Direttore dei Lavori, prima dell'inizio dei lavori, deve verificare l'esistenza delle certificazioni che attestino le caratteristiche dei materiali impiegati e / o dei loro processi di produzione e / o di trasformazione, in modo da rispettare e far rispettare le PRESCRIZIONI DEL PROGETTO STRUTTURALE.**

## 2. CALCESTRUZZO

### 2.1 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

Le prescrizioni progettuali per il calcestruzzo devono essere caratterizzate almeno mediante **la classe di resistenza** – *contraddistinta dai valori caratteristici della resistenza cilindrica ( $f_{ck}$ ) misurata su cilindri  $\varnothing$  150x300 (mm) o prismi 150x150x300 (mm) e della resistenza cubica ( $r_{ck}$ ) misurata su cubetti 150x150x150 (mm) ed espressa in N / mm<sup>2</sup>* – **la classe di consistenza**, **il diametro massimo degli inerti** e dare indicazioni sulla **composizione della miscela**, eventualmente additivata, in funzione anche delle previste **classi di esposizione ambientale**

(v. *Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.*) e dei **requisiti di durabilità** delle opere.

Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le seguenti classi di resistenza del calcestruzzo.

### Classi di resistenza

<b>C8 / 10</b>	<b>C25 / 30</b>	<b>C40 / 50</b>	<b>C60 / 75</b>
<b>C12 / 15</b>	<b>C28 / 35</b>	<b>C45 / 55</b>	<b>C70 / 85</b>
<b>C16 / 20</b>	<b>C32 / 40</b>	<b>C50 / 60</b>	<b>C80 / 95</b>
<b>C20 / 25</b>	<b>C35 / 45</b>	<b>C55 / 67</b>	<b>C90 / 105</b>

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano generalmente impiego secondo quanto riportato nella sottostante tabella.

<b>Strutture di designazione</b>	<b>Classe di resistenza minima</b>
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura	C8 / 10
Per strutture semplicemente armate	C16 / 20
Per strutture precomprese	C28 / 35

Ulteriori accertamenti devono essere riservati alle classi di resistenza superiori a **C45 / 55**, con particolare attenzione per le classi di resistenza superiori a **C70 / 85**.

Le norme attuali considerano un **calcestruzzo omogeneo** quando è **confezionato con la stessa miscela e prodotto con medesime procedure** ed impongono che il **calcestruzzo sia prodotto in regime di controllo della qualità** al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni progettuali.

## 2.2 CONTROLLI

Il Controllo del calcestruzzo si articola su più fasi:

### 2.2.1 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA

Serve a determinare, prima della costruzione delle opere, ciascuna delle miscele omogenee per produrre i tipi di calcestruzzo richiesti dal progetto, anche se il Costruttore resta responsabile della **qualità del calcestruzzo, che dovrà essere controllata dal Direttore dei Lavori.**

### 2.2.2 CONTROLLO DI PRODUZIONE *(vedi foto a fine capitolo)*

Serve a controllare il calcestruzzo durante il processo di produzione.

### 2.2.3 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Tale controllo viene esercitato mediante il prelievo dagli impasti, al momento della posa in opera, di un quantitativo di calcestruzzo necessario per il confezionamento di un gruppo di due provini, i quali, sottoposti a prove di consistenza e compressione, forniranno con la loro media la **Resistenza di Prelievo** utilizzata per il relativo controllo.

**Il suddetto prelievo deve essere eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori (o di un Tecnico di sua fiducia) che dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili ecc. e provvede a redigere e firmare apposito Verbale di Prelievo. La domanda di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal**

**Direttore dei Lavori** e deve contenere precise **indicazioni sulla posizione nelle strutture interessate da ciascun prelievo** e riportare **gli estremi del Verbale di Prelievo** oppure con il Verbale di Prelievo allegato: la certificazione rilasciata dal **Laboratorio deve riportare riferimento a tale Verbale**.

**I campioni debbono essere consegnati al Laboratorio Prove dal Direttore dei Lavori** o per tramite di Tecnico di sua fiducia.

La Norma precisa che le **prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono far parte dell'insieme statistico per la determinazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo** ed il Laboratorio, effettuando le prove, in luogo del **Certificato ufficiale valido ai sensi della legge vigente** (Legge 1086 / 71 – DPR 308 / 2001), **deve rilasciare un semplice Rapporto di Prova** (*che non ha valenza ai sensi delle vigenti norme*).

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.

Tali controlli di accettazione, **eseguiti su miscele omogenee presso i Laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380 / 2001**, vengono praticati in funzione del quantitativo di calcestruzzo omogeneo interessato.

#### **2.2.4 CONTROLLO TIPO "A" (minimo n° 3 prelievi)**

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea di **calcestruzzo inferiore a 300 m<sup>3</sup>** impiegato in opere strutturali.

Ogni controllo è rappresentato da un prelievo al **massimo ogni 100 m<sup>3</sup> e per ogni giorno di getto**.

**Per costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea**, per le quali è consentito derogare all'obbligo del prelievo giornaliero, il

numero dei prelievi può essere ridotto ad un minimo di tre. **Il controllo è positivo** ed il quantitativo di calcestruzzo accettato **se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:**

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

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

essendo:

- $R_1$  il valore minimo dei prelievi
- $R_m$  Resistenza media dei prelievi
- $R_{ck}$  Resistenza caratteristica di Progetto  
(o classe di resistenza del calcestruzzo)

Per tale tipo di controllo, la **Circolare** esplicativa della norma **precisa** che, qualora il numero dei campioni di calcestruzzo consegnati in Laboratorio **sia inferiore a sei per miscela omogenea**, il Laboratorio, effettuate le prove, rilascia la richiesta certificazione **ma deve segnalare al Direttore dei Lavori che il “numero dei campioni prelevati non è sufficiente per eseguire il controllo tipo A previsto dalle vigenti Norme tecniche per le Costruzioni” per calcestruzzo omogeneo.**

## 2.2.5 CONTROLLO TIPO “B” (minimo n° 15 prelievi)

Questo tipo di controllo di accettazione di tipo statico è **obbligatorio per quantitativi di miscela omogenea superiore a 1500 m<sup>3</sup>** impiegati per opere strutturali e viene eseguito con frequenza di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup>.

**Per ogni giorno di getto di miscela omogenea deve essere effettuato almeno un prelievo e, complessivamente, almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>.**

**Il controllo è positivo** ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \text{ (N / mm}^2\text{)}$$
$$R_m \geq R_{ck} + 1,4s \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

essendo

- $R_m$  Resistenza media dei 15 e più prelievi
- $R_1$  il valore minimo dei 15 e più dei prelievi
- $s$  scarto quadratico medio

$$s = \sqrt{\sum_{f=1}^n \frac{(R_f - R_m)^2}{n-1}}$$

con il limite massimo del coefficiente di variazione  $s / R_m \leq 0,3$

La norma precisa che l'opera o la parte d'opera **non conforme** ai controlli di accettazione **non può essere accettata** finché la conformità non sia stata definitivamente rimossa dal Costruttore, il quale 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 **controllo delle resistenze del calcestruzzo in opera**.

Qualora gli ulteriori controlli dovessero confermare i risultati ottenuti, si dovrà procedere 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.

Ove invece ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti, **si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa**. I "controlli di accettazione" sono obbligatori ed il Collaudatore è tenuto



**a controllare la validità, qualitativa e quantitativa;** ove ciò non fosse, il **Collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo**, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultano rispettati i limiti fissati dai “controlli di accettazione”.

## 2.2.6 CONTROLLI DELLA RESISTENZA IN OPERA

Quando i “controlli di accettazione” non risultano soddisfacenti o quando il Collaudatore ne ravvisi l’opportunità, oppure si renda necessario valutare “a posteriori” le proprietà di un calcestruzzo già in opera ed indurito, si può procedere ad eseguire controlli di resistenza del calcestruzzo attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive: tali prove, però, **non possono sostituire i controlli di accettazione**. Preliminarmente, a mezzo di prove non distruttive tipo SONREB (metodo combinato sclerometro-ultrasuoni), vengono individuate e delimitate zone di strutture con resistenze omogenee e successivamente mediante “carotaggio” vengono prelevati campioni cilindrici in modo da ottenere la stima attendibile della resistenza di una zona di prova **con almeno 3 campioni** (carote) di diametro compreso tra 75 e 150 mm (preferibilmente di 100 mm) da cui vengono ricavati provini cilindrici di altezza doppia del diametro.

Opportunamente preparati (superfici di prova molate con dischi diamantati e parallele tra di loro ed ortogonali alle direttrici), i provini vengono sottoposti a prova di rottura per compressione per determinare il **valore medio della resistenza strutturale cilindrica in opera, che deve essere almeno 85% di quello di progetto** (valore medio accettabile, in raffronto alla resistenza di progetto e comunque resistenza *potenziale* di prelievi eseguiti in fase di getto e maturati in laboratorio in condizioni normalizzate di temperatura e umidità).



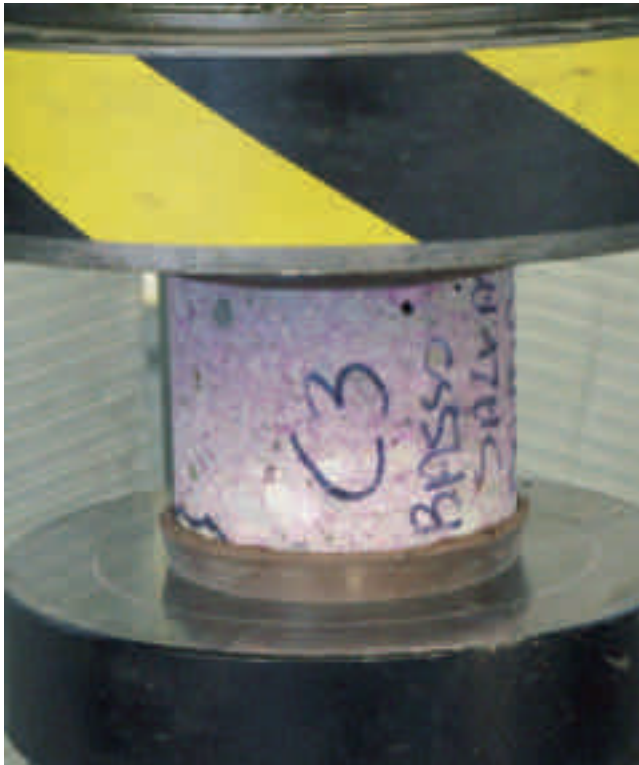
Determinazione indice di rimbalzo mediante prova sclerometrica.



Prelievo di CLS mediante carotaggio.



Determinazione della profondità di carbonatazione.



Prova a compressione.

**Per un calcestruzzo classe  $R_{ck} = 30 \text{ N / mm}^2$  (C25 / 30)**

la Circolare n° 617 / 2009 riporta quanto segue:

- ottenuto il valore medio della resistenza cilindrica delle carote  $f_{cm}$
- considerato che  $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (N / mm}^2\text{)}$  con  $f_{ck} = 0,83 R_{ck}$  (per carota con  $h = 2D$ )

deve risultare un valore medio della resistenza cilindrica in opera

$$f_{\text{opera.m}} \geq 0.85 f_{\text{cm}} \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

$$f_{\text{opera.m}} \geq 0.85 \times (0,83 R_{ck} + 8)$$

$$f_{\text{opera.m}} \geq 27,96 \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

Nel caso di carote cilindriche di altezza pari al diametro  $f_{ck} = R_{ck}$

La Circolare, inoltre, precisa **che i controlli complementari, come i controlli in corso d'opera sul calcestruzzo, devono essere eseguiti dai Laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380 / 2001.**

**Si faccia riferimento al paragrafo 2.3 delle Linee Guida della RELUIS per modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili.**

## 2.2.7 PROVE COMPLEMENTARI

Sono prove che eventualmente si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza a 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.

I risultati di tali prove potranno utilmente servire al Direttore dei Lavori od al Collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera (qualora non sia rispettato il “controllo di accettazione”) **e non potranno però essere sostitutive dei “controlli di accettazione”.**

### VERBALE PRELIEVO CAMPIONI DI CALCESTRUZZO FRESCO

Lavori: \_\_\_\_\_

Cantiere di: \_\_\_\_\_

Impresa esecutrice: \_\_\_\_\_

Direttore dei lavori: \_\_\_\_\_

Responsabile di cantiere: \_\_\_\_\_

Oggi \_\_\_\_\_ alle ore \_\_\_\_\_ in località \_\_\_\_\_

*alla presenza di:*

Per la Direzione lavori: \_\_\_\_\_

Per il Committente: \_\_\_\_\_

Per l'Impresa esecutrice: \_\_\_\_\_

Si procede ad eseguire n°..... prelievi per un totale di (un prelievo=2 cubetti) n°..... cubetti delle dimensioni 15x15x15

Prelevati: All'impianto di betonaggio n°..... cubetti

Dall'autobetoniera con D.D.T. n°..... n°..... cubetti

e/o al momento del getto n°..... cubetti

	Rck	Tipo cemento	Dosaggio	A/C	Slump
Il calcestruzzo previsto è					

	Struttura	Zona/Piano	n° prelievo / contrassegno provini
Il calcestruzzo prelevato viene utilizzato per la costruzione di			

Il prelievo viene eseguito secondo quanto previsto dal D.M. 09.01.1996 in base alle norme UNI EN 12390:2002.

La stagionatura

Sarà curata dal Laboratorio Edil-Test S.r.l. di Battipaglia (SA).

Sarà curata dal \_\_\_\_\_

*Letto firmato e sottoscritto*

Per il Committente: \_\_\_\_\_

Per l'Impresa: \_\_\_\_\_

Per la Direzione dei Lavori: \_\_\_\_\_

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**  
*(Timbro e Firma)*

\_\_\_\_\_

**Prove su Materiali da Costruzione**

Viale delle Industrie - 84091 Battipaglia (SA) - Tel. 0828.303109 - Fax 0828.307085 - e-mail: ediltest@tin.it - www.ediltest.it

Con la presente si richiede l'esecuzione, in accordo con la normativa vigente, delle prove sottoelencate e il rilascio della relativa certificazione

IMPRESA: \_\_\_\_\_  
 VIA \_\_\_\_\_ N. \_\_\_\_\_ CAP \_\_\_\_\_ CITTÀ \_\_\_\_\_  
 CANTIERE DI RIFERIMENTO: \_\_\_\_\_  
 VIA / LOCALITÀ: \_\_\_\_\_ COMUNE \_\_\_\_\_  
 DIRETTORE DEI LAVORI: \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
 PROPRIETARIO: \_\_\_\_\_  
 COMMITTENTE\*: \_\_\_\_\_  
 \*Indicare nome e indirizzo di spedizione; in mancanza dei dati completi i certificati verranno spediti all'intestatario della fattura. TEL. \_\_\_\_\_

INTESTARE LA FATTURA A: \_\_\_\_\_  
 Se ditta individuale specificare cognome e nome.  
 VIA \_\_\_\_\_ N. \_\_\_\_\_ CAP \_\_\_\_\_ CITTÀ \_\_\_\_\_  
 CODICE FISCALE \_\_\_\_\_ P. IVA \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
 PAGAMENTO:  anticipato  bonifico  bancario a vista  al ritiro dei certificati  contrassegno  \_\_\_\_\_

**COMPRESSIONE DEI PROVINI IN CALCESTRUZZO UNI EN 12390-1/2/3 (  cubici -  cilindrici )**

Numero prelievo	Sigla provino**	Numero provini	Posizione in opera	Data prelievo	Classe	Verbale prelievo
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**PROVE SU BARRE DI ACCIAIO UNI EN ISO 15630-1 (provini lunghezza ≥ 110 cm)**

Numero prelievo	Sigla provino**	Quantità N.	Diametro nominale mm.	Verbale prelievo	Tipo di acciaio	Marchio
1						
2						
3						
4						

**PROVE SU RETI, TRALICCI ELETTRISALDATI E LAMINATI IN ACCIAIO UNI EN ISO 15630-1**

Numero prelievo	Sigla provino**	Quantità N.	Dimensioni mm.	Identificazione marchio	Trazione	Distacco
1						
2						
3						

\*\*Sul certificato verrà riportata solo la marcatura presente sul provino (obbligatoria).

IL RICHIEDENTE  
(Data e Firma)

IL DIRETTORE DEI LAVORI / RESPONSABILE TECNICO  
(Timbro e Firma)

## 2.2.8 DURABILITÀ

Per garantire la durabilità delle strutture all'azione dell'ambiente, in fase progettuale occorre fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione, ed in particolare prescrivere anche prove per **la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi**, e a tal fine può **essere determinato il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione**.

## 3. ACCIAIO

### 3.1 PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTI I TIPI DI ACCIAIO

Sono previsti tre tipi di controllo obbligatori per tutte le tipologie di Acciaio:

- in stabilimento di produzione, su lotti di produzione di 30 + 120 tonnellate,
- nei centri di trasformazione su forniture di 90 tonnellate massimo, o frazione
- di accettazione in cantiere su lotti di spedizione di 30 tonnellate massimo, o frazione che debbono essere obbligatoriamente dotati di opportuno **marchio di identificazione**, inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione, con **identificativi differenti per prodotti aventi caratteristiche diverse anche se fabbricati nello stesso stabilimento**.

**La mancata marchiatura e / o la sua identificazione rendono il prodotto non impiegabile.**

**Tutte le forniture di acciaio**, per le quali non sussiste l'obbligo della marchiatura CE, **devono essere accompagnate dalla copia conforme dell'Attestato di Qualificazione del Servizio Tecnico Centrale:**

il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto (in seguito DDT). Le eventuali forniture effettuate da un **Commerciante intermedio** devono essere accompagnate da copia conforme dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con riferimento al DDT del Commerciante stesso.

**Il Direttore dei Lavori**, prima della messa in opera, **è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi. Ogni fornitura in cantiere** di elementi presaldati, presagomati, o preassemblati **effettuata da un Centro di Trasformazione** (in seguito C.di T.) deve **essere accompagnata da una dichiarazione**, riportata sul D.D.T., degli estremi dell'Attestato di Dichiarazione di attività rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. (in seguito S.T.C.) e recante il logo del Centro stesso e **dell'attestazione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del C.di T**, con l'indicazione dei giorni in cui la fornitura è stata lavorata: copia della relativa certificazione potrà essere inviata al Direttore dei Lavori, previa sua richiesta.

**Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.**

Della documentazione fornita dal Centro di Trasformazione dovrà prendere atto il **Collaudatore che nel Certificato di Collaudo dovrà riportare gli estremi del Centro di Trasformazione** che ha fornito il materiale lavorato.

Resta comunque l'obbligo per il **Direttore dei Lavori di eseguire, su ogni tipo di fornitura, i Controlli di Cantiere presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001.**

La **validità, qualitativa e quantitativa**, dei controlli in Cantiere, e di quelli eventuali nei Centri di Trasformazione, **dovrà essere controllata dal Collaudatore che, in caso contrario, è tenuto a far eseguire e / o completare le prove previste dalla norma.**



## 3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (barre, reti e tralicci)

### 3.2.1 PRESCRIZIONI

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili, qualificati, controllati ed ad aderenza migliorata (cioè aventi superfici dotate di nervature e dentellature trasversali) caratterizzato da valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e di rottura da utilizzare nei calcoli

$$f_{y\text{ nom}} = 450 \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

$$f_{t\text{ nom}} = 540 \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

sia per l'Acciaio per cemento armato **B450C** (laminato a caldo)  
che per l'Acciaio per cemento armato **B450A** (trafilato a freddo)

### 3.2.2 REQUISITI

Per gli Acciai B450C e B450A sia forniti in barre e rotoli, sia forniti in reti e tralicci elettrosaldati è richiesto il rispetto dei requisiti di seguito elencati.

#### 3.2.2.1 PROPRIETÀ MECCANICHE

Premesso che:

- le proprietà meccaniche degli Acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria;
- la prova di piega viene eseguita alla temperatura ambiente piegando la provetta a  $90^\circ$ , mantenendola per 60 minuti a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno  $20^\circ$ : dopo la prova la provetta non deve presentare cricche.

