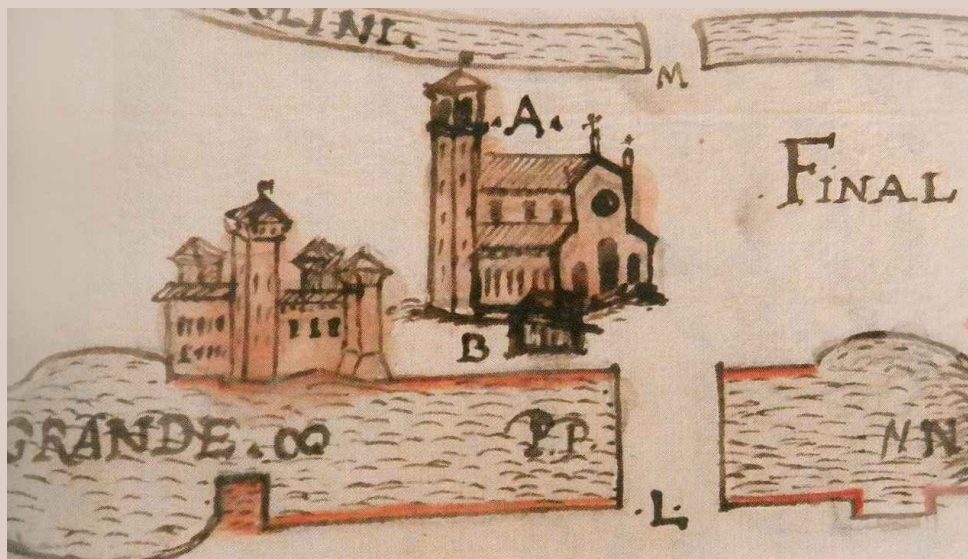


**LAVORI DI RIPRISTINO CON MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DEI SANTI FILIPPO E GIACOMO (DUOMO) DI FINALE EMILIA DANNEGGIATA DAL SISMA DEL 20/29 MAGGIO 2012** – ID 2163 - CIG: 6489971D7B CUP: I79G13000680005

**PROGETTO ESECUTIVO**



Committente:

**Arcidiocesi di Modena - Nonantola**

Via Sant'Eufemia, 13  
41121 Modena

pec: arcidiocesi.modena-nonantola@pec.chiesacattolica.it

Progettisti:

**POLITECNICA**  
INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Via Galilei n.220 - 41126 Modena (MO)  
tel: 059.356527 fax: 059.356780



**RESPONSABILE DI PROGETTO**  
Ing. Arch. Micaela Goldoni

**DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Paolo Muratori

**PROGETTO OPERE ARCHITETTONICHE  
E DI RESTAURO**  
Ing. Arch. Micaela Goldoni

**PROGETTO OPERE STRUTTURALI**  
Ing. Fabio Camorani

**COORDINATORE IN FASE DI  
PROGETTAZIONE**  
Ing. Stefano Simonini

**PROGETTO IMPIANTI MECCANICI**  
Ing. Marco Balestrazzi

**PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI**  
Ing. Francesco Frassinetti  
P.I Emanuela Becchi



**INTERVENTI STRUTTURALI**

**RELAZIONE SUI MATERIALI**

PARTE D'OPERA	DISCIPLINA	DOC. E PROG.	FASE REV.
0001	OS	RM01	3 0

Cartella	File name	Prot.	Scala	Formato
01	01_OS_RM01_30_4715	4715		A4

5					
4					
3					
2					
1					
0	EMISSIONE PER GARA DI APPALTO	MARZO 2018	R.Gabellieri M.Goldoni	M.Goldoni	
REV.	DESCRIZIONE	Data	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



**INDICE**

1. INTRODUZIONE .....	2
2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI NUOVI .....	3
2.1 MURATURA IN MATTONI PIENI .....	3
2.2 CALCESTRUZZO .....	5
2.2.1 Calcestruzzo per opere in elevazione.....	8
2.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	10
2.4 FIBRE DI ACCIAIO E FIBRE DI VETRO .....	12
2.5 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	15
2.6 LEGNO MASSICCIO.....	17
2.7 LEGNO LAMELLARE.....	18

## **1. INTRODUZIONE**

---

La presente relazione illustra le caratteristiche dei materiali impiegati per gli interventi di consolidamento e di rinforzo strutturale Chiesa dei Santi Filippo e Giacomo (Duomo) di Finale Emilia, danneggiata dagli eventi sismici del 20-29 maggio 2012, ai fini del raggiungimento di un miglioramento sismico.

Si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati negli interventi di consolidamento previsti. Si faccia riferimento ai disegni di dettaglio per l'identificazione dei materiali usati .

## 2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI NUOVI

### 2.1 MURATURA IN MATTONI PIENI

Per la ricostruzione delle porzioni di muratura interessate da interventi di cuci-scuci si impiega una muratura in laterizi pieni dalle seguenti caratteristiche meccaniche (con riferimento al D.M. 14.01.2008 ed alle norme UNI EN 771 e UNI EN 1992-1-1/Eurocodice2).

#### Procedure e prove sperimentali di accettazione

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nel D.M. 14.01.2008 al Cap. 11.

#### Elementi per muratura

*Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella*

Tabella 11.10.I

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompreso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

*Gli elementi di categoria I hanno un controllo statistico, eseguito in conformità con le citate norme armonizzate, che fornisce resistenza caratteristica dichiarata a compressione riferita al frattile 5%.*

*Gli elementi di categoria II non soddisfano questi requisiti.*

*L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  riportato nel relativo paragrafo 4.5.*

*il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate.*

*Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.*

*Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali.*

*Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.*

*Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano  $f_1, f_2, f_3$  la resistenza a compressione dei tre elementi con*

$$f_1 < f_2 < f_3$$

*il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:*

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0,90 f_{bk}$$

*dove  $f_{bk}$  è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.*

*Al Direttore dei Lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.*

*Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002.*

### **Malte per muratura**

#### Malte a prestazione garantita

*La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998- 2 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tabella 11.10.II.*

**Tabella 11.10.II**

Specifiche Tecniche Europee di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+

*Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calce aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme.*

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in  $N/mm^2$  secondo la Tabella 11.10.III. Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m < 2,5 N/mm^2$ .

**Tabella 11.10.III - Classi di malte a prestazione garantita**

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione $N/mm^2$	2,5	5	10	15	20	d
<b>d</b> è una resistenza a compressione maggiore di 25 $N/mm^2$ dichiarata dal produttore						

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11: 2007.

Si prevede l'impiego di elementi in laterizio simili a quelli presenti in opera e quindi con caratteristiche fisico-meccaniche analoghe, per non produrre alterazioni localizzate di rigidità e di resistenza.

Si prevede l'impiego di elementi in laterizio pieno di categoria I:

- Resistenza a compressione caratteristica del blocco:  
 $f_{bk} \geq 20 N/mm^2$

Si prevede l'impiego di malta a base di calce idraulica per muratura, idonea ad interventi di restauro e conforme alla norma UNI EN998-2:

- Resistenza a compressione media della malta:  
 $f_m \geq 10 N/mm^2$  (malta superiore o uguale a M10)

Si deducono pertanto le caratteristiche di resistenza minime da adottare per la muratura, in conformità alle Tabelle 11.10.V e 11.10.VII riportate nel D.M. 14.01.2008.