La Norma stabilisce che gli Acciai da cemento armato (barre, reti e tralicci elettrosaldati) **debbano rispettare i requisiti di cui alle tabelle riportate di seguito:**

BARRE E ROTOLI		
CARATTERISTICHE	REQUISITI	
	Acciai B450C	Acciai B450A
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y\ nom}$	$\geq f_{y\ nom}$
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t\ nom}$	$\geq f_{t\ nom}$
$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	$\geq 1,05$
$(f_y / f_{y\ nom})_k$	$\leq 1,25$	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	$\geq 2,5 \%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche $\varnothing < 12 \text{ mm}$ $12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ $16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm}$ $25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	$4 \varnothing$ $5 \varnothing$ $8 \varnothing$ $10 \varnothing$	$4 \varnothing \quad (\varnothing \leq 10)$
Impiego di barre di diametro	$6 \div 40 \text{ mm}$	$5 \div 10 \text{ mm}$
Uso di acciai forniti in rotoli per diametri massimi $\varnothing$	$16 \text{ mm}$	$10 \text{ mm}$

## RETI E TRALICCI

CARATTERISTICHE	REQUISITI	
	Acciai B450C	Acciai B450A
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y\text{ nom}}$	$\geq f_{y\text{ nom}}$
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t\text{ nom}}$	$\geq f_{t\text{ nom}}$
$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$
$(f_y / f_{y\text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	$\geq 2,5 \%$
Elementi base di diametro	$6 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	$5 \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$
Interasse delle barre	330 mm	330 mm
Rapporto tra i diametri delle barre $\varnothing_{\text{min}} / \varnothing_{\text{max}}$	$\geq 0,6$	$\geq 0,6$
Forza di distacco dal nodo (percentuale rispetto alla tensione di snervamento della barra maggiore)	$\geq 25 \%$	$\geq 25 \%$

Nei certificati rilasciati dai Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001 viene riportato il rapporto rottura / snervamento ( $f_t / f_y$ ): **il Direttore dei Lavori deve accertare che il valore caratteristico del rapporto ( $f_t / f_y$ ) risulti non inferiore a quello stabilito dal Progettista delle Strutture**, quando questi abbia utilizzato un rapporto di sovrarresistenza  $K = (f_t / f_y) > 1,15$ .

### 3.2.2.2 SALDABILITÀ

Per la saldabilità occorre eseguire l'analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito che deve **soddisfare le limitazioni riportate nella sottostante tabella**, in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale,

Carbonio	C	0,24
Fosforo	P	0,055
Zolfo	S	0,055
Rame	Cu	0,85
Azoto	N	0,014
Carbonio equivalente	$C_{eq}$	0,52

Dove il calcolo del Carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

### 3.2.2.3 TOLLERANZE DIMENSIONALI

Premesso che le barre sono caratterizzate **dal diametro  $\varnothing$  della barra tonda liscia equivalente calcolata con densità dell'acciaio pari a 7.58 kg / dm<sup>3</sup> sono prescritte dalla norma le tolleranze riportate nella sottostante tabella**

Diametro nominale (mm)	$5 \leq \varnothing \leq 8$	$8 < \varnothing \leq 40$
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	$\pm 6$	$\pm 4,5$

Si precisa che nelle prove di controllo in Laboratorio le resistenze meccaniche di snervamento e di rottura vengono calcolate:

- con le sezioni nominali per i campioni rientranti nei limiti di tolleranza dimensionale,
- con le sezioni effettive, in caso contrario.

### 3.2.3 CONTROLLI SU BARRE E ROTOLI

La Norma precisa che la sagomatura e / o l'assemblaggio delle barre (dritte e / o rese rettilinee e provenienti da rotoli) possano avvenire nei Centri di Trasformazione, sotto il Controllo del Direttore Tecnico, ed in Cantiere sotto la vigilanza del Direttore dei lavori.

### 3.2.3.1 CONTROLLO NEI CENTRI DI TRASFORMAZIONE (C.DI T.) SU BARRE E ROTOLI

Si definisce Centro di Trasformazione, un impianto esterno al Produttore e / o al Cantiere che riceve dal Produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impieghiabili in opere in cemento armato, saldati e / o presagomati (gabbie di armature) pronti per la messa in opera.

Il Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione è responsabile del controllo dei materiali confezionati e direttamente impieghiabili.

**I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati dal Direttore Tecnico dello stabilimento:**

- **su ogni fornitura di 90 tonnellate**, o frazione, per utilizzo di barre
- **ogni dieci rotoli impiegati** per utilizzo di rotoli

**e comunque un controllo per ogni giorno di lavorazione** presso i Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001.

Ciascun controllo viene eseguito su **tre spezzoni di un medesimo diametro per ciascuna fornitura proveniente da uno stesso stabilimento**, con estensione *cogente* alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti, con prove di trazione e piegamento, eseguite dopo il raddrizzamento da rotoli.

**Con frequenza mensile**, in caso di utilizzo di rotoli, deve altresì essere effettuata la **verifica dell'aderenza** con la determinazione, con metodo geometrico, dell'area di nervatura o di dentellatura.

Particolari prove sono previste per gli **elementi interessati da saldature ancorché non resistenti**.

Il Direttore Tecnico del Centro **dovrà curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro**, la cui visione dovrà essere consentita agli aventi titolo.

### 3.2.3.2 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazioni in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime proprietà contemplate nelle prove a carattere statico di cui al punto *Prove di qualificazione del N.N.T.C 2009 §11.3.2.10.1.2*, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto "*Accertamento delle proprietà meccaniche riportate a fine paragrafo*", da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi tra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	VALORE LIMITE	
	Acciai B450C	Acciai B450A
F <sub>y</sub> minimo	425 (N / mm <sup>2</sup> )	425 (N / mm <sup>2</sup> )
F <sub>y</sub> massimo	572 (N / mm <sup>2</sup> )	572 (N / mm <sup>2</sup> )
A <sub>gt</sub> minimo	≥ 6,0 %	≥ 2,0 %
Rottura / snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	$f_t / f_y \geq 1,03$
Piegamento / raddrizzamento	assenza cricche	assenza cricche

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di pro-

va. Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato. Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore singolo provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001. Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale.

Il prelievo di campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichette indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di Trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti, può recarsi presso il medesimo



Centro di trasformazione ed effettuare tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal direttore tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettate indelebili, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dal Laboratorio devono obbligatoriamente 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 e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di riferimento 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;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

#### ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10$  °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f(0,2)$ . La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 \pm 5$  °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a  $100 \pm 10$  °C e successivamente raffreddati in aria calma a temperatura ambiente.

### 3.2.4 CONTROLLI SU RETI E TRALICCI ELETROSALDATI

**Per le reti e i tralicci elettrosaldati i controlli sono obbligatori.**

Valgono le medesime procedure per le barre, con le opportune modifiche delle verifiche dei requisiti, già riportati nelle tabelle precedenti.

In particolare il Prelievo interessa **n° 3 saggi da tre diversi pannelli per forniture max di 30 tonnellate, o frazione**, con prove di trazione e allungamento e di distacco dal nodo, oltre alle verifiche dimensionali.

Se uno dei campioni non soddisfa i requisiti, occorre ripetere le prove su un altro elemento della medesima partita, che sostituisce quello

precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo, comporta **il prelievo di nuovi 10 saggi per verificare l'accettabilità prima di rifiutare la fornitura**, come già riportato per le procedure su barre e rotoli. Valgono inoltre le medesime prescrizioni già riportate per gli ACCIAI PER C.A. – Barre e Rotoli – per quanto concerne in particolare il **Verbale di Prelievo, la richiesta di prove e la consegna dei campioni al Laboratorio (da parte del Direttore dei Lavori) ed i campioni sprovvisti di marchio di identificazione o con marchio non rientrante tra quelli depositati** Presso il Servizio Tecnico Centrale.

### 3.2.5 PROVE DI ADERENZA

Sono previste **le verifiche sotto il profilo geometrico per le barre di acciaio nervato e per quelle di acciaio dentellato.**

**Le barre di acciaio nervato** sono caratterizzate da una sezione effettiva circolare, con le nervature posizionate al di fuori della predetta sezione effettiva.

**Le barre di acciaio dentellato** sono caratterizzate da nervature ottenute producendo delle impronte sulle tre o quattro facce della sezione circolare piena.

Pertanto, secondo le norme vigenti, occorre determinare presso i Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001:

- il valore dell'area di nervatura  $f_r$ , **per l'acciaio nervato**
- il valore dell'area relativa di dentellatura  $f_p$ , **per l'acciaio dentellato**

e verificare che i valori  $f_r$  e  $f_p$  risultino non minori di:

0,035 per  $5 \leq \varnothing \leq 6$       0,040 per  $6 < \varnothing \leq 12$       0,056 per  $\varnothing > 12$

Nei **Centri di Trasformazione le verifiche sotto il profilo geometrico debbono essere eseguite con cadenza mensile.**

## 3.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

### 3.3.1 PRESCRIZIONI COMUNI

È ammesso solamente l'impiego di acciai qualificati e provvisti di marchio, che debbono essere controllati sia nei Centri di Trasformazione che in Cantiere.

Vengono forniti sotto forma di:

- **Fili** prodotti trafilati di sezione piena tonda od ondulata, lisci o con impronte, da fornirsi anche in rotoli;
- **Barre** prodotti laminati in sezione piena, lisce e / o filettate e di forma rettilinea da fornirsi in fasci;
- **Trecce** a due o tre fili avvolti a elica da fornirsi in bobine;
- **Trefoli** fili avvolti ad elica intono ad un filo rettilineo da fornirsi in bobine

e la documentazione di accompagnamento delle loro forniture è simile a quella per gli ACCIAI PER C.A.

La marchiatura di tali prodotti è generalmente costituita **da sigillo o etichettatura sulle legature.**

I saggi destinati ai controlli, della lunghezza richiesta dal Laboratorio ed in numero adeguato per eventuali successivi controlli, non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza e durante il trasporto debbono essere opportunamente protetti.

### 3.3.2 REQUISITI

Per tutti i tipi di acciaio da c.a.p. è richiesto il rispetto dei requisiti di seguito elencati:

### 3.3.2.1 PROPRIETÀ MECCANICHE

Le proprietà meccaniche, garantite da Produttore, **non possono essere inferiori a quelle indicate nella sottostante tabella.**

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a Fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk}$ N / mm <sup>2</sup>	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua $f_{p(0,1)k}$ N / mm <sup>2</sup>	–	≥ 1420	–	–	–
Tensione caratteristica all'1% di deformazione residua $f_{p(1)k}$ N / mm <sup>2</sup>	–	–	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristica di snervamento $f_{pyk}$ N / mm <sup>2</sup>	≥ 800	–	–	–	–
Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$ %	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del Fornitore.

### 3.3.2.2 PROVE DI PIEGAMENTO

Per le **barre ed i fili con  $\varnothing > 8$  mm** vengono eseguite le prove di piegamento a  $180^\circ$ , su mandrino avente i seguenti diametri:

- 5  $\varnothing$  per i fili
- 6  $\varnothing$  per barre con  $\varnothing < 26$  mm
- 8  $\varnothing$  per barre con  $\varnothing > 26$  mm

### 3.3.2.3 PROVE DI PIEGAMENTO ALTERNATO

Per i fili **aventi  $\varnothing < 8$  mm** si eseguono le prove di piegamento alternato con rulli di diametro pari a 4  $\varnothing$  ed il numero dei piegamenti alterni a rottura non **deve essere inferiore a 4 per i fili lisci ed a 3 per i fili ondulati** o con impronte.

### 3.3.2.4 TOLLERANZE DIMENSIONALI

#### **Fili lisci e con impronte, trecce e trefoli**

L'area delle sezioni viene determinata per pesata assumendo la densità dell'acciaio **pari a  $7,81 \text{ kg / dm}^3$**

Sui valori nominali delle sezioni è **ammessa una tolleranza di  $\pm 2\%$**

#### **Barre**

L'area delle sezioni viene determinata per pesata assumendo la densità dell'acciaio **pari a  $7,85 \text{ kg / dm}^3$**

Sui valori nominali delle sezioni è **ammessa una tolleranza tra  $-2\%$  e  $+6\%$ .**

### 3.3.2.5 ULTERIORI REQUISITI

La composizione chimica e la struttura metallografia debbono essere garantite dal Produttore. Le prove di resistenza a fatica e di rilassamento a temperatura ordinaria debbono essere limitate alla fase di qualificazione, quando non espressamente richieste.

### 3.3.3 CONTROLLI IN CANTIERE

Da parte del Direttore dei lavori si provvede a prelevare una **serie di 3 saggi per ogni lotto di spedizione massimo 30 tonnellate, o frazione**, proveniente da uno stesso stabilimento oppure tante **serie di 3 saggi quanti sono gli stabilimenti di spedizione**.

Su dette serie **di 3 saggi vengono eseguite sia le verifiche dimensionali che le prove di trazione e di allungamento** per le verifiche dei requisiti richiesti presso i Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001. In caso di risultati negativi, **occorre estendere le prove su ulteriori 10 saggi per verificare l'accettabilità della fornitura, prima di rifiutarla**. Si precisa che **le tensioni ed il modulo elastico vengono calcolati**:

- con le sezioni nominali se i campioni rientrano nei limiti di tolleranza
- con le sezioni effettive in caso contrario.

### 3.3.4 CONTROLLI NEI CENTRI DI TRASFORMAZIONE

Vengono eseguite da parte del **Direttore Tecnico le medesime procedure dei Controlli in Cantiere**, sia nelle operazioni di prelievo che nelle prove per la verifica dei requisiti da eseguire presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001. Per i controlli in Cantiere e nei Centri di Trasformazione valgono le medesime prescrizioni per gli ACCIAI PER C.A. ed in particolare:

- per la richiesta di prove da parte dei Direttori dei Lavori
- per la consegna dei campioni al Laboratorio
- per i campioni provvisti di marchio di identificazione
- per i campioni con marchio non rientrante tra quelli depositati presso il S.T.C. ferma restando, per i materiali forniti dai **Centri di trasformazione, la *cogenza delle prove di Cantiere e della documentazione di accompagnamento.***

## 3.4 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

### 3.4.1 PRESCRIZIONI COMUNI

Sono ammessi solamente acciai qualificati, provvisti di marchio di identificazione, con **controlli obbligatori sia nei Centri di trasformazione che in Cantiere.**

### 3.4.2 ACCIAI LAMINATI

Gli acciai laminati per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte vengono forniti come:

- Prodotti lunghi: laminati mercantili (angolari, L, T, piatti) travi ad ali parallele (HF, IPE, OPN), laminati a U
- Prodotti piani: lamiere e piatti
- Profilati cavi: tubi
- Prodotti derivati

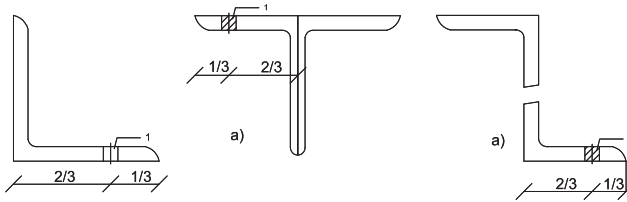
e la documentazione di accompagnamento delle loro forniture è simile a quelle per gli ACCIAI PER C.A.

Dai prodotti laminati vengono prelevati saggi per la preparazione delle provette per le successive prove di Laboratorio.


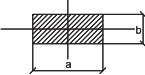
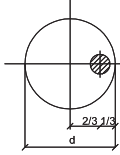
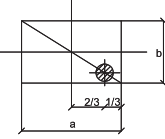
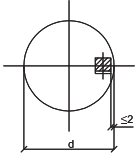
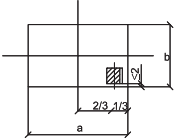


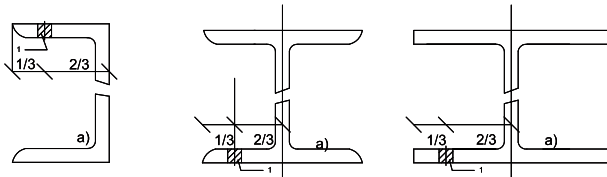
### 3.4.2.1 PRELIEVI DEI SAGGI

Il prelievo di saggi e la loro posizione nel pezzo di prelievo debbono essere eseguiti come di seguito riportato e come previsto dalla norma UNI EN 10025-1.



LE DIMENSIONI SONO  
ESPRESSE IN MILLIMETRI

tipo di prova	prodotti a sezione tonda	prodotti a sezione rettangolare
TRAZIONE a)	$d \leq 25^a)$ 	$b \leq 25^a)$ 
	$d \leq 25^b)$ 	$b \leq 25^b)$ 
RESILIENZA c)	$d \leq 16$ 	$b \leq 12$ 
<p>a) Per i prodotti di piccole dimensioni (<math>d</math> o <math>b \leq 25</math> mm) il provino, se possibile, deve essere costituito da un intero spezzone non lavorato del prodotto.</p> <p>b) per i prodotti di diametro o spessore <math>\leq 40</math> mm, il produttore può:                      - applicare le prescrizioni specificate per i prodotti di diametro o spessore <math>\leq 25</math> mm, o                      - prelevare il provino in corrispondenza di una posizione più vicina al centro di quanto indicato in figura.</p> <p>c) Per i prodotti a sezione circolare, l'asse dell'intaglio corrisponde approssimativamente al diametro; per i prodotti a sezione rettangolare, l'asse dell'intaglio è perpendicolare alla superficie di laminazione più ampia.</p>		



LE DIMENSIONI SONO  
ESPRESSE IN MILLIMETRI

tipo di prova	spessore del prodotto	orientamento dei provini per prodotti di larghezza di		distanza del provino dalla superficie di laminazione
		<600	≥600	
TRAZIONE a)	≤30	longitudinale	trasversale	Legenda 1 Superficie laminata 
	>30			oppure Legenda 1 Superficie laminata 
RESILIENZA c)	>12 <sup>d)</sup>	longitudinale	longitudinale	

a) In caso di dubbio o di contestazione per prodotti di spessore  $\geq 3$  mm, occorre utilizzare provini proporzionali con lunghezza tra i riferimenti  $L_r=5.65 \sqrt{s}$ .  
Per prove correnti, per ragioni di economia, possono essere utilizzati provini con lunghezza tra i riferimenti costante, a condizione che il risultato ottenuto per l'allungamento dopo rottura sia convertito mediante una formula riconosciuta (vedere EN ISO 2566-1). Per prodotti di spessore  $>30$  mm, può essere utilizzato un provino tondo con l'asse longitudinale pari ad 1/4 dello spessore.

b) L'asse dell'intaglio deve essere perpendicolare alla superficie del prodotto.

c) Per prodotti di spessore  $<12$ mm, vedere punto 7.3.2.1.

d) Per prodotti ordinati in conformità alla EN 10025-3, EN 10025-6 e per spessore  $\geq 40$ mm, i provini della prova di resilienza devono essere prelevati dalla posizione 1/4 t.

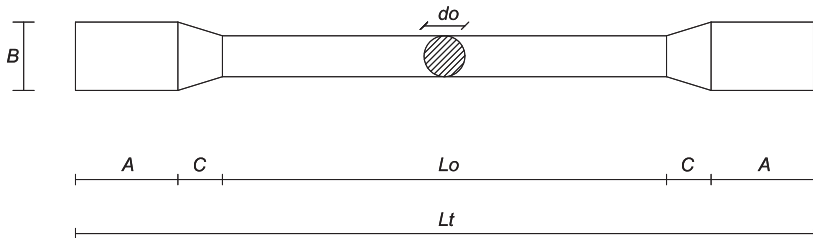
### 3.4.2.2 PREPARAZIONE DELLE PROVETTE

La preparazione delle provette per le prove di Trazione e di Resilienza viene eseguita come di seguito riportato secondo norme *cogenti* di riferimento

## PROVA DI TRAZIONE: Dimensione delle provette cilindriche (UNI EN 10002-1;2004)

Raccordare le parti cilindriche alle parti tronco-coniche.

NELLA LAVORAZIONE NON RISCALDARE IL MATERIALI



dove 
$$L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0} + \frac{d_o}{2}$$

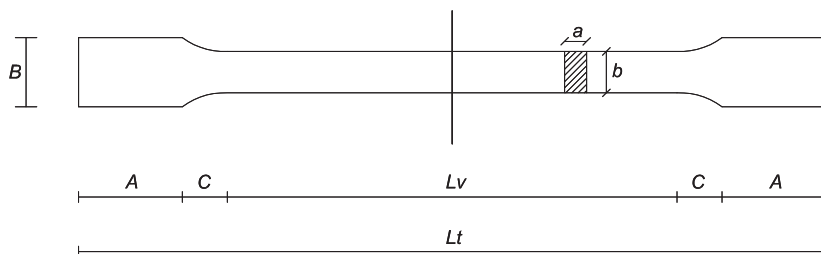
$d_o$	B	C	A	NORMALE LUNGA		NORMALE CORTA	
				$L_0$	$L_t$	$L_0$	$L_t$
mm							
10	14	25	80	120	330	70	280
15	19	25	80	180	390	105	315
20	24	25	80	240	450	140	350
25	29	25	80	300	510	175	385
30	50	25	80	360	570	210	420

Qualora sulle provette si volessero applicare degli estensimetri, bisognerà adottare provette più lunghe.

### PROVA DI TRAZIONE: Dimensione delle provette piatte (UNI EN 10002-1;2004)

Il tratto  $L_v$  deve essere perfettamente parallelo e raccordato con le teste.