- Resistenza caratteristica a compressione della muratura:  
 $f_k \geq 8 N/mm^2$
- Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali:  
 $f_{vko} = 0.30 N/mm^2$
- Modulo di elasticità normale secante :  
 $E = 1000 * f_k = 8000 N/mm^2$
- Modulo di elasticità tangenziale secante :  
 $G = 0.4 * E = 3200 N/mm^2$

## 2.2 CALCESTRUZZO

Per elementi strutturali di elevazione si impiega calcestruzzo avente le caratteristiche di seguito descritte (con riferimento al D.M. 14.01.2008 ed alle norme UNI EN 206 e UNI EN 1992-1-1/Eurocodice2).

**Procedure e prove sperimentali di accettazione**

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nel D.M. 14.01.2008 al Cap. 11.

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

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

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2

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

**Tabella 11.2.I**

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_m \geq R_{ck} + 1,4 s$ (N° prelievi $\geq 15$ )
Ove: $R_m$ = resistenza media dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); $R_1$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); $s$ = scarto quadratico medio.	

**Controllo di tipo A (il caso in oggetto rientra nel controllo di tipo A)**

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

*Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.*



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

*La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo. Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.*

*Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.*

*I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:*

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;*
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;*
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;*
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;*
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;*
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;*
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;*
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;*
- le modalità di rottura dei campioni;*
- la massa volumica del campione;*
- i valori di resistenza misurati.*

*I "controlli di accettazione" sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne 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 risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".*

*Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.*

*Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza*

*strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto.*

*Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.*

### **2.2.1 Calcestruzzo per opere in elevazione**

- In elevazione (solette nuovi solai interni al campanile e sopra la sacrestia):

	ELEVAZIONI
classe di resistenza	C25/30 MPa
classe di esposizione	XC1
copriferro minimo	2 cm
granulometria	max dimensione inerti 30 mm
slump	classe di consistenza S4
$E_{cm}$ modulo secante medio	32000 MPa

**RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO SISMICO – PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE SUI MATERIALI**

CALCESTRUZZO		
C 25/30		
$R_{ck}$	30	Mpa
$f_{ck}$	24,9	Mpa
$\gamma_c$	1,5	
$f_{cd}$	14,11	Mpa
$f_{cm}$	32,9	Mpa
$E_{cm}$	31447,16	Mpa
$\gamma$	25,00	kN/m <sup>3</sup>

Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 –1		
Classe esposizione norma UNI 11104	XC1	Massimo rapporto a/c 0,60
Minima Classe di resistenza	C 25/30	Contenuto minimo in aria (%) 0
TIPO DI ATTACCO: Corrosione indotta da carbonatazione		
Condizioni ambientali tab. 4.1 III Ordinarie		
Gruppo esigenze: a		
Frequente: W3		Quasi perm: W2
Descrizione dell'ambiente:	Esempio:	
Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	

- In elevazione (solette orizzontali sopra le volte del campanile):

	ELEVAZIONI
classe di resistenza	$\geq$ LC25/28 MPa
classe di esposizione	XC1
copriferro minimo	2 cm
granulometria	max dimensione inerti 30 mm
slump	classe di consistenza S4
$E_{cm}$ modulo secante medio	20000 MPa

$$R_{ck} \geq 28 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$\text{Densità} : \leq 1600 \text{ kg/m}^3$$

## 2.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per elementi strutturali in barre (barre di inghisaggio alla muratura, rete elettrosaldata impiegata nelle solette dei nuovi impalcati in legno-cls e nel consolidamento delle volte del campanile) si impiega acciaio avente le caratteristiche di seguito descritte (con riferimento al D.M. 14.01.2008 ed alle norme UNI EN 206 e UNI EN 1992-1-1/Eurocodice2):

Tipo acciaio	B 450 C
Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk}$	$\geq 450$ MPa
Tensione di rottura caratteristica $f_{tk}$	$\geq 540$ MPa
Allungamento $A_{gt,k}$	$\geq 7.45$ %

### Procedure e prove sperimentali di accettazione

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nel D.M. 14.01.2008 al Cap. 11.

*I controlli di accettazione 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 modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 ('Sui campioni vengono determinati, a cura del laboratorio incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$  l'allungamento  $A_{gt}$  ed effettuate le prove di piegamento.'). 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 11.3.2.3 ('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 procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale*

raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche), da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

**Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione**

Caratteristica	Valore limite	NOTE
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450 x (1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

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

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 si 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 dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature 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 al § 11.3.1.7, può recarsi presso il

*medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento 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, etichettature indelebili, ecc., 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 dai laboratori 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 ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;*
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;*
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;*
- 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.*

## **2.4 FIBRE DI ACCIAIO E FIBRE DI VETRO**

Per il rinforzo delle volte in muratura si adottano fibre di vetro ad alta resistenza unidirezionali messe in opera su malta a base calce, mentre per il rinforzo del fusto del campanile, dal lato interno, si prevede l'impiego di strisce in fibre di acciaio galvanizzato ad alta resistenza, sempre su malta a base calce, conformi alle prescrizioni delle normative CNR DT200\_2004 e NTC08 e aventi le seguenti proprietà meccaniche:

**Procedure e prove sperimentali di accettazione**

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nelle 'Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP' del Consiglio Superiore LL PP

*I direttori dei lavori devono verificare, mediante un prelievo eseguito in cantiere, che le caratteristiche meccaniche del prodotto fornito per l'installazione soddisfino i requisiti indicati dal progettista.*

*Tale operazione si distingue per i compositi pultrusi o laminati in situ:*

*a) Laminati pultrusi. Si deve prevedere un prelievo di campioni del composito e dell'adesivo da parte del Direttore dei Lavori che dovrà inviarli, sotto la propria responsabilità, ad un Laboratorio abilitato ai sensi dell'art.59 del DPR n.380/2001 per l'effettuazione di prove sperimentali e relativa certificazione.*

*b) Compositi laminati in situ. E' necessario produrre in cantiere un campione di composito da sottoporre a prove di certificazione. La produzione in cantiere deve essere effettuata con tecniche simili a quelle utilizzate per le strutture da consolidare, impiegando gli stessi tecnici ed utilizzando gli stessi materiali. Il laminato sarà prodotto in un formato di dimensioni tali da poter ritagliare un numero sufficiente di provini da sottoporre a prova (almeno tre).*

*I prelievi e la preparazione dei provini devono essere svolti sotto la supervisione del Direttore dei Lavori che, successivamente, potrà consegnare i provini ad un laboratorio abilitato ai sensi dell'art.59 del DPR n.380/2001 per l'effettuazione di prove sperimentali e relativa certificazione.*

*In particolare dovranno essere controllate:*

*i) le caratteristiche fisiche del tessuto utilizzato :*

- massa del tessuto per unità di area (ISO 3374);*
- area e spessore equivalente;*

*ii) le caratteristiche meccaniche del composito preparato in cantiere :*

- modulo elastico, resistenza e deformazione a rottura (ISO 527-4,5);*

*iii) le proprietà meccaniche dell'adesivo strutturale impiegato per l'incollaggio del rinforzo:*

- resistenza a taglio dell'adesivo da prove di un giunto adesivo (ISO 4587).*

*I criteri di accettazione possono essere basati sulla massima deviazione ammissibile dei risultati ottenuti rispetto ai valori conseguiti durante i controlli di produzione. In tal caso è necessario assicurarsi che le procedure di prova siano le stesse e che i campioni siano ottenuti con i medesimi materiali e le medesime tecniche di produzione.*

*In alcuni casi particolari è possibile siano richieste prove per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e fisiche da eseguirsi sia su campioni semplici che su campioni preconditionati per verificare, ad esempio, la permanenza delle caratteristiche al variare della temperatura o dell'umidità.*

Prove sperimentali

Le prove sperimentali più comuni e significative che è possibile effettuare per il tessuto, il composito e l'adesivo sono elencate in Tabella 5-3.