NELLA LAVORAZIONE NON RISCALDARE IL MATERIALE.



dove  $L_v \geq (5,65+1,5) \cdot \sqrt{a \cdot b}$  ed il rapporto  $b / a \leq 8$

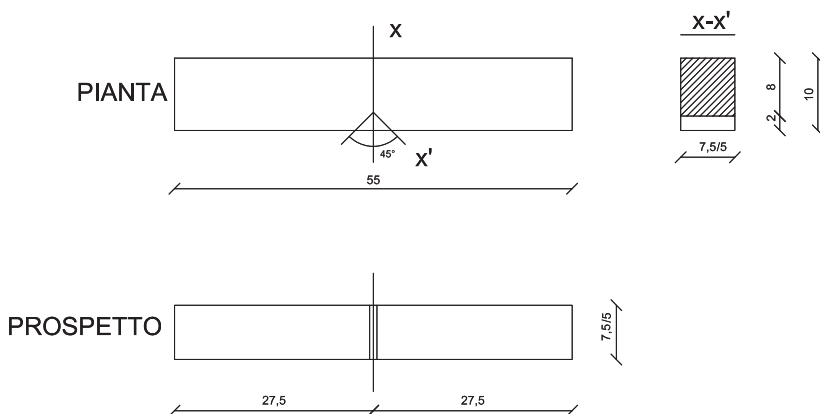
a	b	A	B	C	$L_v$	$L_t$
mm						
3	10	70	20	10	120	280
4	10	70	20	10	120	280
5	10	70	20	10	130	290
6	15	70	25	10	130	290
8	15	70	25	10	140	300
10	20	70	30	10	160	320
12	20	70	30	15	170	340
14	25	70	40	15	180	350
16	25	80	40	15	190	380
18	30	80	45	15	200	400
20	30	80	45	15	220	420

La provetta può anche essere costituita da una striscia a lati paralleli, purché lo spessore “a” sia inferiore a 8 mm

## PROVA DI RESILENZA Dimensioni delle provette (UNI EN 10045-1;1992)

NELLA LAVORAZIONE NON RISCALDARE IL MATERIALE

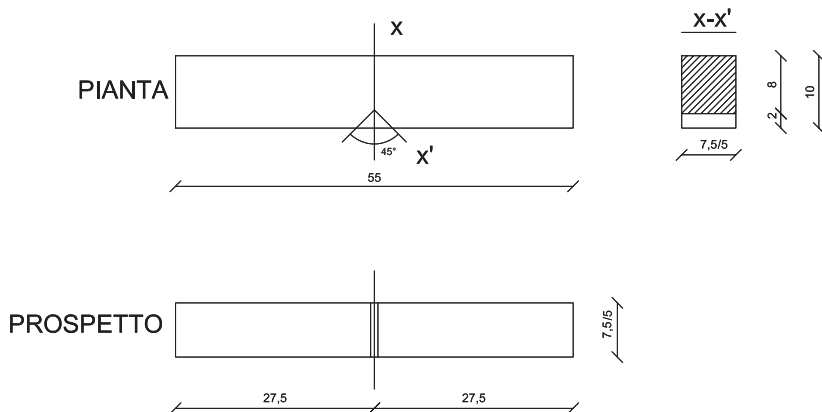
### PROVETTE NORMALI CON INTAGLIO A “V”



Le dimensioni sono espresse in mm

### PROVETTE SOSTITUTIVE CON INTAGLIO A “V”

Per spessori inferiori a 10 mm, si devono impiegare in provette sostitutive aventi dimensioni 10 mm x 7.5 / 5 mm con intaglio a “V” nella dimensione 7.5 / 5



Le dimensioni sono espresse in mm

### 3.4.2.3 REQUISITI

Per tutti i prodotti laminati è richiesto il rispetto dei requisiti di seguito riportati

#### 3.4.2.3.1 Resistenza meccanica

I laminati a caldo con profili a sezione aperta e quelli a sezione cava debbono rispettare i requisiti riportati nelle **sottostanti relative Tabelle per quanto concerne le tensioni di snervamento e di rottura**, valutate con provette normalizzate.

In fase di progettazione si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle medesime.

## Laminati a caldo con profilo a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$	$f_{tk}$	$f_{yk}$	$f_{tk}$
	[N / mm <sup>2</sup> ]			
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N / NL	275	390	255	370
S 355 N / NL	355	490	335	470
S 420 N / NL	420	520	390	520
S 460 N / NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M / ML	275	370	255	360
S 355 M / ML	355	470	335	450
S 420 M / ML	420	520	390	500
S 460 M / ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 325 W	325	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

## Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm < $t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$	$f_{tk}$	$f_{yk}$	$f_{tk}$
	[N / mm <sup>2</sup> ]			
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH / NLH	275	390	255	370
S 355 NH / NLH	355	490	335	470
S 420 NH / NLH	420	540	390	520
S 460 NH / NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH / NLH	275	370		
S 355 NH / NLH	355	470		
S 275 MH / MLH	275	360		
S 355 MH / MLH	355	470		
S 420 MH / MLH	420	500		
S 460 MH / MLH	460	530		

ed i requisiti della sottostante tabella relativa all'allungamento percentuale di rottura



## Allungamento a rottura

Designation	Position of test pieces	Minimum percentage elongation after fracture											
		La = 80						Lo = 5,55 √ Sc					
		Nominal thickness mm						Nominal thickness mm					
According to EN 10027-1 CR 10280		≤1	>1	>1,5	>2	>2,5	≥3	>40	>63	>100	>150	>250°	
		<=1,5	<=2	<=2,5	<=3	<=40	<=63	<=100	<=150	<=250	<=400	only for J2 and K2	
S 235JR		17	18	19	20	21	26	25	24	22	21	-	
S235 JD												-	
S235J2	t	15	16	17	18	19	24	23	22	22	21	21	
S275JR		15	16	17	18	19	23	22	21	19	18	-	
S275JD												-	
S275J2	t	13	14	15	16	17	21	20	19	19	18	16	
S355JR		14	15	18	17	18	22	21	20	18	17	-	
S355JD												-	
S355J2												17 (  and t)	
S355K2	t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17	17 (  and t)	
S450JDD		-	-	-	-	-	17	17	17	17	-	-	

<sup>a</sup> For plate stripand wideflats wich widths ≥ 600 mm the direction transverse (t) to the toling direction applies. For all other products the value apply for the direction parallel (|) to the rolling direction.

<sup>c</sup> The values apply to flat products.

<sup>d</sup> Applicable for long products only.

### 3.4.2.3.2 Resilienza

Per quanto riguarda la resilienza, i laminati a caldo **debbono rispettare i requisiti della sottostante tabella**, valutati su provette normali intaglio "V"

Designations		Temperature	Minimum energy (J) Nominal thickness in mm		
According EN 10027-1	According EN 10027-2		°C	≤ 150 <sup>a,b</sup>	> 150 ≤ 250 <sup>b</sup>
S 235JR	1.0038	20	27	27	-
S235 JD	1.0114	0	27	27	-
S235J2	1.0117	-20	27	27	27
S275JR	1.0044	20	27	27	-
S275JD	1.0143	0	27	27	-
S275J2	1.0145	-20	27	27	27
S355JR	1.0045	20	27	27	-
S355JD	1.0553	0	27	27	-
S355J2	1.0577	-20	27	27	27
S355K2	1.0590	20	40 <sup>d</sup>	33	33
S450JD <sup>d</sup>	1.0590	0	27	-	-

<sup>a</sup> For nominal thicknesses ≤ 12 mm see 7 3 2 1 of EN 10025-1:2004

<sup>t</sup> For section with nominal thickness > 100 mm the values shall be agreed.

See option 28

<sup>c</sup> The values apply to flat products.

<sup>o</sup> | this value corresponds with 27j at - 30° (see Eurocode 3)

<sup>g</sup> Applicable for long products only.

### 3.4.2.3.3 **Composizione chimica**

Gli acciai per strutture saldate debbono inoltre avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate.

### 3.4.2.3.4 **Processi di saldatura**

- La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti di cui alla norma UNI EN ISO 4063:2001
- I saldatori dei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati da Ente terzo (E.T.) secondo la norma UNI EN 287-1:2004
- Gli operatori dei procedimenti automatici dovranno essere certificati da E.T. a norma UNI EN 1418:1999
- Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati da E.T.
- Particolari prescrizioni sono previste per le saldature, le quali comunque devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali di accertamento (quali liquidi penetranti, polveri magnetiche, ultrasuoni, ecc.), la cui accettabilità è codificata alla norma UNI EN 12062:2004, mentre gli operatori addetti ai controlli dovranno essere qualificati almeno al secondo livello, come da norma UNI EN 473:2001
- In relazione ai manufatti realizzati mediante saldatura, il costruttore deve essere qualificato secondo norma UNI EN 3834:2006, e la certificazione dell'azienda e del Personale deve essere operata da Ente Terzo

### 3.4.2.3.5 **Acciai da carpenteria in zona sismica**

Per le zone dissipative vengono applicate le seguenti ulteriori prescrizioni, in aggiunta a quelle precedentemente elencate:

- rapporto tra le tensioni nominali  $f_{tk} / f_{yk} > 1,20$
- Allungamento a rottura  $A_5 \geq 20\%$
- Tensione di snervamento massima  $f_{y\max} < 1,2 f_{yk}$
- I collegamenti bullonati realizzati con bulloni **8.8 e 10.9**

#### 3.4.2.4 CONTROLLI

**Sono obbligatori i controlli sia nei Centri di Trasformazione sia nei Cantieri, da eseguirsi presso il Laboratorio di cui all'art. 59 del dpr n° 380 / 2001**

**3.4.2.4.1 Controlli nei Centri di Trasformazione** Nelle officine per la produzione di carpenterie metalliche i **controlli devono essere eseguiti dal Direttore Tecnico** e debbono interessare **per ogni fornitura max di 90 tonnellate**, o frazione, un **minimo di 3 prove**, di cui **almeno una dello spessore massimo ed una dello spessore minimo**.

I dati sperimentali ottenuti debbono soddisfare le prescrizioni, di cui alle precedenti Tabelle, relativamente alle prove meccaniche (tensioni ed allungamento) alle prove di resilienza, oltre che alle prove chimiche ed ai controlli sulle saldature ed essere registrati a cura del Direttore Tecnico su apposito registro. Tutte le forniture debbono essere accompagnate dalla documentazione, come già indicato per gli ACCIAI PER C.A.

#### 3.4.2.4.2 Controlli di accettazione in Cantiere

**I Controlli in Cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori** e consistono nel prelievo da **ogni fornitura max di 30**

**tonnellate, o frazione, di almeno 3 saggi di cui uno sullo spessore minimo, da cui ricavare le provette per le prove di trazione ed allungamento, di resilienza oltre che per la determinazione della composizione chimica.**

In caso di risultati negativi, occorre eseguire le prove su **ulteriori 10 saggi per verificare l'accettabilità prima di rifiutare la fornitura.**

**I prelievi devono essere eseguiti alla presenza del Direttore dei Lavori o di un Tecnico di sua fiducia.**

I prelievi debbono essere etichettati e, unitamente alla richiesta di prove firmate dal Direttore dei Lavori, debbono essere **consegnati al Laboratorio dallo stesso Direttore dei Lavori o da un Tecnico di sua fiducia.**

Per le forniture provenienti da un Centro di Trasformazione, il Direttore dei Lavori deve accertarsi preliminarmente che il Centro di Trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti e, **se non vengono consegnati in Cantiere adeguati campioni da sottoporre a prove di Laboratorio**, può recarsi presso il medesimo Centro di Trasformazione, effettuare i relativi controlli e disporre del prelievo dei campioni, prelievo che viene effettuato il Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione.

**Il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante singole etichette indelebili, ecc. che i campioni da sottoporre a prove presso il Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove, e consegnare i campioni al Laboratorio personalmente o per tramite di tecnico di sua fiducia, in quanto i Controlli di cantiere, con prove da eseguire presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n° 380 / 2001, sono comunque obbligatori ed il Direttore dei Lavori ne è responsabile.** In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte

**del D.L. o di mancanza di marchio di identificazione sui saggi o di marchio non qualificato, la certificazione non può avere valenza ai fini della vigente normativa**, e di ciò deve essere fatta esplicita menzione nel Certificato di prova.

### 3.4.3 ACCIAI PER GETTI

Per l'esecuzione di parti in getti debbono essere impiegati acciai conformi alla norma **UNI EN 10293:2006** e, se eventualmente saldati, valgono le medesime limitazioni per la composizione chimica previste per gli acciai laminati.

### 3.4.4 BULLONI

I bulloni, conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella tabella sottostante

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti, appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella, sono riportate nella seguente tabella:

<b>Classe</b>	<b>4.6</b>	<b>5.6</b>	<b>6.8</b>	<b>8.8</b>	<b>10.9</b>
$f_{yb}$ (Nmm <sup>2</sup> )	240	300	480	649	900
$f_{tb}$ (Nmm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

### 3.4.5 CHIODI

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare **gli acciai previsti dalla norma UNI 7356.**



Auditorium "Oscar Niemeyer" (Ravello)



Misura della consistenza del cemento fresco (Slump Test)

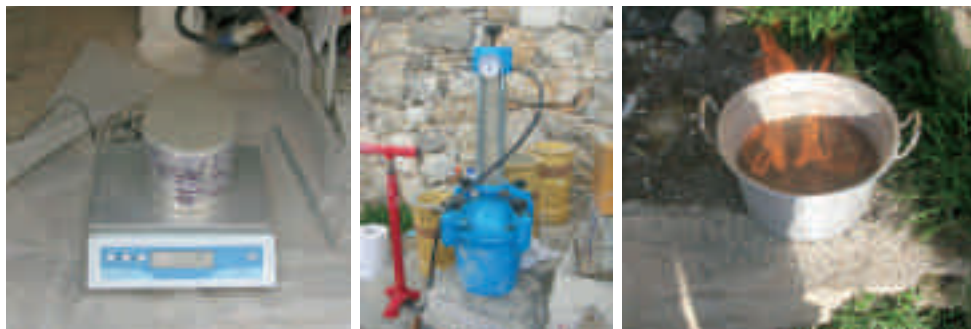


Determinazione del modulo elastico secante

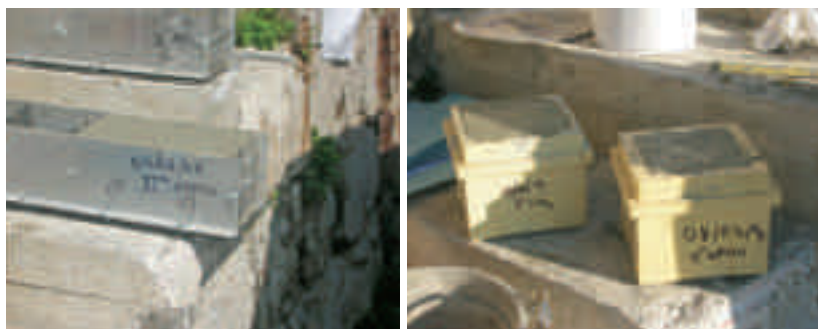


# CONTROLLO DI PRODUZIONE

## Cantiere Auditorium "Oscar Niemeyer" Ravello



■ Massa volumica. Indice dei vuoti. Dosaggio acqua/cemento



■ Confezionamento provini di calcestruzzo



■ Determinazione del ritiro idraulico del calcestruzzo fresco

## 4. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

### 4.1. Generalità

Le prescrizioni contenute in questo paragrafo si applicano al legno massiccio ed ai prodotti a base di legno per usi strutturali.

A seconda dei tipi di prodotti, ai materiali e prodotti a base di legno per uso strutturale si applicano, i punti punto A oppure C del § 11.1.

Negli altri casi si applicano, al produttore e al fornitore per quanto di sua competenza, le prescrizioni di cui al 11.7.10. I produttori di sistemi strutturali con struttura in legno, per i quali siano già disponibili Linee Guida ETAG, dovranno adeguarsi a quanto prescritto al punto C del 11.1.

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti di legno e dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un sistema di rintracciabilità che copra la catena di distribuzione dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti c/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.

Oltre che dalla documentazione indicata al pertinente punto del §11.1, ovvero nel § 11.7.10, ogni fornitura deve essere accompagnata, a cura del produttore, da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto sopra prescritto.

Il progettista sarà tenuto ad indicare nel progetto le caratteristiche dei materiali secondo le indicazioni di cui al presente capitolo.

Tali caratteristiche devono essere garantite dai fornitori c/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni applicabili di cui alla marcatura CE ovvero di cui al § 11.7.10.

Il Direttore dei Lavori potrà inoltre far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nella presente norma.

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli, sia sui che sui cicli produttivi, i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 38012001 e gli organismi di prova abilitati ai sensi del DPR n. 246/93 in materia di prove e controlli sul legno.

## 4.2 Qualificazione

Per quanto riguarda la qualificazione dei differenti materiali o prodotti a base di legno, si possono applicare i casi A) B) o C) previsti al § 11.1 delle NTC: in particolare:

- ◆ se il prodotto è coperto da una norma europea armonizzata per cui è terminato il periodo di coesistenza, allora è obbligatoria l'applicazione della procedura di cui al caso A) del § 11.1 [marcatura CE sulla base di norma armonizzata]; in tal caso non si applica la procedura di qualificazione nazionale riportata nel § 11.7.10 della medesime NTC;
- ◆ se il prodotto è coperto da una norma europea armonizzata, pubblicata su gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea per la quale non sia ancora terminato il periodo di coesistenza, il produttore può optare alternativamente per la procedura di qualificazione nazionale riportata nel § 11.7.10 delle NTC [caso B del § 11.1], oppure per la marcatura CE [caso A];
- ◆ se il prodotto è dotato di uno specifico Benestare Tecnico Europeo [ETA], rilasciato sulla base di una Linea Guida di Benestare Tecnico Europeo [ETAG] oppure di un CUAP, si può procedere alla marcatura CE secondo il caso C) oppure, alternativamente si può attuare la procedura di qualificazione nazionale riportata nel § 11.7.10 delle NTC, [caso E del § 11.1];
- ◆ negli altri casi si applica la procedura di qualificazione nazionale di cui al § 11.7.10 delle NTC, [caso B del § 11.1].

### 4.3 Proprietà dei materiali

Si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di  $20 \pm 2$  °C ed umidità relativa dell'aria del  $65 \pm 5\%$ .

Per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico corrispondenti frattile 5% sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate.

Definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume misurati in condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di  $20 \pm 2$  °C T ed umidità relativa dell'aria del  $65 \pm 5\%$ .

Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella Tab. 11.7.I.

Proprietà di resistenza	
Flessione	$f_{m,k}$
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$

<b>Proprietà di modulo elastico</b>	
Modulo elastico parallelo medio**	$E_{0,mean}$
Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$
Modulo elastico perpendicolare medio**	$E_{90,mean}$
Modulo elastico tangenziale medio**	$G_{mean}$

<b>Massa volumica</b>	
Massa volumica caratteristica	$\rho_k$
Massa volumica media*,**	$P_{mean}$

<b>Proprietà di resistenza Proprietà di modulo elastico</b>	
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$
Taglio	$f_{v,k}$

\*La massa volumica media può non essere dichiarata.

\*\* Il pedice mean può essere abbreviato con m

I valori indicati nei profili resistenti possono essere introdotti nei calcoli come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Per il legno massiccio, i valori caratteristici di resistenza, desunti da indagini sperimentali, sono riferiti a dimensioni standardizzate del secondo le norme pertinenti. In particolare, per la determinazione della resistenza a flessione l'altezza della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm, mentre per la determinazione della resistenza a trazione parallela alla fibratura, il lato maggiore della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm.

Pertanto, per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza

o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm, i valori caratteristici  $f_{m,k}$  e  $f_{t,o,k}$ , indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , così definito:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2}; 1,3 \right\}$$

essendo  $h$ , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

Per il legno lamellare incollato i valori caratteristici di resistenza, desunti da indagini sperimentali, sono riferiti a dimensioni standardizzate del campione di prova secondo le norme pertinenti. In particolare, per la determinazione della resistenza a flessione l'altezza della sezione trasversale del campione di prova è pari a 600 mm, mentre per la determinazione della resistenza a trazione parallela alla fibratura, il lato maggiore della sezione trasversale del provino è pari a 600 mm.

Di conseguenza, per elementi di legno lamellare sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600 mm, i valori caratteristici  $f_{m,k}$  e  $f_{t,o,k}$ , indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_b$  così definito:

$$k_b = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,1}; 1,3 \right\}$$

essendo  $h$ , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

### 4.3.2 LEGNO MASSICCIO

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1, recare la marcatura CE.

Qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale, secondo quanto specificato al punto B del § 11.1, devono essere qualificati così come specificato al § 11.7.10.

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, elemento per elemento, sulla base delle normative applicabili.