Le prove T1-T6 riguardano proprietà fisiche del composito. Le prove T1-T4 sono applicabili solo al tessuto secco mentre le prove T5-T6 sono applicabili ad entrambi i tipi di composito (pultruso o laminato in situ). Le prove T7 e T8 sono riferite alle proprietà meccaniche e di aderenza dell'adesivo impiegato.

**Tabella 5-3** – Prove sperimentali per la caratterizzazione di materiali compositi utilizzati per il rinforzo strutturale

Test	Proprietà	Unità di misura	Metodo di prova, normativa di riferimento	Test
T1	Densità delle fibre	$\rho_{fib}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	ASTM D 792 ISO 1183 -1	facoltativo
T2	Massa del tessuto per unità di area	$p_x$ [g/m <sup>2</sup> ]	ISO 3374	obbligatorio
T3	Densità della resina	$\rho_m$ [g/cm <sup>3</sup> ]	ISO 1675	facoltativo
T4	Area equivalente Spessore equivalente	$A_{ft}$ [mm <sup>2</sup> /m] $t_{eq}$ [mm]	---	facoltativo
T5	Frazione in peso delle fibre nel composito	$P_{fib}$	---	facoltativo
	Frazione in volume delle fibre nel composito	$V_{fib}$	ISO 11667 ISO 1172	
T6	Percentuale di vuoti nel composito	$V_v$	---	facoltativo
T7	Modulo elastico del laminato	$E_f$ [MPa]	ISO 527-4,5	obbligatorio
	Resistenza del laminato	$f_f$ [MPa]		
	Deformazione a rottura del laminato	$\epsilon_f$ [%]		
	Modulo elastico del laminato riferita all'area netta fibre	$E_{fib}$ [MPa]		
T7	Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre	$f_{fib}$ [MPa]		
	Deformazione a rottura delle fibre	$\epsilon_{fib}$ [%]		
T8	Resistenza del giunto adesivo	$f_{crit}$ [MPa]	ISO 4587	obbligatorio

In particolare, da un campione del tessuto non impregnato è possibile verificare la densità delle fibre e la massa del tessuto per unità di area. Nel caso di tessuti multiassiali, ovvero costituiti da più strati di tessuti uniassiali sovrapposti e cuciti tra loro, il produttore deve riportare l'orientazione di ciascun strato di fibre. In questo caso, si suggerisce di verificare l'orientamento e la successione degli strati e confrontarla con quella descritta nelle schede tecniche del prodotto, scuocendo e separando i vari strati in un campione di tessuto secco.

Reti in fibra di vetro alcali resistente per il rinforzo strutturale di elementi in muratura in abbinamento ad opportuna malta a base calce:

Proprietà fibra secca:

Tipo di fibra: fibre di vetro tipo A.R.

Peso/unità di superficie:  $\geq 225$  g/m<sup>2</sup>.

Dimensione delle maglie: 25 x 25 mm.



Resistenza a trazione (kN/m):  $\geq 45$ .

Allungamento a rottura:  $\geq 2.5 \%$ .

Strisce in sistema composito a base di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato per il rinforzo strutturale di elementi in muratura in abbinamento ad opportuna malta a base calce:

Proprietà fibra secca:

- Resistenza a trazione nominale delle fibre  $> 2900$  MPa
- Modulo di elasticità a trazione fibre  $= 205$  GPa
- Peso/unità di superficie  $> 600$  g/mq
- Spessore di progetto del tessuto:  $sp_{equiv} = 0.084$  mm
- Allungamento a rottura  $> 1,5\%$

## 2.5 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

### Acciaio per Carpenteria metallica

Per elementi strutturali metallici si impiegano le seguenti tipologie di acciaio:

**acciaio S235** conforme alle prescrizioni contenute nel D.M. 14.01.2008 e nelle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1.

tipo acciaio	S 235
tensione di snervamento caratteristica $f_{yk}$	235 MPa
tensione di rottura caratteristica $f_{tk}$	360 MPa
modulo di elasticità normale E	210000 MPa
coefficiente di Poisson $\nu$	0.3