I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate, senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche, definendone il profilo resistente, che raggruppa le proprietà fisico-meccaniche, necessarie per la progettazione strutturale.

La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, può essere assegnato uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035:2003 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.

Ad ogni tipo di legno può essere assegnata una classe di resistenza se i suoi valori caratteristici di resistenza, valori di modulo elastico e valore caratteristico di massa volumica, risultano non inferiori ai valori corrispondenti a quella classe.

In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei dati documentati di prove sperimentali, in

conformità a quanto disposto nella UNI EN 84:2005. Le prove sperimentali per la determinazione di, resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.

Per tipi di legno non inclusi in normative vigenti (emanate da CEN o da UNI), e per i quali sono disponibili dati ricavati su campioni “piccoli e netti”, è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose incluse in normative di dimostrata validità.

### **4.3.3 LEGNO MASSICCIO**

#### **Circolare**

#### **Legno massiccio con sezioni rettangolari**

Tutti gli elementi strutturali in legno massiccio, già lavorati fino alle dimensioni d'uso.

4, devono essere classificati secondo la resistenza prima della loro messa in opera, sulla base delle specifiche normative di settore “a vista” o “a macchina”, al fine di assegnare al materiale una classe di resistenza attraverso la definizione di un profilo resistente.

Per la definizione delle classi di resistenza, e dei profili resistenti unificati a livello europeo, si può fare utile riferimento alla norma europea UNI EN 338:2004.

Per tipi di legname non inclusi in normative applicabili [europee o nazionali, e per i quali sono disponibili dati ricavati su provini piccoli e netti, è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose incluse in tali normative, in conformità al § 6 della UNI EN 338:2004.



#### **4.3.4 LEGNO MASSICCIO CON SEZIONI IRREGOLARI**

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, per quanto applicabile, le travi con forme di lavorazione irregolari che comportino smussi o sezioni diverse lungo l'asse longitudinale dell'elemento, devono essere lavorate e classificate in base alla resistenza, in conformità a specifiche normative di comprovata validità. In assenza di specifiche prescrizioni, per quanto riguarda la classificazione del materiale, si potrà fare riferimento a quanto previsto per gli elementi a sezione rettangolare, senza considerare le prescrizioni sugli smussi e sulla variazione delle sezione trasversale purché nel calcolo si tenga conto dell'effettiva geometria delle sezioni trasversali.

#### **4.3.5 LEGNO STRUTTURALE CON GIUNTI A DITA**

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla norma UNI EN 385:2003, e laddove pertinente alla norma UNI EN 387:2003. Nel caso di giunti a dita a tutta sezione il produttore dovrà comprovare la piena efficienza e durabilità del giunto stesso. La determinazione delle caratteristiche di resistenza del giunto a dita dovrà basarsi sui risultati di prove eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il giunto sarà soggetto per gli impieghi previsti nella struttura. Elementi in legno strutturale massiccio congiunti a dita non possono essere usati per opere in classe di servizio 3.

#### **4.3.6 LEGNO STRUTTURALE CON GIUNTI A DITA CIRCOLARE**

Gli elementi strutturali in legno massiccio utilizzati come trave inflessa, ottenuti per - incollaggio nel senso longitudinale di due o tre elementi, ognuno dei quali eventualmente giuntato con giunti a dita e che presentano a differenza di quanto avviene per il lamellare, il piano di laminazione parallelo al piano di sollecitazione, devono essere conformi alle UNI EN 385:2003 e UNI EN 338:2004.

Elementi in legno strutturale massiccio con giunti a dita “a tutta sezione” non possono essere usati per opere in Classe di servizio 3.

#### **4.3.7 LEGNO LAMELLARE INCOLLATO CIRCOLARE**

Per quanto riguarda i giunti a dita “a tutta sezione” tra due elementi si potrà fare utile riferimento alla norma UNI EN 387:2003 “Legno lamellare incollato – Giunti a dita a tutta sezione - Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione”.

Gli elementi strutturali realizzati come sopra non possono essere usati per opere il Classe di servizio 3 quando la direzione della fibratura cambia in corrispondenza del giunto.

### **4.4 Requisiti di produzione e qualificazione**

Gli elementi strutturali di legno lamellare incollato debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080.

I produttori di elementi di legno lamellare per uso strutturale, per cui non è ancora obbligatoria la procedura della marcatura CE ai sensi del DPR 246/93, per i quali si applica il caso B di cui al § 11.1, devono essere qualificati così come specificato al § 11.7.10, cui si deve aggiungere quanto segue.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CE1 EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo, il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo.

Ai produttori di elementi in legno lamellare è fatto altresì obbligo di:

a) Sottoporre la produzione, presso i propri stabilimenti, ad un controllo continuo documentato condotto sulla base della norma UNI EN 386:2003. Il controllo della produzione deve essere effettuato a cura del Direttore Tecnico di stabilimento, che deve provvedere alla trascrizione dei risultati delle prove su appositi registri di produzione. Detti registri devono essere disponibili al Servizio Tecnico Centrale e, limitatamente alla fornitura di competenza, per il Direttore dei Lavori e il collaudatore della costruzione.

b) Nella marchiatura dell'elemento, oltre a quanto già specificato nel § 11.7.10.1, deve essere riportato anche l'anno di produzione.

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore e l'area della sezione trasversale indicati nella norma UNI EN 386:2003.

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto nella norma UNI EN 387:2003.

I giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.

#### **4.4.2 CLASSI DI RESISTENZA**

L'attribuzione degli elementi strutturali di legno lamellare ad una classe di resistenza viene effettuata dal produttore secondo quanto previsto ai punti seguenti.

### **4.4.3 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE PROPRIETÀ DELLE LAMELLE**

Le singole lamelle vanno tutte individualmente classificate dal produttore come previsto al § 11.7.2.

L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto nella norma UNI EN 1194:2000.

Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

### **4.4.4 ATTRIBUZIONE DIRETTA IN BASE A PROVE SPERIMENTALI**

Nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194:2000, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14080.

## **4.5 Pannelli a base di legno**

I pannelli a base di legno per uso strutturale, per i quali si applica il caso A di cui al § 11.1, debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 13986.

Per la valutazione dei valori caratteristici di resistenza e rigidezza da utilizzare nella progettazione di strutture che incorporano pannelli a base di legno, può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 12369-1:2002 e UNI EN 12369-2:2005.

## 4.6. Altri prodotti derivati dal legno per uso strutturale

Gli altri prodotti derivati dal legno per uso strutturale per i quali non è vigente una norma armonizzata di cui al punto A del § 11.1 o non è applicabile quanto specificato al punto C del medesimo 11.1 devono essere qualificati così come specificato al § 11.7.10.

## 4.7 Altri prodotti derivati dal legno circolare

In generale, tutti gli altri prodotti derivati dal legno, per i quali non è vigente una norma armonizzata di cui al punto A dei § 11.1 della NTC o non è applicabile quanto specificato al punto C del medesimo § 11.1, ricadono evidentemente nel caso B e devono essere qualificati così come specificato al § 11.7.10 delle NTC.

## 4.8. Adesivi

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista della struttura.

### 4.8.2 ADESIVI PER ELEMENTI INCOLLATI IN STABILIMENTO

Gli adesivi fenolici ed amminoplastici devono soddisfare le specifiche della norma UNI EN 301:2006. In attesa di una specifica normativa, gli adesivi di natura chimica diversa devono soddisfare le specifiche della medesima norma e, in aggiunta, dimostrare un comportamento allo scorrimento viscoso non peggiore di quello di un adesivo fenolico od amminoplastico così come specificato nella norma UNI EN 301:2006, tramite idonee prove comparative.

### **4.8.3 ADESIVI PER GIUNTI REALIZZATI IN CANTIERE**

In attesa di una specifica normativa europea, gli adesivi utilizzati in cantiere (per i quali non sono rispettate le prescrizioni di cui alla norma UNI EN 301:2006) devono essere sottoposti a prove in conformità ad idoneo protocollo di prova, per dimostrare che la resistenza a taglio del giunto non sia minore di quella del legno, nelle medesime condizioni previste nel protocollo di prova.

### **4.8.4 ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO**

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (metalli e non metallici, quali spinotti, chiodi, viti, piastre, ecc.) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle specifiche normative applicabili per la categoria di appartenenza.

## **4.9 Durabilità del legno e derivati**

### **4.9.2 GENERALITÀ**

La durabilità delle opere realizzate con prodotti in legno strutturali è ottenibile mediante un'accurata progettazione dei dettagli esecutivi.

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- la destinazione d'uso della struttura;
- le condizioni ambientali prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;
- le particolari misure di protezione;
- la probabile manutenzione durante la vita presunta.

adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali

### **4.9.3 REQUISITI DI DURABILITÀ NATURALE DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO**

Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato.

Per i prodotti in legno massiccio, una guida alla durabilità naturale e trattabilità delle varie specie legnose è contenuta nella norma UNI EN 350:1996 parti 1 e 2, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella norma UNI EN 460:1996.

Le definizioni delle classi di rischio di attacco biologico e la metodologia decisionale per la selezione del legno massiccio e dei pannelli a base di legno appropriati alla classe di rischio sono contenute nelle norme UNI EN 335-1: 2006, UNI EN 335-2: 2006 e UNI EN 335-3: 1998.

La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle norme UNI EN 351:1998 (Parte 1 e 2).

Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599-1:1999 e UNI EN 599.21998.

### **4.9.4 RESISTENZA ALLA CORROSIONE**

I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.

L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.

## **4.9.5 PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE**

Le caratteristiche dei materiali, indicate nel progetto secondo le prescrizioni di cui ai precedenti paragrafi o secondo eventuali altre prescrizioni in funzione della specifica opera, devono essere garantite dai fornitori e 10 produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni che seguono.

## **4.9.6 PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE CIRCOLARE**

Le procedure riguardanti la qualificazione rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale si applicano ai produttori di elementi base in legno massiccio e/o lamellare non ancora lavorati a formare elementi strutturali pronti per la massa in opera. Ai suddetti produttori il Servizio Tecnico Centrale, ultimata favorevolmente l'istruttoria, rilascia un Attestato di Qualificazione, recante il riferimento al prodotto, alla ditta allo stabilimento, al marchio. Circa quest'ultimo aspetto, si precisa che ogni produttore deve depositare presso il Servizio Tecnico Centrale il disegno del proprio marchio, che deve essere impresso in modo permanente (la caldo, con inchiostro indelebile, mediante punzonatura, etc.) su ogni elemento base prodotto.

Gli stabilimenti nei quali viene effettuata la lavorazione degli elementi base per dare loro la configurazione finale in opera (intagli, forature, applicazione di piastre metalliche, etc.), sia di legno massiccio che lamellare sono da considerarsi a tutti gli effetti dei Centri di lavorazione. Come tali devono documentare la loro attività al Servizio Tecnico Centrale il quale, ultimata favorevolmente l'istruttoria, rilascia un Attestato di denuncia di attività recante il riferimento al prodotto, alla ditta, allo stabilimento, al marchio. Circa quest'ultimo aspetto. Si precisa che ogni Centro di lavorazione deve depositare presso il Servizio Tecnico



Centrale il disegno del proprio marchio, che deve essere impresso in modo permanente (anche mediante etichettatura, etc.) su ogni elemento lavorato. Qualora nel medesimo stabilimento si produca legno base e si effettuino altresì le lavorazioni per ottenere gli elementi strutturali pronti per l'uso, allo stesso saranno i rilasciati ove sussistano i requisiti. entrambi gli Attestati.

## 4.10 Disposizioni generali

Qualora non sia applicabile la procedura di marcatura CE (di cui ai punti A e C del §11.1), per tutti i prodotti a base di legno per impieghi strutturali valgono integralmente, per quanto applicabili, le seguenti disposizioni che sono da intendersi integrative di quanto specificato al punto B del § 11.1.

Per l'obbligatoria qualificazione della produzione, i fabbricanti di prodotti in legno strutturale devono produrre al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per ciascun stabilimento, la documentazione seguente:

- l'individuazione dello stabilimento cui l'istanza si riferisce;
  - il tipo di elementi strutturali che l'azienda è in grado di produrre;
- l'organizzazione del sistema di rintracciabilità relativo alla produzione di legno strutturale;
- l'organizzazione del controllo interno di produzione, con l'individuazione di un "Direttore Tecnico della produzione" qualificato alla classificazione del legno strutturale ed all'incollaggio degli elementi ove pertinente;
  - il marchio afferente al produttore specifico per la classe di prodotti "elementi di legno per uso strutturale".

Il Direttore Tecnico della produzione, di comprovata esperienza e dotato di abilitazione professionale tramite apposito corso di formazione, assumerà le responsabilità relative alla rispondenza tra quanto prodotto e la documentazione depositata.

I produttori sono tenuti ad inviare al Servizio Tecnico Centrale, ogni anno, i seguenti documenti:

- a) una dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità della organizzazione del controllo interno di qualità o le eventuali modifiche;
- b) i risultati dei controlli interni eseguiti nell'ultimo anno, per ciascun tipo di prodotto, da cui risulti anche il quantitativo di produzione.

Il mancato rispetto delle condizioni sopra indicate, accertato anche attraverso sopralluoghi, può comportare la decadenza della qualificazione.

Tutte le forniture di elementi in legno per uso strutturale devono riportare il marchio del produttore e essere accompagnate da una documentazione relativa alle caratteristiche tecniche del prodotto.

#### **4.10.2 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI**

Tenuto conto di quanto riportato al § precedente, ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, conforme alla relativa norma armonizzata.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in lotti, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione alla destinazione d'uso.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione alla destinazione d'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di legname nonché al lotto di classificazione

Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, e dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o lotto) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marchiature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio potranno essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### **4.10.3 FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO**

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate da una copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo, finché permane la validità della qualificazione e vengono rispettate le prescrizioni periodiche di cui al § 11.7.10.1.

Sulla copia dell'attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

### **4.10.4 PRODOTTI PROVENIENTI DALL'ESTERO**

Gli adempimenti di cui al § 11.7.10 si applicano anche ai prodotti finiti provenienti dall'estero e non dotati di marcatura CE.

Nel caso in cui tali prodotti, non soggetti o non recanti la marcatura CE, siano comunque provvisti di una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità estere competenti, il produttore potrà, in alternativa, a quanto previsto al § 11.7.10.1, inoltrare al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio. Tale equivalenza è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.



## **5. PROVE DI CARICO SU PALO**

Publicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29

### **5.1.1 CIRCOLARE 02 FEBBRAIO 2009 N° 617/C.S.LL.PP.**

Publicato su S.O. n. 27 alla G.U. 26 febbraio 2009, n. 47

### **5.1.2 CIRCOLARE - 1 C6.4.3.7 PROVE DI CARICO**

L'applicazione del carico sul palo deve essere graduale e le modalità e durata della prova devono essere fissate sulla base delle caratteristiche meccaniche dei terreni. La misura degli spostamenti della testa del palo deve essere riferita a punti fissi non influenzati dalle operazioni di prova. Gli strumenti impiegati per le prove devono essere tarati e controllati.

## **5.2 Prove di progetto su pali pilota**

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi sufficientemente vicini.

L'intervallo di tempo intercorrente tra la costruzione del palo pilota e l'inizio della prova di carico deve essere sufficiente a garantire che il materiale di cui è costituito il palo sviluppi la resistenza richiesta e che le pressioni interstiziali nel terreno si riportino ai valori iniziali.

Se si esegue una sola prova di carico statica di progetto, questa deve essere ubicata dove le condizioni del terreno sono più sfavorevoli.

Le prove di progetto devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi.

Il sistema di vincolo deve essere dimensionato per consentire un valore del carico di prova non inferiore a 2,5 volte l'azione di progetto utilizzata

per le verifiche SLE. La resistenza del complesso palo-terreno è assunta pari al valore del carico applicato corrispondente ad un cedimento della testa pari al 10% del diametro nel caso di pali di piccolo e medio diametro ( $d < 80$  cm), non inferiori al 5% del diametro nel caso di pali di grande diametro ( $d > 80$  cm). Se tali valori di cedimento non sono raggiunti nel corso della prova, è possibile procedere all'extrapolazione della curva sperimentale a patto che essa evidenzi un comportamento del complesso palo-terreno marcatamente non lineare.

Per i pali di grande diametro si può ricorrere a prove statiche eseguite su pali aventi la stessa lunghezza dei pali da realizzare, ma diametro inferiore, purché tali prove siano adeguatamente motivate ed interpretate al fine di fornire indicazioni utili per i pali da realizzare. In ogni caso, la riduzione del diametro non può essere superiore al 50% ed il palo di prova deve essere opportunamente strumentato per consentire il rilievo separato delle curve di mobilitazione della resistenza laterale e della resistenza alla base.

Come prove di progetto possono essere eseguite prove dinamiche ad alto livello di deformazione, purché adeguatamente interpretate al fine di fornire indicazioni comparabili con quelle derivanti da una corrispondente prova di carico statica di progetto.

### **5.3 Prove di verifica in corso d'opera**

Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

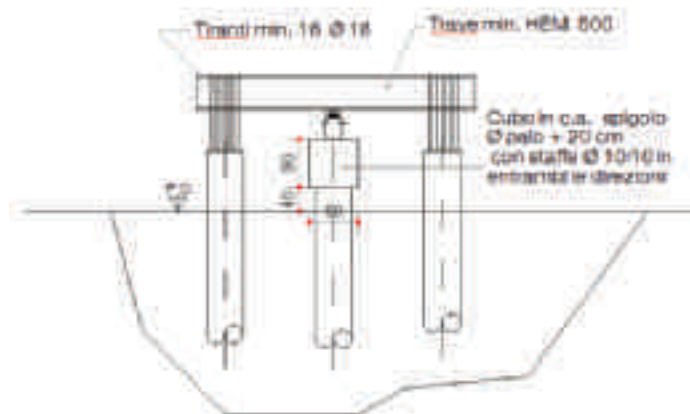
In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero  $n$  di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

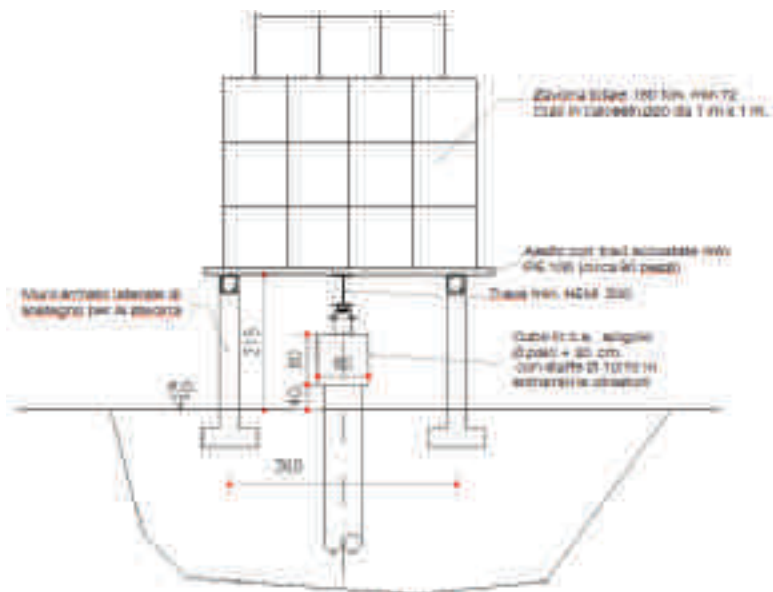
Si riportano di seguito le modalità più utilizzate per le prove su palo:



Oppure in alternativa:

Fino a 150 e  
disponendo di 3





### 5.3.2 MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLA PROVA

I carichi verticali verranno applicati seguendo due cicli di carico e scarico.

Il primo prevede 4 intervalli pari al 25% del carico di esercizio ciascuno; i livelli di carico saranno mantenuti costanti sino al sostanziale esaurimento dei cedimenti.

Le misure dei cedimenti dovranno essere continue e il successivo incremento di carico verrà imposto allorché i cedimenti possano essere considerati sostanzialmente esauriti ovvero quando l'incremento di cedimento in 20' risulta inferiore a 0.03 mm.

Raggiunte le condizioni di carico massimo verrà rilevata la curva di scarico seguendo, in ordine inverso due decrementi; il primo a metà del carico d'esercizio l'altro a carico pari a zero.

Al fine di limitare il contributo sugli spostamenti che le variazioni termiche potrebbero indurre in corso di prova, si prescrive di eseguire la prova mantenendo l'intera strumentazione coperta dall'irraggiamento diretto; ovvero di attendere che l'intera strumentazione abbia raggiunto una temperatura costante, prima della esecuzione della prova.

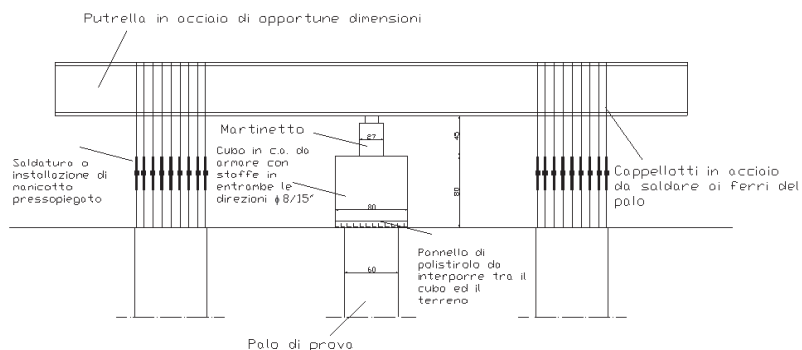
### 1° Ciclo

Step	Qe	Dt	t
1	25%	15'	15'
2	50%	15'	30'
3	75%	15'	45'
4	100%	30'	1h15'
5	50%	15'	1h30'
6	0	15'	1h45'

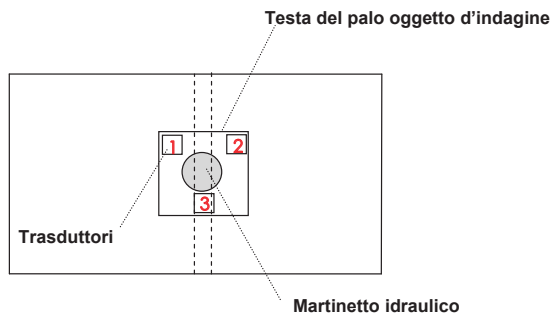
### 2° Ciclo

Step	Qe	Dt	t
1	25%	10'	10'
2	50%	10'	20'
3	75%	10'	30'
4	100%	10'	40'
5	125%	15'	55'
6	150%	30'	1h25'
7	100%	10'	1h35'
8	50%	10'	1h45'
9	0	10'	1h55'

Tale procedura è conforme a quanto riportato nel bollettino ufficiale del CNR parte 4° anno XXXIII del 22 dicembre 1999 ed alle raccomandazioni A.G.I. eventuali variazioni possono essere apportate alla detta procedura dai tecnici responsabili della valutazione dei risultati.



**Figura 2** – Schema del sistema di contrasto con pali per prove di carico orizzontali.



**Figura 3** – Schema della disposizione dei trasduttori per prove di carico a spinta verticale.

### **5.3.3 RAPPORTO FINALE**

I risultati della prova dovranno essere sintetizzati in un'apposita relazione nella quale, in particolare, sono riassunte le seguenti informazioni:

- Descrizione dettagliata delle modalità di esecuzione della prova (evidenziando eventuali problemi, anomalie....);
- Disposizione della strumentazione esterna ed interna al palo;
- Certificati di taratura degli strumenti impiegati eseguita in data non anteriore a 1 anno;
- Tabelle riepilogative e di dettaglio di tutte le misure eseguite;
- Documentazione Fotografica.
- Grafici che consentano la visualizzazione dei risultati:
  - 1) curva carico-cedimento;
  - 2) curve cedimento-tempo per ciascun livello di carico;
  - 3) curve carico-deformazione per ciascun estensimetro.

**Si riportano di seguito  
come esempi alcune foto  
di prove realizzate su palo**





## 6. PROVE DI CARICO

### 6.1 Premessa

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, non potranno avere luogo prima che la struttura o il componente strutturale da provare, abbia la configurazione di funzionamento finale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) deve essere sottoposto al Direttore dei lavori ed al Progettista e reso noto al Costruttore per accettazione. Nel caso di mancata accettazione da parte del Progettista e/o del Costruttore, il Collaudatore, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori.

Le azioni di prova devono raggiungere i valori massimi di progetto ovvero quelle che provocano il massimo cimento statico previsto nelle calcolazioni di progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Il giudizio sull'esito della prova è completa responsabilità del Collaudatore. L'esito della prova va valutato sulla base seguenti elementi:

- Le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi.
- Nel corso della prova non si siano prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera.

- La deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive accertino che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
- La deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio. Il collaudatore dovrà a priori stabilire una congrua numerosità statistica di prove ovvero il numero di cicli di prova a seconda del componente strutturale o dell'opera da collaudare. Nel caso che l'opera preveda diversi componenti strutturali, le prove dovranno essere ripetute per ogni tipologia di componente. Le prove statiche possono essere integrate da prove dinamiche che giudicano il comportamento dell'opera attraverso la risposta dinamica della struttura. In questo caso, il periodo di vibrazione fondamentale deve risultare non maggiore di quello calcolato. La validità delle prove dinamiche diventa significativa quando possono essere confrontati con prove statiche standard.

## 6.2 Azioni sulle costruzioni

### 6.2.1 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante l'esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti. Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. In linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabi-



li potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni. I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

## 6.2.2 CARICHI VARIABILI

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- Carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- Carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- Carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  sono riportati nella tabella seguente.

I carichi verticali concentrati  $Q_k$  formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento; in assenza di precise indicazioni può essere considerata una forma dell'impronta di carico quadrata pari 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si applicano su due impronte di 200x200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

Cat.	Ambienti	$q_k$	$Q_k$	$H_k$
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento).	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat.B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat.B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00

<b>C</b>	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat.C2 Balconi, Ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat.C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune.	5,00	5,00	3,00
<b>D</b>	<b>Ambienti ad uso commerciale</b>			
	Cat.D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat.D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	5,00	5,00	2,00
<b>E</b>	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale</b>			
	Cat.E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri.	≥6,00	6,00	1,00*
	Cat.E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso.	--	--	--
<b>F-G</b>	<b>Rimesse e parcheggi***</b>			
	Cat.F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	5,00	2x 10,00	1,00**
	Cat.G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	--	--	--

\*\*\*I sovraccarichi verticali concentrati formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti ripartiti; essi vanno applicati su un'impronta di 50x50 mm, salvo per la Cat. n. 8, per la quale si applicano su due impronte di 200x200 mm, distanti 1,60 m.

<b>Coperture e sottotetti</b>				
<b>H</b>	Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 Coperture praticabili	Secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	--	--	--

\*Non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* Per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

I valori riportati in tabella sono riferiti a condizioni di uso corrente delle rispettive categorie. Altri regolamenti potranno imporre valori superiori, in relazione ad esigenze specifiche. In presenza di carichi atipici (quali macchinari, serbatoi, depositi interni, impianti, ecc.) le intensità devono essere valutate caso per caso, in funzione dei massimi prevedibili: tali valori dovranno essere indicati esplicitamente nelle documentazioni di progetto e di collaudo statico.

### **6.3 Carichi variabili orizzontali**

I carichi variabili orizzontali (lineari) indicati nella tabella, devono essere utilizzati per verifiche locali e non si sommano ai carichi utilizzati nelle verifiche dell'edificio nel suo insieme. I carichi orizzontali lineari  $H_k$  devono essere applicati a pareti – alla quota di 1,20 m dal rispettivo piano di calpestio – ed a parapetti o mancorrenti – alla quota del bordo superiore. In proposito deve essere precisato che tali verifiche locali riguardano, in relazione alle condizioni d'uso, gli elementi verticali bidimensionali quali tramezzi, pareti, tamponamenti esterni, comunque realizzati, con esclusione di divisori mobili (che comunque devono garantire sufficiente stabilità in esercizio). Il soddisfacimento della prescrizione può essere documentato anche per via sperimentale, e comunque mettendo in conto i vincoli che il manufatto possiede e tutte le risorse che il tipo costruttivo consente.













## 7. LIVELLI DI CONOSCENZA

### 7.1 Si distinguono tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

### 7.2 Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti;
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

Livello di Conoscenza	Geometria Carpenterie	Dettagli strutturali	Proprietà dei Materiali	Metodi di Analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <b>imitate</b> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <b>imitate</b> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegno costruttivi incompleti con <b>imitate</b> verifiche in situ oppure estese verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <b>imitate</b> prove in situ oppure <b>estese</b> prove in situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <b>imitate</b> verifiche in situ oppure <b>esausitive</b> verifiche in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <b>estese</b> prove in situ oppure <b>esausitive</b> prove in situ	Tutti	1.00

La definizione dei termini “Limitate”, “estensive”, “esaustive” è fornita nella seguente tabella:

	Rilievo (dei dettagli costruttivi) (a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
	Per ogni tipo di elemento “primario” (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell’edificio, 1 campione di armatura per piano dell’edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell’edificio, 2 campioni di armatura per piano dell’edificio.
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi.	3 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell’edificio, 3 campioni di armatura per piano dell’edificio

Tabella 11.2a

### ***geometria***

- a) identificazione dell’organismo strutturale
- b) identificazione delle strutture di fondazione
- c) identificazione del sistema resistente alle forze orizzontali in entrambe le direzioni
- d) tessitura dei solai
- e) dimensioni geometriche di travi, pilastri e pareti
- f) larghezza delle ali di travi a T
- g) possibili eccentricità fra travi e pilastri ai nodi

### ***dettagli costruttivi***

- a) quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri e pareti
- b) quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro (passo staffe, chiusura ....)

- c) quantità di armatura longitudinale nei solai che contribuisce al momento negativo di travi a T
- d) lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali
- e) spessore del copriferro
- f) lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre

### ***proprietà dei materiali***

- a) resistenza del calcestruzzo
- b) resistenza a snervamento, di rottura, e deformazione ultima dell'acciaio
- c) *profondità di carbonatazione del calcestruzzo*
- d) *eventuale corrosione dell'acciaio*
- e) *composizione del calcestruzzo*

## **Livello di Conoscenza Limitata LC1**

### *Geometria*

- a) Nota dal rilievo o dai disegni originali verificati a campione.

### *Dettagli costruttivi*

- a) Non disponibili dalle documentazioni.
- b) Ricavabili da un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca.

### *Proprietà dei materiali*

- a) Non disponibili dalle documentazioni (assenti certificazioni di prova originali)
- b) Riferimento a valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca con **limitate** prove in situ.

## **Livello di Conoscenza Adeguata LC2**

### *Geometria*

- a) Nota dal rilievo o dai disegni originali verificati a campione.
- b) Dettagli strutturali incompleti.

### *Dettagli costruttivi*

- a) Parzialmente noti dal progetto originale.
- b) Limitate verifiche in situ di armature e collegamenti.

### *Proprietà dei materiali*

- a) Disponibili dalle documentazioni (certificazioni i prova originali) con **limitate** verifiche in situ.
- b) Oppure noti da estese verifiche in situ.

## **Livello di Conoscenza Accurata LC3**

### *Geometria*

- a) Nota dal rilievo o dai disegni originali verificati a campione.
- b) Dettagli strutturali completi.

### *Dettagli costruttivi*

- a) Noti dal progetto originale.
- b) Oppure noti da **estese** verifiche in situ di armature e collegamenti.

### *Proprietà dei materiali*

- a) Disponibili dalle documentazioni (certificazioni i prova originali) con **estese** verifiche in situ.
- b) Oppure noti da **esaustive** verifiche in situ.

## 7.2.1 Geometria

Per tutti i livelli di conoscenza, la geometria della struttura deve essere nota fino al punto da consentire la messa a punto di un modello strutturale. Informazioni sulla geometria possono ottenersi dai disegni strutturali originali o da un apposito rilievo. Nel primo caso è necessario effettuare un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. Nel caso si riscontri una marcata differenza tra costruito e disegni, sarà necessario aumentare il numero di elementi strutturali da rilevare. Per la determinazione della geometria strutturale in situ, quando non in vista, è preferibile ricorrere a indagini non distruttive (percuSSIONe, tomografia, georadar, pacometm, ecc.) in quanto meno invasive nei confronti delle finiture. Nel caso si debba necessariamente rimuovere l'intonaco per una analisi visiva, è opportuno selezionare gli elementi strutturali da indagare nelle zone comuni o in un eventuale piano scantinato, soffitta o garage, per ridurre l'impatto della rimozione dell'intonaco. La presenza di travi ad altezza permette di individuare gli allineamenti dei pilastri. Per la determinazione dello spessore dei pilastri può essere opportuno rifarsi allo spessore della tamponatura, misurabile in corrispondenza delle aperture (finestre e porte finestre). Lo spessore dei solai e dell'altezza di interpiano può essere determinato più agevolmente nel vano scala.

## 7.2.2 Dettagli costruttivi

I dettagli costruttivi, quantità e disposizione delle armature, devono essere noti fino al punto da consentire le verifiche di sicurezza nel caso di analisi lineare o per la messa a punto del modello strutturale nel caso di analisi non lineare. Informazioni sui dettagli possono essere disponibili dai disegni costruttivi, da un progetto simulato, eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione, o da appositi rilievi in situ.

È comunque richiesta una limitata verifica in situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. Nella determinazione del livello di conoscenza ha influenza il tipo di verifica (L1 o L2) e la documentazione disponibile, secondo quanto nel seguito specificato. Per strutture per le quali è possibile considerare il solo livello di verifica L1 sarà necessario effettuare almeno limitate verifiche in situ. In questo caso, in base alla documentazione disponibile, il livello di conoscenza, relativamente ai soli dettagli costruttivi, sarà determinato come:

- assenza di elaborati di armatura LC1
- elaborati di armatura incompleti LC2
- elaborati di armatura completi LC3

Nel primo e nel secondo caso sarà necessario effettuare un progetto simulato, secondo la pratica dell'epoca della costruzione. Nel caso vi siano marcate discordanze tra la documentazione disponibile (progetto simulato o elaborati completi od incompleti) e le armature riscontrate in opera sarà valutata la necessità, in relazione ai riflessi sul deficit di capacità della struttura, di aumentare le percentuali di elementi strutturali sottoposti ad indagine, per mantenere lo stesso livello di conoscenza, o di attestarsi su di un livello di conoscenza inferiore.

Per strutture per le quali è necessario considerare il livello di verifica L2 non è possibile adottare il livello di conoscenza LC1. In assenza di elaborati di armature, anche incompleti, sarà necessario redigere un progetto simulato, secondo la pratica dell'epoca della costruzione, ed effettuare estese indagini in situ. In caso di presenza di elaborati di armatura è necessario effettuare almeno limitate indagini in situ. Si ha pertanto, relativamente ai soli dettagli costruttivi:

- assenza di elaborati di armatura, estese verifiche in situ LC2
- elaborati di armatura incompleti, limitate verifiche in situ LC2
- elaborati di armatura completi, limitate verifiche in situ LC3

Nel primo e nel secondo caso sarà necessario effettuare un progetto simulato, secondo la pratica dell'epoca della costruzione. Nel caso vi siano marcate discordanze tra la documentazione disponibile (progetto simulato o elaborati completi od incompleti] e le armature riscontrate in opera sarà necessario aumentare le percentuali di elementi strutturali sottoposti ad indagine per mantenere lo stesso livello di conoscenza, o attestarsi su di un livello di conoscenza inferiore, ma almeno pari a LC2. La determinazione dei dettagli costruttivi in genere richiede la rimozione dell'intonaco e del copriferro per una indagine visiva e strumentale. Le zone da indagare sono da individuare in corrispondenza degli elementi strutturali che hanno maggior influenza sulla risposta strutturale, esempio pilastri corti, piano pilotis, attacco in fondazione dei pilastri, travi di accoppiamento delle pareti, ecc.

Per limitare l'impatto dovuto alla rimozione dell'intonaco e del copriferro, che andranno comunque ripristinati, è preferibile che gli elementi da indagare siano posizionati nelle zone comuni, negli scantinati, nelle soffitte, nei garages.

In generale, alcune caratteristiche delle armature sono di difficile determinazione. In particolare l'armatura superiore delle travi, in corrispondenza degli appoggi, non è accessibile, se non con una onerosa rimozione del pavimento. Risulta invece accessibile l'armatura inferiore delle travi agli appoggi, che peraltro, soprattutto negli edifici non antisismici, non è una armatura di calcolo e quindi non può servire per confermare o meno i risultati di un progetto simulato. Sempre sulle travi risulta accessibile l'armatura inferiore in mezzera, che non ha riflessi diretti sulla verifica sismica, ma che può confermare o meno i risultati di un progetto simulato. Per quanto riguarda le staffe nelle travi in genere non è possibile determinare il tipo di chiusura, in quanto posizionato all'estradosso, né è possibile determinare facilmente la presenza di ferri piegati. Non è quindi possibile, in generale, utilizzare l'armatura trasversale come conferma o meno del progetto simulato.



I pilastri sono generalmente più accessibili delle travi ed è possibile determinare l'armatura sia al nodo inferiore che in quello superiore. Poiché tra le voci di costo compare la demolizione ed il ripristino della tamponatura, andranno indagati preferibilmente pilastri senza tamponatura.

A volte risultano non accessibili tutte le facce del pilastro (ad esempio negli edifici adiacenti]. Sia nelle travi che nei pilastri le lunghezze di sovrapposizione, così come le armature nei nodi trave-pilastro, non sono facilmente determinabili, a meno di estese demolizioni. Pertanto è opportuno limitarsi a saggi campione ed all'uso di tecniche non distruttive. Per la maggior importanza nella risposta strutturale è preferibile determinare con maggior precisione le armature nei pilastri che nelle travi. Dove possibile è opportuno utilizzare metodi non distruttivi per la determinazione della quantità e posizione delle armature. Ad esempio una volta emerso che nei pilastri le armature presentano tutte uguale diametro, potrebbe essere sufficiente determinare la soia posizione delle barre con metodi non distruttivi.

Per tener conto delle ripetitività di elementi strutturali, l'indagine sui dettagli costruttivi può comprendere le seguenti fasi:

- Fase 1. Accorpare gli elementi strutturali primari in classi, tenendo conto della ripetitività legata alla dimensione ed al ruolo svolto dall'elemento nella struttura;
- Fase 2. Per ogni classe determinare il numero di elementi presenti, e, applicando le percentuali legate al livello di conoscenza da raggiungere sulla base della documentazione disponibile, determinare il numero di elementi da indagare.
- Fase 3. Determinare la posizione degli elementi da indagare, suddividendo gli stessi nelle diverse parti della struttura in accordo alle classi di appartenenza e in relazione all'importanza degli elementi nella risposta strutturale, riducendo nel contempo al minimo l'impatto sulla struttura e sulle finiture;

Fase 3. Effettuare i rilievi

Fase 4. Confrontare i risultati del rilievo con quanto atteso, cioè con le armature da disegni costruttivi o con le armature previste dal progetto simulato. Il confronto andrà effettuato valutando il valore medio e la dispersione del rapporto tra armature attese ed armature riscontrate per gruppi di elementi strutturali omogenei.

Fase 5. Sulla base del confronto, eventualmente prevedere un supplemento di indagine

Fase 6. Estrapolare i risultati del confronto al resto della struttura. In questo caso ci si orienterà tenendo conto del rapporto tra armature riscontrate ed attese per gruppi di elementi strutturali omogenei, purché il numero di dettagli rilevati sia statisticamente significativo differenziare le due variabili numero delle barre e sezione delle stesse.

### **7.2.3 Proprietà dei materiali**

Le proprietà dei materiali, resistenza del calcestruzzo e dell'acciaio, allungamento dell'acciaio, devono essere noti per consentire le verifiche di sicurezza nel caso di analisi lineare o per la messa a punto del modello strutturale nel caso di analisi non lineare. Informazioni sui materiali possono essere disponibili dai certificati originali o dalle specifiche di progetto, dai valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca o da apposite indagini in situ. È comunque richiesta una limitata verifica in-situ delle proprietà dei materiali. Nella determinazione del livello di conoscenza ha influenza il tipo di verifica (L1 o L2) e la documentazione disponibile, secondo quanto nel seguito specificato. Per strutture per le quali è possibile considerare il solo livello di verifica L1 sarà necessario effettuare almeno limitate verifiche in situ. In questo caso, in base alla documentazione disponibile, il livello di conoscenza, relativamente alle sole proprietà dei materiali, sarà determinato come:

assenza di specifiche di progetto e di certificati di prova originali LC1  
presenza di specifiche di progetto o di certificati di prova originali LC2

Nel caso vi siano marcate discordanze tra la documentazione disponibile (specifiche di progetto o certificati originali di prova) e le resistenze riscontrate in opera sarà necessario aumentare le percentuali di elementi strutturali sottoposti ad indagine, per mantenere lo stesso livello di conoscenza, o attestarsi su di un livello di conoscenza inferiore. Per strutture per le quali è necessario considerare il livello di verifica L2 non è possibile adottare il livello di conoscenza LC1. In assenza di documentazione (specifiche di progetto e certificati originali di prova) sarà necessario effettuare estese indagini in situ. In caso di presenza di documentazione è sufficiente effettuare almeno limitate indagini in situ. Si ha pertanto, relativamente alle sole proprietà dei materiali:

- assenza di specifiche di progetto e certificati, estese verifiche in situ LC2
- presenza di specifiche di progetto o certificati, limitate verifiche in situ LC2

Nel caso vi siano marcate discordanze tra la documentazione disponibile e le resistenze riscontrate in opera sarà necessario aumentare le percentuali di elementi strutturali sottoposti ad indagine, per mantenere lo stesso livello di conoscenza. La determinazione della resistenza dei materiali richiede la rimozione di intonaco (in genere anche nei casi di prove non distruttive) e l'asportazione di materiale strutturale. Per la selezione degli elementi da indagare valgono quindi le osservazioni già riportate a proposito della determinazione dei dettagli costruttivi, con l'aggiunta che prelievi di armatura e carotaggi sono preferibili ad un quarto della luce nelle travi e a metà altezza nei pilastri. Si richiama l'opportunità di disporre di carote in calcestruzzo di opportune dimen-

sioni, anche in relazione al diametro massimo degli inerti, compatibilmente con la dimensione dei pilastri. Da questo punto di vista è opportuno prelevare il calcestruzzo nei pilastri di dimensioni maggiori. A valle delle prove è necessario ripristinare le armature (con spezzoni saldati, se possibile, o adeguatamente sovrapposti) ed il copriferro, nel caso di prelievo di armatura, e il materiale estratto nel carotaggio (con malte a ritiro controllato), nel caso di prelievo di calcestruzzo, oltre, naturalmente, alle finiture. Riguardo alla necessità di tener conto dei diametri delle armature (con esclusione delle staffe) si suggerisce di effettuare prove su spezzoni di diametro diverso ai diversi piani. Riguardo alla possibilità di sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive, si suggerisce di tenere conto del costo associato. Le prove non distruttive, singole o combinate, richiedono comunque la rimozione dell'intonaco, la preparazione della superficie, ed il successivo ripristino della finitura. Il costo di tali operazioni quando moltiplicato per 3, potrebbe essere maggiore di quello di una prova distruttiva. L'utilizzo di prove non distruttive potrebbe invece risultare necessario nel caso non sia possibile estrarre dai pilastri, perché di dimensioni troppo modeste, carote di opportuno diametro.

Il professionista, qualora abbia determinato, anche facendo uso di indagini non distruttive, che la capacità dell'edificio è di gran lunga condizionata solo da alcuni elementi primari, (p. es. i pilastri più critici delle travi) potrà decidere di limitare i prelievi prevalentemente ai primi. Le fasi dell'indagine sulle proprietà dei materiali possono essere così riassunte:

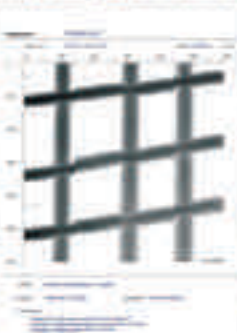
**Fase. 1** Individuazione del numero iniziale di carote e di spezzoni di armatura da prelevare, sulla base del numero di piani dell'edificio, del numero di elementi primari (travi, pilastri, pareti, ecc.), della superficie di piano e della presunta omogeneità del materiale.

- Fase 2. Eventualmente sostituire non più del 50% delle prove distruttive con un numero almeno triplo di prove non distruttive.
- Fase 3. Determinare il diverso numero di diametri di armature, con esclusione delle staffe.
- Fase 4. Determinare la posizione degli elementi da indagare, tenendo conto dell'importanza degli elementi alla risposta strutturale, del diametro delle barre, e riducendo nel contempo al minimo l'impatto sulla struttura e sulle finiture.
- Fase 3. Effettuare i rilievi
- Fase 4. Confrontare i risultati del rilievo con quanto atteso, cioè le resistenze riscontrate con quanto previsto nei certificati originali di prova o dalle specifiche di progetto. Il confronto andrà ovviamente effettuato in termini di grandezze omogenee (valori medi o caratteristici, resistenze cubiche o cilindriche).
- Fase 5. Prevedere sulla base del confronto, o comunque per dispersioni particolarmente elevate, un eventuale supplemento di indagine
- Fase 6. Estrapolare i risultati del confronto al resto della struttura. In questo caso ci si orienterà tenendo conto del rapporto tra resistenza media riscontrata ed attesa, purché il numero di prelievi sia statisticamente significativo. Nell'estrapolazione potrebbe essere significativo, se i prelievi sono in numero sufficiente e nel caso di evidenza sperimentale, differenziare le resistenze per piano.

# Indagini Palazzo di Giustizia L'Aquila



LABORATORIO EDIL - TEST S.r.l.



Controlli per la determinazione della vulnerabilità sismica dell'edificio

## 8. LIVELLI DI CONOSCENZA E PROVE SU MURATURA

Particolare attenzione è riservata alla valutazione della qualità muraria, con riferimento agli aspetti legati al rispetto o meno della “regola dell’arte”.

L’esame della qualità muraria e l’eventuale valutazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche hanno come finalità principale quella di stabilire se la muratura in esame è capace di un comportamento strutturale idoneo a sostenere le azioni statiche e dinamiche prevedibili per l’edificio in oggetto, tenuto conto delle categorie di suolo, opportunamente identificate, secondo quanto indicato al § 3.2.2 delle NTC.

Di particolare importanza risulta la presenza o meno di elementi di collegamento trasversali (es. diatoni), la forma, tipologia e dimensione degli elementi, la tessitura, l’orizzontalità delle giaciture, il regolare sfalsamento dei giunti, la qualità e consistenza della malta.

Di rilievo risulta anche la caratterizzazione di malte (tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, livello di carbonatazione), e di pietre e/o mattoni (caratteristiche fisiche e meccaniche) mediante prove sperimentali. Malte e pietre sono prelevate in situ, avendo cura di prelevare le malte all’interno (ad almeno 5-6 cm di profondità nello spessore murario).

Dalle NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 ed in particolare nella Circolare del 2 febbraio 2009 al paragrafo C8A.1.A.3 si distinguono:

### Verifiche in situ LIMITATE

*“Servono a completare le informazioni sulle proprietà dei materiali ottenute dalla letteratura, o dalle regole in vigore all’epoca della costru-*

zione, e per individuare la tipologia della muratura (in Tabella C8A.2.1 sono riportate alcune tipologie più ricorrenti). Sono basate su esami visivi della superficie muraria. Tali esami visivi sono condotti dopo la rimozione di una zona di intonaco di almeno 1m x 1m, al fine di individuare forma e dimensione dei blocchi di cui è costituita, eseguita preferibilmente in corrispondenza degli angoli, al fine di verificare anche le ammorsature tra le pareti murarie. È da valutare, anche in maniera approssimata, la compattezza della malta. Importante è anche valutare la capacità degli elementi murari di assumere un comportamento monolitico in presenza delle azioni, tenendo conto della qualità della connessione interna e trasversale attraverso saggi localizzati, che interessino lo spessore murario”

## **Verifiche in situ ESTESE**

“Le indagini di cui al punto precedente sono effettuate in maniera estesa e sistematica, con saggi superficiali ed interni per ogni tipo di muratura presente. Prove con martinetto piatto doppio e prove di caratterizzazione della malta (tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, etc.), e eventualmente di pietre e/o mattoni (caratteristiche fisiche e meccaniche) consentono di individuare la tipologia della muratura (si veda la Tabella C8A.2.1 per le tipologie più ricorrenti). È opportuna una prova per ogni tipo di muratura presente. Metodi di prova non distruttivi (prove soniche, prove sclerometriche, penetrometriche per la malta, etc.) possono essere impiegati a complemento delle prove richieste. Qualora esista una chiara, comprovata corrispondenza tipologica per materiali, pezzatura dei conci, dettagli costruttivi, in sostituzione delle prove sulla costruzione oggetto di studio possono essere utilizzate prove eseguite su altre costruzioni presenti nella stessa zona. Le Regioni potranno, tenendo conto delle specificità costruttive del proprio territorio, definire zone omogenee a cui riferirsi a tal fine.”



## Verifiche in situ ESAUSTIVE

*“Servono per ottenere informazioni quantitative sulla resistenza del materiale. In aggiunta alle verifiche visive, ai saggi interni ed alle prove di cui ai punti precedenti, si effettua una ulteriore serie di prove sperimentali che, per numero e qualità, siano tali da consentire di valutare le caratteristiche meccaniche della muratura. La misura delle caratteristiche meccaniche della muratura si ottiene mediante esecuzione di prove, in situ o in laboratorio (su elementi non disturbati prelevati dalle strutture dell’edificio).*

*Le prove possono in generale comprendere prove di compressione diagonale su pannelli o prove combinate di compressione verticale e taglio. Metodi di prova non distruttivi possono essere impiegati in combinazione, ma non in completa sostituzione di quelli sopra descritti. Qualora esista una chiara, comprovata corrispondenza tipologica per materiali, pezzatura dei conci, dettagli costruttivi, in sostituzione delle prove sulla costruzione oggetto di studio possono essere utilizzate prove eseguite su altre costruzioni presenti nella stessa zona.*

*Le Regioni potranno, tenendo conto delle specificità costruttive del proprio territorio, definire zone omogenee a cui riferirsi a tal fine”.*

## PROVA CON MARTINETTI PIATTI

Tra le varie prove in situ oggi disponibili, quella con i martinetti piatti è particolarmente interessante perché consente di fornire informazioni attendibili sulle principali caratteristiche meccaniche di una struttura in termini di deformabilità, stato di sforzo e resistenza.

La prova si può definire **“quasi non distruttiva”** e si articola in due fasi distinte:

1. Misura dello stato di sollecitazione (prova con martinetto singolo);

2. Determinazione delle caratteristiche di deformabilità e della tensione di collasso per compressione (prova con martinetto doppio).

L'indagine con il **martinetto piatto singolo** consiste nell'eseguire un taglio in un elemento strutturale per poi applicare sulle superfici del taglio una pressione nota che porti al ripristino delle condizioni iniziali del corpo. L'esecuzione di un taglio piano in direzione normale alla superficie di un elemento provoca una richiusura dei lembi della fessura; introducendo un martinetto piano all'interno della fessura (ossia introducendo una tasca metallica molto sottile nella quale si può iniettare olio a pressione nota) è possibile riportare i lembi della fenditura nelle condizioni iniziali.

Dalla forza esercitata del martinetto per ripristinare la situazione iniziale è possibile individuare lo stato tensionale originariamente presente nella muratura.

L'indagine con **doppio martinetto piatto** si basa sul fatto di eseguire due tagli paralleli nella muratura a debita distanza, indicativamente da 40 a 80 cm, a seconda della muratura, all'interno dei quali posizionare due martinetti piatti. Mandando contemporaneamente in pressione i due martinetti si provoca uno stato di tensione monoassiale sulla porzione di muratura compresa fra i due martinetti, riproducendo quindi una prova in condizioni simili a quelli di un test uniassiale convenzionale.

La misura degli spostamenti va effettuata con comparatori collocati nella zona compresa tra i due martinetti.

La prova può proseguire fino al raggiungimento di pressioni molto superiori a quelle iniziali, in modo da ottenere indicazioni sulle caratteristiche di resistenza a collasso della muratura.

Dal rapporto tra la tensione applicata e la deformazione misurata si ricava il valore del modulo elastico della muratura. Per valutare la resistenza limite a compressione della muratura il carico viene aumentato fino all'apparire delle prime microfratture nei mattoni.



Prova con martinetti Doppio eseguita presso la Parrocchia S.Maria degli Angeli Santuario Diocesano di San Pio da Pietrelcina, Pietrelcina (BN)



Prova con martinetti Singolo eseguita presso la sede Comune di Amatrice Corso Umberto I, 70 - Amatrice (RI)

## PROVA SONICA SU MURATURA

Le prove soniche sfruttano la propagazione nel materiale di onde elastiche di compressione generate da un breve impatto elasto-meccanico sulla superficie, per indagare la condizione del materiale nel suo interno, ovvero per localizzare eventuali disomogeneità, vuoti e difettosità presenti nella sezione indagata.

Un martello strumentato (collegato ad un sistema di acquisizione che consente di registrare la funzione tempo-ampiezza della forza esercitata all'impatto) è la fonte dell'onda acustica che si genera dall'impatto della massa battente sulla superficie di prova.

Un sensore ricevente s'incarica di registrare e trasmettere al sistema di acquisizione la risposta del materiale alla propagazione del segnale nella sezione, risposta che verrà registrata come forma d'onda che rappresenta le variazioni di ampiezza delle vibrazioni avvenute alla superficie in un breve lasso di tempo.

La propagazione dell'onda nel materiale sarà influenzata dalla geometria della sezione oltrechè dalle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale o dei materiali attraversati.

Dalla disposizione relativa tra trasmittente e ricevente si diversificano due varie tecniche di conduzione delle prove soniche.

- a) per trasmissione diretta del segnale, ossia per trasparenza (quando la stazione trasmittente e ricevente si trovano sulle due superfici opposte della parete);
- b) per trasmissione indiretta del segnale, ossia per trasmissione superficiale, quando stazione trasmittente e ricevente sono collocate sulla stessa superficie di prova ma distanziate tra loro;

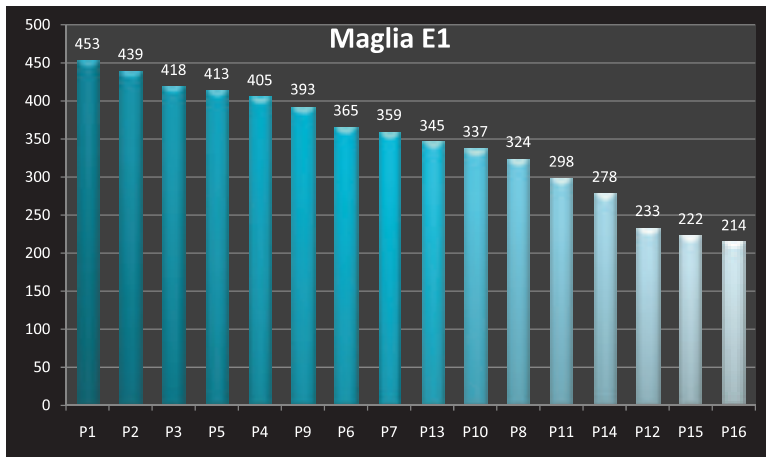
In ogni caso, i parametri estratti da ciascuna coppia di forme d'onda registrate sono generalmente l'attenuazione subita dal segnale lungo il percorso di propagazione e il cosiddetto "tempo di volo" ossia il tempo

intercorso tra l'inizio del segnale trasmesso e l'inizio del segnale ricevuto.

I risultati ottenuti ed espressi in forma tabellare, possono poi essere presentati in varie maniere grafiche, anche come mappe di velocità soniche.



## Esecuzione della prova sonora



## Risultati prova sonora

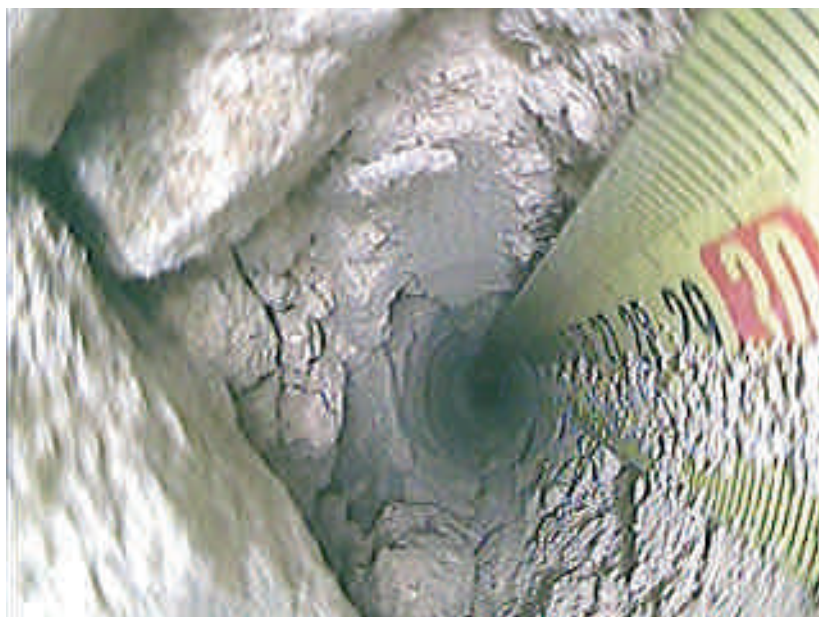
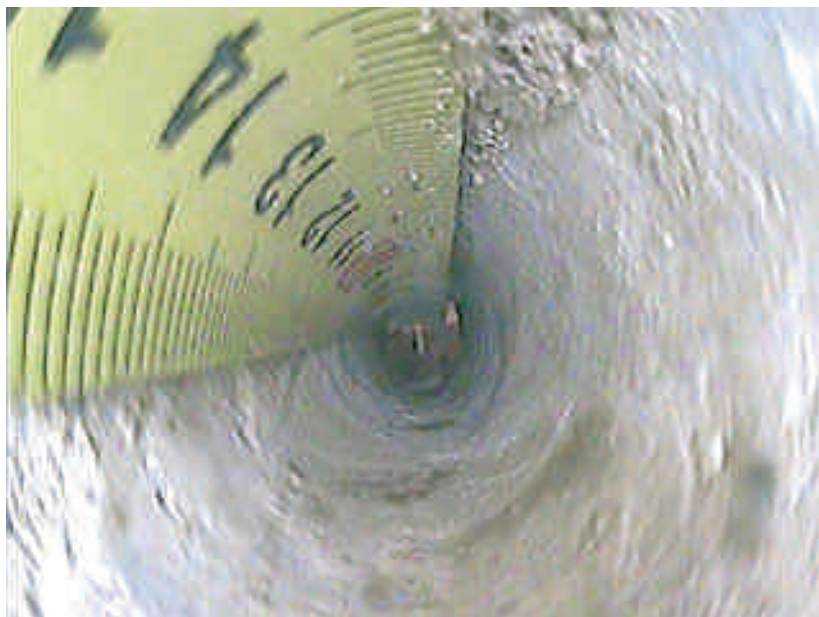
### ESAME ENDOSCOPICO

L'esame endoscopico ha lo scopo di definire la morfologia costruttiva e la geometria delle strutture portanti e non portanti in elevazione, rilevando la stratigrafia e, qualitativamente, la composizione e lo stato di conservazione dei materiali, il livello di coesione dell'insieme malta-elementi resistenti, la presenza di eventuali cavità e discontinuità della tessitura muraria.

L'indagine stratigrafica sulle strutture portanti in elevazione viene effettuata con apparecchiatura endoscopica con sonda ottica e videocamera a colori incorporata; è poi possibile scaricare su PC le immagini acquisite.

La sonda viene inserita in fori preliminarmente eseguiti nella struttura da esaminare tramite micro carotaggio.







## 9. MONITORAGGIO STRUTTURALE

Il monitoraggio strutturale è uno dei metodi più moderni e tecnologicamente avanzati per scongiurare incidenti e disastri che possono essere causati da alcuni eventi naturali (subsidenza, frane, alluvioni etc.), dall'invecchiamento fisiologico dei fabbricati o da una mancata esecuzione dei lavori a "regola d'arte".

Il monitoraggio consente la misurazione, periodica o continua, del comportamento degli elementi strutturali interessati dall'indagine, rendendo possibile, quindi, uno studio accurato della vita dell'edificio rilevando ogni minimo movimento in qualsiasi direzione (orizzontale, verticale e rotativo).

Molte volte si tratta di monitoraggi a scopi precauzionali su strutture che non hanno subito danni evidenti ma, dalla comparsa di alcune lesioni o piccole crepe, si nota un piccolo movimento di alcuni elementi che compongono l'edificio stesso.

Altre volte capita che, per motivi economici o per motivi di tutela del patrimonio storico-artistico, non è possibile procedere alle opere di messa in sicurezza degli edifici e l'unico modo per salvaguardare la pubblica incolumità è il monitoraggio di dette strutture.

Tramite il monitoraggio, dunque, è possibile stabilire una diagnosi esatta degli spostamenti dell'edificio utile per due motivi:

- In caso di superamento della soglia di tranquillità, si dà l'allarme per una eventuale evacuazione dell'edificio;
- In caso di esecuzione di opere di messa in sicurezza, si quantifica l'entità esatta dei lavori da eseguire.

## Modalità di esecuzione del monitoraggio strutturale

Esistono due tipologie di monitoraggio strutturale:

- Monitoraggio periodico;
- Monitoraggio continuo

### Monitoraggio periodico

Il monitoraggio periodico consiste nella misurazione periodica degli spostamenti e del quadro fessurativo dell'edificio oggetto di indagine.

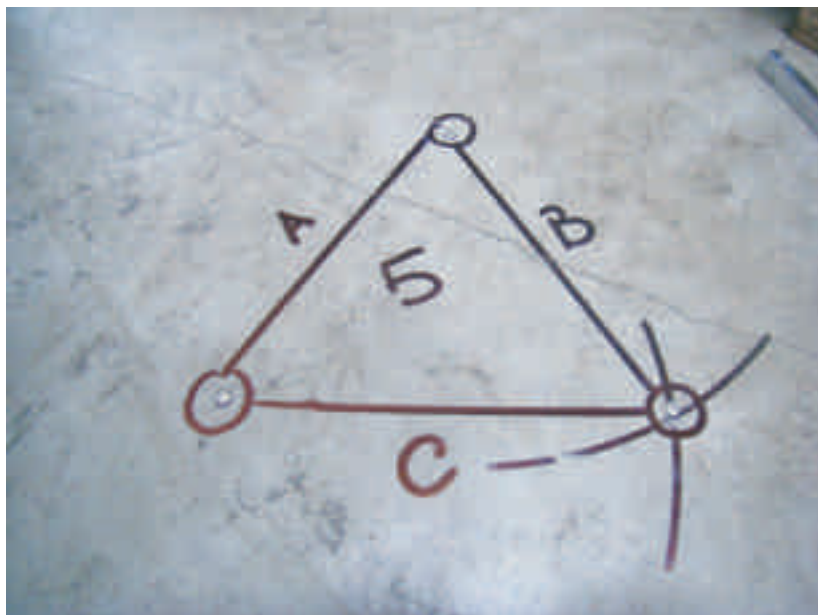
Le misurazioni degli spostamenti possono essere effettuate con un'attrezzatura di livellazione geometrica di alta precisione costituita con autolivelli digitali GeoTop TopCon DL-101C (deviazione standard per Km di doppio livellamento pari a  $\pm 1.0$  mm, risoluzione massima 0.01 mm) e stadi di riferimento in invar posizionate sugli elementi strutturali indagati.

Le misurazioni del quadro fessurativo può avvenire con l'uso di un micrometro analogico e/o digitale e chiodi metallici, disponendo chiodi d'acciaio o di ottone in modo tale da effettuare una triangolazione ai lati del ventre della fessura, come mostrato nelle figure, i chiodi possono essere fissati anche con resine facendo comunque attenzione a non arrecare disturbo allo stato fessurativo locale.

La periodicità delle misurazioni è influenzata da diversi fattori:

- Tipo di infrastruttura indagata (Edifici industriali, abitazioni, edifici pubblici, ponti etc.);
- Elemento strutturale oggetto di indagine (Pavimentazioni, Telai in cls etc.);
- Entità degli spostamenti (È comunque opportuno effettuare una prima serie di letture a breve periodo).





## Monitoraggio continuo

Il monitoraggio continuo consiste, a differenza di quello periodico, in un'acquisizione continua di tutti gli spostamenti dell'edificio oggetto di indagine.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da una centralina elettronica di acquisizione dati. Le centraline utilizzate dal Laboratorio Edil-Test s.r.l. sono in genere quella prodotta dalla ditta ING. PIZZI di Firenze, è denominata CUM 2000 e della Società MAE denominata DL-8 che hanno la possibilità di acquisire dati da 24 strumenti diversi, interrogandoli contemporaneamente in modo differenziato ogni  $\Delta_t$  fissato. La centralina CUM 2000 è dotata di modem e con l'inserimento di una scheda GSM è possibile effettuare la lettura e lo scarico dei dati anche via Etere.

È possibile, inoltre, fissare un limite, o soglia superiore, per ogni strumento, superato il quale scatta un sistema di allarme, il cui segnale, collegato via modem, può essere trasferito in qualsiasi sede. Il controllo delle rotazioni è reso da dei clinometri biassiali. In alternativa è possibile effettuare un monitoraggio manuale degli spostamenti realizzato attraverso un deformometro con precisione millesimale e delle relative dime di misura opportunamente applicate.

## Misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

Si definiscono metodi di misura delle vibrazioni degli urti trasmessi agli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi, al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti.

Normative di riferimento.

Vibrazioni meccaniche ed urti – Metodi di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo (UNI 11048:2003).

Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione (UNI 9614:1990)

## Misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

Si definiscono appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Normativa di riferimento di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici (UNI 9916:204)

### SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Sono possibili, in generale, applicazioni a tutte le tipologie di edifici di carattere abitativo, industriale e monumentale. Effetti di vibrazione generati da terremoti e onde marine non sono oggetto di tali valutazioni. Tali valutazioni si limitano agli effetti della vibrazione che comportano l'insorgere di "danno architettonico o di soglia" ove si intende un danno dovuto ad un effetto residuo della vibrazione che comporti alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza compromettere la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Le valutazioni non sono utilizzabili per insorgenza di "danno maggiore" ove si intende il danneggiamento di elementi strutturali.

### CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI RILEVATI

È necessario ottenere una documentazione completa sull'edificio prima di dare una valutazione del rischio di danno connesso con il fenomeno vibratorio in esame:

- Caratteristiche costruttive dell'edificio;
- Stato di conservazione;
- Caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno;

### MISURA DELLE VIBRAZIONI

Il moto può essere misurato attraverso una qualunque delle grandezze cinematiche che lo caratterizzano (accelerazione, velocità, spostamento). L'accelerazione è la grandezza più facilmente misurabile grazie alla disponibilità di strumenti detti accelerometri.

# 10. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STATICO MEDIANTE L'UTILIZZO DI COMPOSITI FIBRORINFORZATI – NORME CNR - DT-200/2004

## 10.1 Installazione, monitoraggio e controllo

Il funzionamento ottimale di un rinforzo strutturale di materiale composito è subordinato a diversi fattori.

Tra questi, oltre quelli già richiamati nei precedenti capitoli, rientrano la preparazione del substrato su cui il rinforzo è applicato e la sua messa in opera. Il peso di ciascuno di questi aspetti varia a seconda che ci si riferisca ad applicazioni “per aderenza” (rinforzo a flessione o a taglio) o applicazioni “per contatto” (confinamento passivo di pilastri).

A titolo esemplificativo, possono essere omesse alcune verifiche relative alla qualità del substrato quando la configurazione del rinforzo lo consenta (per esempio nel caso di applicazioni in avvolgimento come le fasciature chiuse di confinamento) ovvero quando siano previsti appositi dispositivi di ancoraggio collaudati indipendentemente.

Una volta che un intervento di rinforzo sia stato realizzato, è necessario procedere al suo controllo e, in seguito, al suo eventuale monitoraggio nel tempo mediante prove non distruttive o parzialmente distruttive.

Il presente documento descrive le prove che possono effettuarsi per verificare il livello di qualità delle applicazioni dei materiali compositi e per monitorarne nel tempo il funzionamento.

La progettazione del tipo e del numero di prove da eseguire deve essere commisurata all'importanza dell'applicazione, valutando:

- se si tratta di edificio o infrastruttura strategica la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile o il cui ruolo assume rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso;

- se l'intervento riguarda elementi strutturali primari (es. travi e pilastri) o secondari (es. solai);
- quale sia l'estensione dell'intervento in rapporto alle dimensioni della struttura.

## 10.2 Controllo e preparazione del substrato

Il controllo delle condizioni del substrato coinvolge aspetti legati alla valutazione del grado di deterioramento di quest'ultimo, alla rimozione e ricostruzione dell'eventuale calcestruzzo ammalorato con eventuali provvedimenti di pulizia e verniciatura delle armature metalliche corrose, al condizionamento e preparazione del substrato. I sistemi tecnologici utilizzati per l'ancoraggio delle estremità di lamine o tessuti devono essere oggetto di idonee indagini sperimentali condotte secondo criteri normalizzati. Il protocollo di applicazione deve riguardare sia i materiali utilizzati (adesivi e rinforzi) che la successione delle fasi indicate dal produttore e/o dal fornitore per la preparazione delle superfici, i tempi di esecuzione, le condizioni ambientali, ecc. L'indagine deve saggiare anche l'eventuale sensibilità dei risultati nei confronti di tali parametri.

### 10.2.2 VALUTAZIONE DEL DETERIORAMENTO DEL SUBSTRATO

Prima dell'applicazione del rinforzo è necessario verificare le caratteristiche del substrato. In ogni caso la resistenza a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a  $15 \text{ N/mm}^2$ . In caso contrario, la tecnica di rinforzo descritta nel presente documento non può essere applicata. È opportuno eseguire delle prove di omogeneità su tutta l'area da rinforzare.

### 10.2.3 RIMOZIONE E RICOSTRUZIONE DEL SUBSTRATO ED EVENTUALE TRATTAMENTO DELLE BARRE METALLICHE

Il substrato di calcestruzzo può risultare danneggiato a causa di un deterioramento fisico-chimico, fisico-meccanico o a causa di un even-



tuale impatto. Il calcestruzzo ammalorato va rimosso da tutta la zona danneggiata.

La suddetta rimozione consente di accertare lo stato delle armature metalliche e quindi di progettare l'esecuzione di eventuali interventi che eliminino le cause responsabili del deterioramento dello stesso calcestruzzo. Tali interventi sono assolutamente necessari prima di procedere alla ricostruzione delle parti di calcestruzzo rimosse. Se è in atto un processo corrosivo a carico delle armature metalliche, è necessario rimuovere lo strato deteriorato mediante spazzolatura o sabbiatura e poi trattare la superficie con idonei inibitori di corrosione.

Una volta che tutto il calcestruzzo deteriorato sia stato rimosso e siano stati adottati i provvedimenti più opportuni per arrestare la corrosione delle armature metalliche nonché tutti gli altri fenomeni che siano causa di degrado (ad esempio infiltrazioni d'acqua o carente regimentazione delle acque), si può procedere al suo reintegro mediante l'utilizzo di betoncini espansivi da ripristino. Al ripristino delle parti di calcestruzzo ammalorate è opportuno associare il livellamento di eventuali asperità superficiali superiori a 10 mm, da effettuarsi con stucco epossidico compatibile; nel caso in cui la zona da colmare abbia profondità superiore a 20 mm si dovrà utilizzare un apposito materiale di apporto. Infine, se l'elemento da rinforzare presenta delle fessure di ampiezza superiore a 0.5 mm, è opportuno che esse siano sigillate mediante iniezione prima di applicare il rinforzo.

## **10.2.4 PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO**

Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, è necessario sabbiare la superficie interessata dal rinforzo. La sabbiatura deve assicurare un grado di ruvidezza almeno pari a 0.3 mm; tale grado può essere misurato mediante appositi strumenti quali, ad esempio, un profilometro laser oppure un'apparecchiatura per rugosimetria ottica.

Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante prima della stesura del primer. Nel caso in cui si operi sulla superficie di una struttura nuova, è necessario assicurarsi che le parti interessate dall'applicazione siano perfettamente pulite da eventuali film disarmanti applicati sui casseri. In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi. Nel confinamento di pilastri, nel rinforzo a taglio ed in generale in tutti i casi in cui il rinforzo di FRP debba essere applicato intorno a spigoli, è necessario procedere preliminarmente all'arrotondamento di questi ultimi, assicurando un raggio di curvatura almeno pari a 20 mm.

### **10.2.5 RACCOMANDAZIONI PER L'ESECUZIONE A REGOLA D'ARTE**

La qualità dell'esecuzione del rinforzo con materiali compositi dipende strettamente dalle condizioni di temperatura ed umidità ambientali nonché da quelle del substrato su cui il rinforzo è applicato. In aggiunta alle suddette precauzioni, da assumersi indipendentemente dal tipo di rinforzo, si segnalano ulteriori specifiche precauzioni atte a garantire la qualità dell'installazione di sistemi a base di FRP con polimerizzazione *in situ* e quindi non controllata in stabilimento.

### **10.2.6 CONDIZIONI DI UMIDITÀ E TEMPERATURA DELL'AMBIENTE E DEL SUBSTRATO**

Si sconsiglia di installare rinforzi di composito se l'ambiente è molto umido in quanto un elevato grado di umidità può ritardare la stagionatura delle resine nonché inficiare la perfetta realizzazione del composito nel caso di sistemi con polimerizzazione *in situ*.

I rinforzi non vanno installati su substrati che presentino un grado di umidità superficiale maggiore del 10%: tale condizione potrebbe infatti

impedire la penetrazione del primer nei pori e generare bolle d'aria tali da compromettere l'aderenza. L'umidità del substrato può essere valutata mediante un misuratore di umidità per malte oppure semplicemente con l'utilizzo di carta assorbente.

Il rinforzo, inoltre, non va installato se la temperatura ambiente e quella superficiale sono molto basse, in quanto potrebbe essere pregiudicata la perfetta stagionatura delle resine e l'impregnazione delle fibre. È sconsigliato installare il rinforzo se le suddette temperature non ricadono nell'intervallo 10°-35° C. In ambienti a bassa temperatura, se la temperatura di cantiere non consente di differire l'installazione, è opportuno riscaldare artificialmente le zone interessate dal rinforzo. Parimente, è sconsigliato installare il rinforzo nel caso in cui la superficie di calcestruzzo sia esposta a forte soleggiamento.

Quando la stagionatura del rinforzo avviene in condizioni di pioggia, di eccessivo soleggiamento, di forti gradienti termici, di elevata umidità, o in presenza di polvere può essere opportuno avvalersi di teli protettivi o di provvedimenti succedanei.

### **10.3 Particolari costruttivi e norme di esecuzione**

Per il progetto dei particolari di estremità del rinforzo, è opportuno assicurare una lunghezza di ancoraggio almeno pari a 200 mm. In alternativa, se possibile, si possono adottare connettori meccanici. Durante la posa in opera di sistemi con polimerizzazione in situ, è importante rispettare l'allineamento delle fibre previsto in progetto ed evitare ondulazioni delle stesse. Nei casi di applicazione di fibre di carbonio che potrebbero venire a diretto contatto con parti di acciaio, è opportuno prevedere strati di materiale isolante in grado di evitare l'innesco di corrosione galvanica.

In vista di prove di controllo semi-distruttive da eseguirsi successivamente, è buona norma prevedere zone aggiuntive ("testimoni") di rinforzo in parti della struttura opportunamente selezionate. Tali zone,

suddivise in fazzoletti di dimensioni superiori a  $500 \cdot 200 \text{ mm}^2$ , devono presentare un'estensione totale minima di  $0.1 \text{ m}^2$  e comunque non inferiore allo 0.5% dell'area totale del rinforzo. I fazzoletti vanno realizzati all'atto del rinforzo, con gli stessi materiali e con le medesime modalità previste per il rinforzo principale, in zone in cui la rimozione del rinforzo non comporti alterazione dei meccanismi di collasso. I fazzoletti devono inoltre essere esposti alle stesse condizioni ambientali del rinforzo principale e, se in numero maggiore di uno, devono essere distribuiti in maniera omogenea.

#### **10.4 Protezione del sistema di rinforzo**

Nel caso di applicazioni in ambiente esterno è sempre consigliabile proteggere il sistema di rinforzo dall'azione diretta dell'irraggiamento solare, che può produrre alterazioni chimico-fisiche nella matrice epossidica. Ciò può essere ottenuto mediante l'impiego di vernici acriliche protettive, sia in dispersione acquosa sia in solvente, previa pulitura della superficie del composito mediante l'uso di una spugna satura d'acqua saponata.

In alternativa, si può ottenere una protezione maggiore mediante l'applicazione sul composito già messo in opera di intonaci o malte (preferibilmente di natura cementizia). Tali intonaci, di spessori consigliati dai produttori e/o fornitori, vanno posati sul sistema di rinforzo, previa preparazione della superficie mediante applicazione di resina epossidica con successivo spolvero "fresco su fresco" di polvere di quarzo. Lo strato così realizzato è particolarmente idoneo a ricevere qualsiasi tipo di intonaco.

Ai fini della protezione al fuoco si possono adottare due differenti soluzioni: l'uso di pannelli intumescenti o l'applicazione di intonaci protettivi. In entrambi i casi produttori e/o fornitori devono indicare il grado di protezione in relazione allo spessore del rivestimento. I pannelli in genere a base di calcio silicati vengono posati sul rinforzo previo inserimento

di tasselli che non devono mai tagliare o forare le fibre. L'intonaco intumescente, corrispondente alla soluzione maggiormente utilizzata come strato protettivo, deve essere applicato sul composito seguendo le indicazioni riportate al punto precedente. Allo stato attuale sono reperibili sul mercato rivestimenti protettivi, di spessore e consistenza adeguati, in grado di contenere, in caso di incendio, la temperatura del composito al di sotto di 80°C per un tempo di 90 min.

#### **10.4.2 CONTROLLO DI QUALITÀ DELL'ESECUZIONE**

Se del caso, il controllo di qualità dell'installazione dovrebbe includere almeno un ciclo di prove semi-distruttive per la caratterizzazione meccanica della stessa installazione ed almeno una mappatura non distruttiva atta ad assicurarne l'omogeneità.

#### **10.5 Prove semi-distruttive**

Possono essere eseguite sia prove di strappo normale che prove di strappo a taglio. Le prove semi-distruttive vanno eseguite sui testimoni e, dove possibile, anche in zone del rinforzo non critiche in ragione di una prova per ogni 5 m<sup>2</sup> di applicazione, e comunque in numero totale non inferiore a 2 per tipo.

Prova di strappo normale. La prova, utile per il solo accertamento delle proprietà del sub-strato ripristinato, viene eseguita utilizzando piastre circolari di acciaio di spessore 20 mm e con diametro pari ad almeno 3 volte la dimensione caratteristica dell'inerte del calcestruzzo del substrato, e comunque non inferiore a 40 mm. Il rinforzo deve essere tagliato attorno al bordo della piastra, prima della prova, con una fredda cilindrica retta di diametro 3 mm, rotante ad almeno 2500 giri/min, avendo cura di non surriscaldare il composito e di ottenere l'incisione anche del substrato per uno spessore di 1-2 mm. L'applicazione può ritenersi accettabile se almeno l'80% delle prove (entrambe nel caso di

due sole prove) fornisce una tensione di picco allo strappo non inferiore a 0.9-1.2 MPa ed inoltre se, prevalentemente, la crisi è localizzata al di sotto della superficie di interfaccia composito/substrato.

Prova di strappo a taglio. La prova risulta particolarmente significativa per l'accertamento della qualità dell'incollaggio.

È eseguibile solo se è possibile tirare una porzione di materiale composito nel proprio piano in corrispondenza di uno spigolo staccato dal substrato.

L'applicazione può ritenersi accettabile se almeno l'80% delle prove (entrambe nel caso di due sole prove) fornisce una forza di picco allo strappo non inferiore a 24 kN.

## 10.6 Prove non distruttive

Le prove non distruttive possono essere utilizzate per caratterizzare l'omogeneità dell'applicazione a partire da adeguate mappature bidimensionali della superficie rinforzata aventi risoluzione spaziale differenziata in funzione della zona del rinforzo, secondo le indicazioni fornite in Tabella.

Prove di tipo acustico stimolato. Analoghe alla tipologia di prova "impact-echo", tali prove si fondano sul diverso comportamento oscillatorio dello strato di composito in presenza o in assenza di coerenza con il substrato sottostante. Nella versione più elementare, una prova di questo tipo può essere eseguita da un tecnico esperto percuotendo la superficie del composito con una bacchetta rigida e ascoltando la sonorità che scaturisce dall'impatto. Risultati più oggettivi possono essere ottenuti con sistemi automatizzati.

Prove ultrasoniche ad alta frequenza. Devono essere condotte impiegando metodologie in riflessione con frequenze non inferiori a 1.5 MHz

e sonde con diametro non superiore a 25 mm, utilizzando la tecnica basata sulla variazione dell'ampiezza del primo picco per la localizzazione dei difetti.

**Tabella** – Risoluzione minima per lo spessore di difetti da identificare mediante prove non distruttive.

<b>Trasf. di tensioni di taglio all'interfaccia</b>	<b>Esempio</b>	<b>Controllo non distruttivo</b>	<b>Maglia di mappatura della superficie</b>	<b>Risoluzione minima per lo spessore del difetto</b>
Assente	fasciature, con eccezione della zona di sovrapposizione nel caso di realizzazioni a singolo strato	facoltativo	250 mm	3 mm
Debole	zona centrale di rinforzi piani molto estesi	facoltativo	250 mm	3 mm
Moderato o potenziale	zona centrale di rinforzi longitudinali a flessione	consigliato	100 mm	0.5 mm
Critico	zone di ancoraggio, zone di sovrapposizione tra gli strati, staffe di rinforzo a taglio, zone di interfaccia con i connettori, zone con vistose asperità o fessurazioni del substrato	obbligatorio	50 mm	0.1 mm

Prove termografiche. Risultano efficaci solamente in presenza di materiali di rinforzo caratterizzati da bassa conducibilità termica e non sono applicabili a rinforzi in carbonio o con fibre metalliche, a meno che non vengano utilizzati accorgimenti particolari che ne garantiscano una sensibilità adeguata.

Occorre inoltre assicurare che il riscaldamento impartito nel corso della prova non danneggi il rinforzo con temperature troppo vicine a quella di transizione vetrosa.

Prove in emissione acustica. La tecnica, basata sull'Emissione Acustica (EA), consente di cogliere e seguire il verificarsi e l'evolversi di un fenomeno di danno all'interno di un elemento strutturale soggetto a carico, "ascoltando" e registrando i "rumori" generati dalla formazione di cracks o fenomeni di distacco, che si propagano nel mezzo come onde elastiche.

Rientra tra i metodi di controllo e monitoraggio passivi, i quali si attivano in funzione delle condizioni presenti negli elementi strutturali in fase di esercizio. Tale tecnica risulta particolarmente idonea per rilevare difetti dell'applicazione del composito alla struttura di c.a. e per rilevare l'inizio del distacco dalla struttura medesima.

## **10.7 Qualifica degli operatori per l'esecuzione delle prove**

I profili professionali degli operatori preposti alle prove devono corrispondere ai seguenti tre livelli di qualifica appresso specificati, in conformità con la normativa di riferimento UNI EN 473 e UNI EN 45013. La qualifica va anche regolata in accordo con la normativa UNI EN 45013-Criteri generali riguardanti gli Organismi di Certificazione preposti alla certificazione del personale.



**Tabella** – Livelli di specializzazione per l'esecuzione di prove di monitoraggio e collaudo.

Livello 1	Regolare l'apparecchiatura; eseguire le prove; registrare e classificare i risultati in relazione a criteri scritti; stendere un resoconto sui risultati.
Livello 2	Scegliere la modalità operativa della prova da utilizzare; definire i limiti di applicazione della prova per la quale la persona di livello 2 è qualificata; comprendere le norme e le specifiche di prova e tradurle in istruzioni pratiche di prova adattate alle condizioni reali di lavoro; regolare e tarare le apparecchiature; effettuare e sorvegliare le prove; interpretare e valutare i risultati in funzione delle norme, dei codici o delle specifiche da rispettare; redigere le istruzioni scritte di prova per il livello 1; svolgere e sorvegliare tutti gli incarichi propri di un livello 1; addestrare o guidare il personale di livello inferiore al livello 2; organizzare i risultati di una prova e redigere il relativo rapporto.
Livello 3	Assumere l'intera responsabilità di un laboratorio di prova e del relativo personale; stabilire e convalidare le tecniche e le procedure di prova; interpretare le norme, i codici, le specifiche e le procedure; stabilire le prove specifiche e le procedure che è opportuno utilizzare; avere la competenza per valutare ed interpretare i risultati in relazione alle norme, ai codici ed alle specifiche esistenti; avere una sufficiente conoscenza pratica dei materiali, della fabbricazione e della tecnologia dei vari prodotti interessati al fine di poter scegliere i metodi, stabilire le tecniche e collaborare alla definizione di criteri di accettazione quando non ne esistano di prestabiliti; avere una conoscenza nei diversi campi di applicazione; avere la capacità di guidare il personale di livello inferiore al livello 3.

## 10.8 Monitoraggio dell'intervento di rinforzo

La disponibilità, relativamente modesta, di dati relativi al comportamento a lungo termine dei materiali compositi consiglia, in situazioni di particolare rilevanza (con riferimento alla destinazione d'uso dell'edificio e/o del manufatto sul quale si è intervenuti, al numero di elementi rinforzati e all'entità degli incrementi di resistenza conseguiti), un'adeguata attività di monitoraggio delle applicazioni mediante l'esecuzione periodica di prove non distruttive e semi-distruttive, o di prove mediante sensori incorporati.

Scopo del monitoraggio è tenere sotto controllo i seguenti parametri o solo alcuni di essi:

- temperatura del rinforzo;
- umidità dell'ambiente;
- andamento di spostamenti e deformazioni;
- continuità e livello di danneggiamento delle fibre;
- estensioni di difetti e distacchi dell'applicazione.







**Intervento di risanamento “Chiesa nei pressi di Soddo  
Christian Hospital, Ethiopia” *Agosto, 2011***





LABORATORIO EDIL - TEST S.r.l.









LABORATORIO EDIL - TEST S.r.l.

# ELENCO COMPLETO DELLE PRESTAZIONI OFFERTE 2013



# Elenco delle indagini riguardanti la Legge 1086/71

## CALCESTRUZZI

1. Rottura a compressione di provini cubici o cilindrici fino a lato o diametro di cm. 20 compresa la determinazione del peso per una serie di 2 provini (UNI EN 12390-3)
2. Peso dell'unità di volume cls fresco(UNI EN 206-1)
3. Maturazione a vapore per serie di 2 provini
4. Rettifica meccanica per serie di cubetti
5. Spianatura dei provini mediante applicazione di una miscela di zolfo e sabbia per campione.
6. Prelievo in cantiere di calcestruzzo fresco con casseformi rettificate, compreso il noleggio delle attrezzature, il ritiro, il disarmo dei cubetti dopo 24 ore, misura dell'abbassamento al cono di Abrahms per la determinazione della consistenza del calcestruzzo.
7. Peso dell'unità di volume indurito
8. Coefficiente di dilatazione lineare per ogni provino
9. Rottura a flessione
10. Rottura a trazione indiretta (Prova Brasiliana)
11. Rottura a trazione diretta
12. Determinazione modulo di elasticità normale a compressione
13. Diagramma di deformazione modulo elastico
14. Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi con dimensione massima degli aggregati pari a 30 mm.
15. Determinazione della massa volumica del calcestruzzo indurito
16. Determinazione della penetrazione dell'acqua sotto pressione nel cls

## PROVE SU CALCESTRUZZI SCC

17. Determinazione dello spandimento e del tempo di spandimento per SCC
18. Determinazione dello scorrimento confinato mediante scatola ad L per SCC

## PROVE SU INERTI PER CALCESTRUZZO

19. Determinazione del peso dell'unità di volume, porosità e indice di porosità.
20. Analisi granulometrica (CNR BU 23)
21. Determinazione del passante al setaccio 0,075 (UNI 8520 parte 7°)
22. Determinazione della Durezza Mohs
23. Prova Los Angeles

## ACCIAI

24. Determinazione del diametro, del peso in Kg/ml, dello snervamento, rottura, allungamento percentuale a rottura su barre tonde di acciaio, rilievo del marchio di identificazione riportato sulle barre; per ogni serie composta da n° 3 barre dello stesso diametro(UNI-EN ISO 15630-1), compresa la preparazione dei provini.

## **PROVE RETI E TRALICCI ELETTRISALDATI**

25. Determinazione del diametro, del peso in Kg/ml, dello snervamento, rottura, allungamento percentuale a rottura su reti e tralicci elettrosaldati di acciaio; per ogni campione dello stesso diametro.

## **PROVE SU PROFILATI E LAMIERE**

26. Prova di trazione su provette ricavate da profilati metallici, con determinazione del carico di snervamento, di rottura e dell'allungamento percentuale (UNI-EN 10002,92)

## **PROVE SU FILI DA PRECOMPRESSO**

27. Prova di trazione su fili da precompresso, con determinazione dell'area della sezione, del limite 1% e 0,2%, dell'allungamento percentuale a rottura e del carico di rottura(UNI -EN 10002,92).
28. Prova di trazione su fili da precompresso, con determinazione dell'area della sezione, del limite 1%, e del carico di rottura (UNI 7676,77)

## **ALTRE PROVE MECCANICHE**

29. Prove di piegamento a 180° a freddo.
30. Prove di piegamento a 90° con raddrizzamento dopo riscaldamento.
31. Prova di distacco di elementi di reti e tralicci elettrosaldati.

## **PROVE E MISURE SPECIALI**

32. Modulo di elasticità normale.
33. Diagramma di deformazione.
34. Diagramma di deformazione a deformazione imposta.
35. Numero di piegamenti alterni a rottura (UNI 5294).
36. Prova di resilienza di Charpy (UNI-EN 10045-1) a temperatura ambiente e a freddo;
37. Aderenza (beam test) (CNR UNI 100020/71).
38. Prova a fatica per trazione-compressione su provini, con carico non inferiore a 200 KN.

## **LEGANTI IDRAULICI**

39. Prova di indeformabilità (Le Chatelier)
40. Preparazione dell'impasto (fino a 50 l. max)
41. Determinazione della indeformabilità
42. Determinazione del tempo di presa
43. Confezione e maturazione dei provini (fino a 50 l. max)
44. Determinazione della massa volumica
45. Determinazione della finezza (EN 196-parte 6)
46. Determinazione della finezza mediante permeabilmetro ad aria (Metodo Blaine)
47. Espansione contrastata su malta e su calcestruzzi
48. Consistenza e mantenimento consistenza
49. Prove di resistenza alla flessione e compressione
50. Determinazione peso specifico

## LATERIZI

### Prove su blocchi di laterizi per murature e per solai

51. Esame dell'aspetto (UNI 8942/3)
52. Determinazione delle dimensioni (UNI 8942/3)
53. Determinazione della forma, foratura e profilo (UNI 8942/6)
54. Determinazione massa volumica apparente e massa volumica (UNI 8942/7)
55. Resistenza a compressione (UNI 8942/8)
56. Resistenza a trazione per taglio, (UNI 8942/9)
57. Coefficiente di imbibizione (UNI 8942/13)
58. Assorbimento e rischio di gelività (UNI 8942/14)
59. Resistenza a compressione in direzione dei fori e nella direzione ortogonale ai carichi verticali di esercizio
60. Modulo elastico
61. Resistenza a trazione per flessione
62. Punzonamento

### BLOCCHI PER MURATURE

63. prova su blocchi di tufo
64. prova su blocchi di cemento e sabbia o lapillo

### INERTI

65. Studio della migliore composizione proporzionale di un calcestruzzo.

### TARATURA SCLEROMETRI

66. Taratura sclerometro con rilascio attestato

### GEOTECNICA STRADALE

67. Preparazione dei provini mediante riduzione per quartatura, essiccamento e disgregazione
68. Determinazione dell'Umidità
69. Determinazione della massa volumica per granuli secondo CNR 10013
70. Analisi granulometrica per via secca
71. Determinazione dei Limiti di Atterberg
72. Classificazione di una terra CNR U.-N.I. 10006
73. Prova di costipamento A.A.S.H.O. Modificata e Standard
74. Prova C.B.R. su provini non sottoposti ad immersione e sottoposti ad immersione in acqua per 96 ore con misura del rigonfiamento
75. Determinazione della Densità in sito e dell'Umidità del materiale estratto con volumometro a sabbia  $\phi$  150 e 350
76. Prova di carico su piastra per la determinazione del Modulo di Deformazione Md (CNR N° 9)
77. Prova di carico su piastra per la determinazione del Modulo di Reazione K (CNR N° 92)

## **BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI**

78. Prova di Penetrazione
79. Determinazione del Punto di Rammollimento
80. Prelievo in cantiere di campioni di conglomerato bituminoso soffice
81. Determinazione della Percentuale dei Vuoti Residui completa
82. Analisi Granulometrica per via secca
83. Prova Marshall, con determinazione della Massa Volumica e la Percentuale dei Vuoti Residui
84. Studio della Composizione di un conglomerato bituminoso su fuso granulometrico assegnato
85. Estrazione di carote da manti di conglomerato
86. Prova Los Angeles
87. Peso specifico degli inerti
88. Coefficiente di Frantumazione
89. Percentuale di basalto
90. Percentuale di bitume
91. Estrazione di carote di bitume

## **Elenco delle indagini eseguibili su strutture esistenti e su materiali da costruzione**

### **CONTROLLI SU STRUTTURE ESISTENTI**

92. Prova di carico su solaio con formazione del carico mediante uno o più materassi da riempirsi d'acqua, rilevamento elettronico degli abbassamenti in 3 punti della struttura mediante trasduttori di deformazione elettrici a lettura continua, rilascio del relativo diagramma, del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica.
93. Prova di carico su solaio con formazione del carico mediante uno o più martinetti idraulici lavoranti a contrasto su idonea struttura, rilevamento elettronico degli abbassamenti in 3 punti della struttura mediante trasduttori di deformazione elettrici a lettura continua, rilascio del relativo diagramma, del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica.
94. Prova di carico su solaio con formazione del carico mediante uno o più martinetti idraulici lavoranti a tiro su idonea struttura, rilevamento elettronico degli abbassamenti in 3 punti della struttura mediante trasduttori di deformazione elettrici a lettura continua, rilascio del relativo diagramma, del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica; è compresa la perforazione dei solai sottostanti e sovrastanti.
95. Monitoraggio strutture, mediante l'ausilio di un numero variabile di estensimetri/termometri, clinometri/termometri elettronici collegati ad una centralina elettronica di acquisizione dati fissa in cantiere atta allo scarico periodico dei dati memo-

rizzati. Sono comprese le spese di viaggio, la restituzione e la elaborazione dei dati, la certificazione finale e la relazione tecnica di interpretazione dei risultati.

96. Monitoraggio spostamenti verticali eseguito con livello digitale di precisione (risoluzione 0,01 mm) e stadie di invar con nastro a codice a barre. I riferimenti applicati saranno costituiti da piastre in acciaio fissate alla struttura mediante tasselli ad espansione. Il monitoraggio si svolge individuando due o più caposaldi e due punti fissi ed applicazione dei riferimenti da fissare sulle strutture (n°6 o più punti di battuta). Esecuzione della livellazione di precisione (livellazione di “zero”). Restituzione delle letture effettuate mediante tabelle e grafici.
97. Misura delle vibrazioni negli edifici al fine di valutare il disturbo ai sensi della normativa UNI 11048:2003, UNI 9614:1990, ed UNI 9916:2004. Il monitoraggio viene eseguito mediante accelerometri HBM 12/500 aventi le seguenti caratteristiche tecniche: sensibilità nominale di 80mV/V, accelerazione nominale pari a 500 m/s<sup>2</sup>, intervallo di funzionamento 0 – 500 Hz, deviazione della linearità del 2%.
98. Demolizione controllata di elementi in c.a.(pareti, travi, pilastri, solai, ecc.) adoperando la tecnica del taglio diamantato attraverso l'utilizzo della sega tagliamuri Hilti DS-TS-5E per una profondità max di 28 cm.
99. Demolizione controllata di elementi in c.a.(pareti, travi, pilastri, solai, ecc.) adoperando la tecnica del taglio diamantato attraverso l'utilizzo della sega tagliamuri Hilti DS-TS-32 per una profondità max di 53 cm.

## **INDAGINI SU STRUTTURE IN C.A.**

100. Prelievo di campioni di calcestruzzo ( $\varnothing$  min = 100 mm) per una lunghezza massima di 15,0 cm mediante carotiere con corona diamantata. Rettifica meccanica ed eventuale cappaggio con una miscela di sabbia e zolfo per rendere le superfici complanari con la macchina di prova. Determinazione della resistenza a compressione ai sensi della Normativa Vigente con relativa certificazione. Sono compresi gli oneri e gli accessori ed ogni magistero per la preparazione dei siti di prova anche mediante scansione veloce per l'individuazione dei ferri di armatura onde evitarne il taglio.
101. Misura della profondità di carbonatazione su campioni di calcestruzzo prelevati in opera. Compreso il rapporto di prova.
102. Ripristino dei vuoti, dovuti al prelievo dei campioni di calcestruzzo, mediante spazzolatura meccanica delle superfici e ricostruzione con malta tixotropica “Mapegrout BM Mapei”.
103. Indagine con sclerometro tradizionale o elettronico Schmidt su elementi in calcestruzzo (ogni serie è composta da n°12 battute dalle quali verranno scartati il max e il min valore), compresa la elaborazione dei risultati, il calcolo della media e dello scarto quadratico medio ed il rilascio della certificazione così come previsto dalla norma UNI EN 12504/2:2001 (Indice Sclerometrico).

104. Controllo del calcestruzzo mediante ultrasuoni per il rilevamento dell'integrità delle sezioni e della resistenza caratteristica del cls così come previsto dalla norma UNI EN 12504/4:2005 (velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici).
105. Rilevamento della presenza di ferri d'armatura in strutture in c.a. con misura del copriferro, del diametro e della posizione, mediante "Ferroskan PS 200" di ultima concezione. Ogni misura viene effettuata su una superficie di 60 cm x 60 cm, con individuazione su display e successivo download su pc con possibilità di stampa.
106. Prelievo di campioni di barre d'armatura eseguito previo spicconamento dell'intonaco, messa a nudo della barra di ferro e taglio per almeno 80 cm di lunghezza, determinazione dello stato tensionale in sito prima del taglio mediante l'apposizione di strain-gages, determinazione delle caratteristiche delle barre con prove a piegamento e a trazione, determinazione del peso specifico, della tensione di snervamento e di rottura.
107. Prelievo di campioni di barre d'armatura eseguito previo spicconamento dell'intonaco, messa a nudo della barra di ferro e taglio per almeno 50 cm di lunghezza. Determinazione di: diametro, peso in kg/ml, snervamento, rottura e dell'allungamento percentuale a rottura ed eventuale rilievo del marchio di identificazione riportato sulle barre.
108. Sono compresi, il ripristino della continuità dell'armatura prelevata mediante saldatura di idonea barra, il ripristino corticale mediante malta tixotropica "Mapegrout BM Mapei", la preparazione dei provini ed i diritti di certificazione.

## INDAGINI SU STRUTTURE IN MURATURA

109. Prova con due martinetti piatti su muratura esistente con formazione del carico mediante 2 martinetti piatti, per il rilievo delle caratteristiche di resistenza meccanica della muratura, con rilascio del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica.
110. Prova con un martinetto piatto su muratura esistente con formazione del carico mediante 1 martinetto piatto, per il rilievo della tensione di esercizio della muratura, con rilascio del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica.
111. Prove con due martinetti piatti su muratura esistente con formazione del carico mediante 2 martinetti piatti, per il rilievo delle caratteristiche meccaniche della muratura e della tensione di esercizio della muratura con rilascio del verbale di prova, della relazione tecnico-descrittiva e della documentazione fotografica.
112. Esame video endoscopico per l'individuazione della tipologia e dello spessore della struttura muraria eseguita con telecamera  $\varnothing 26 \text{ mm}$   $f = 2,5 \text{ mm}$   $F = 2,0$ .
113. Prova Sonica attraverso l'utilizzo di Analizzatore MAE A3000U con Sonda Rx piezoelettrica a largo spettro 20 Hz / 45 Hz e martello trigger con terminale in PVC e/o Acciaio a seconda delle superficie da indagare, per l'esecuzione di indagini non invasive di tipo sonico ed ultrasonico a contatto su muratura e su varie tipologie di materiali.

114. Ispezione visiva di paramenti murari o di altre membrature mediante rimozione d'intonaco su di una superficie di circa 1,0 m × 1,0 m, restituzione delle immagini con indicazione delle ubicazioni, compresa la diaria dei tecnici, e le spese di viaggio.
115. Misurazione dello spessore di muratura attraverso rilevatore Transpointer PX 10 con un raggio di azione da 5 cm a 135 cm ed una precisione di rilevamento profondità pari al 5%.

## **PROVE SU RESINE E MATERIALI IN FIBRA DI CARBONIO**

116. Prova a flessione su campione di resina da Noi preparato con determinazione della tensione di rottura per flessione e del modulo elastico compresa la elaborazione dei risultati e la certificazione finale (I risultati saranno la media di cinque provini)
117. Prova a compressione su campione di resina da Noi preparato con determinazione della tensione di rottura per compressione e del modulo elastico compresa la elaborazione dei risultati e la certificazione finale (I risultati saranno la media di cinque provini).
118. Prova a trazione su campione di tessuto in fibra di carbonio di grammatura nota con determinazione della tensione di rottura per trazione, compresa l'elaborazione dei risultati e la certificazione finale, è compresa la preparazione del campione mediante strumentazione prevista dalla normativa vigente.
119. Determinazione del modulo elastico su campione di tessuto in fibra di carbonio di grammatura nota mediante strain-gauge ed utilizzando un'apposita cella di carico, nonché determinazione dell'allungamento a rottura, compresa la preparazione del campione mediante strumentazione prevista dalla normativa vigente.
120. Determinazione delle caratteristiche meccaniche su compositi preformati. Determinazione del modulo di elasticità normale a trazione, resistenza a trazione, deformazione a rottura a trazione così come contemplato dalla normativa vigente ISO 527 – 4,5:1997. Compresa la preparazione dei provini ed i diritti di certificazione.
121. Prova di "Pull-off" per la determinazione della resistenza a rottura per trazione (e in maniera indiretta per compressione) del calcestruzzo mediante estrattore azionato da una manovella con indicazione della forza di estrazione attraverso un dinamometro analogico ad indice rotante su una scala da 0 a 50 kN. Esclusa la preparazione della prova.
122. Esecuzione di microcarote e fornitura e posa in opera di dischetti in alluminio per l'esecuzione della prova di "Pull-off" da effettuarsi almeno due giorni prima della prova.