**acciaio S275** conforme alle prescrizioni contenute nel D.M. 14.01.2008 e nelle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1.

tipo acciaio	S 275
tensione di snervamento caratteristica $f_{yk}$	275 MPa

tensione di rottura caratteristica ftk	430 MPa
modulo di elasticità normale E	210000 MPa
coefficiente di Poisson $\nu$	0.3

**acciaio S355** conforme alle prescrizioni contenute nel D.M. 14.01.2008 e nelle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1.

tipo acciaio	S 355
tensione di snervamento caratteristica fyk	355 MPa
tensione di rottura caratteristica ftk	510 MPa
modulo di elasticità normale E	210000 MPa
coefficiente di Poisson $\nu$	0.3

### Bulloni

Le unioni bullonate saranno realizzate con bulloni rispondenti alle indicazioni contenute nel D.M. 14.01.2008 e nelle norme europee UNI EN ISO 4016:2002, UNI 5592:1968 e UNI EN ISO 898-1:2001.

classe	8.8
tensione di snervamento caratteristica fyb	649 MPa
tensione di rottura ftb	800 MPa

### Procedure di qualificazione e di accettazione

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nel D.M. 14.01.2008 al Cap. 11.

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il

**RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO SISMICO – PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE SUI MATERIALI**

sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992.

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al precedente § 11.3.3.5.3, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, 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 al § 11.3.1.7, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento 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, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente § 11.3.3.5.3.

**2.6 LEGNO MASSICCIO**

Per elementi strutturali nuovi in legno massiccio si impiega un legno massiccio (membrature delle capriate, terzere, travetti e doppio tavolato) di categoria C24 secondo EN 338. Riportiamo di seguito i valori caratteristici del legno massiccio secondo tale normativa:

proprietà 1 Classi di resistenza - Valori caratteristici

		Ploppo e ontano											Lattuglie						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Proprietà di resistenza (in N/mm <sup>2</sup> )																			
Flessione	$f_{b,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Proprietà di rigidezza (in kN/mm <sup>2</sup> )																			
Modulo di elasticità medio parallela	$E_{0,05}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
Modulo di elasticità parallelo al 5%	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Modulo di elasticità medio perpendicolare	$E_{0,05,perp}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Modulo di taglio medio	$G_{0,05}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Massa volumica (in kg/m <sup>3</sup> )																			
Massa volumica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	590	560	590	650	700	900
Massa volumica media	$\rho_{mass}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
Nota																			
a) I valori forniti sopra per la resistenza a trazione, la resistenza a compressione, la resistenza a taglio, il modulo di elasticità al 5%, il modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e il modulo di taglio medio, sono calcolati utilizzando le equazioni fornite nell'appendice A.																			
b) Le proprietà nel prospetto sono compatibili con un legno la cui umidità sia corrispondente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.																			
c) Il legno conforme alle classi C45 e C50 può non essere immediatamente disponibile.																			

## 2.7 LEGNO LAMELLARE

Per elementi strutturali in legno lamellare (nuovo cordolo perimetrale in copertura del campanile ) si impiega un legno lamellare incollato di categoria GL24h secondo UNI 1194. Riportiamo di seguito i valori caratteristici del legno massiccio secondo tale normativa:

		GL24h	GL28h	GL32h
<b>Proprietà di resistenza in N/mm<sup>2</sup></b>				
Flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	32
Trazione parallela	$f_{t,0,g,k}$	16.5	19.5	22.5
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,g,k}$	0.4	0.45	0.5
Compressione parallela	$f_{c,0,g,k}$	24	26.5	29
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,g,k}$	2.7	3.0	3.3
Taglio	$f_{v,g,k}$	2.7	3.2	3.8
<b>Proprietà di rigidezza in N/mm<sup>2</sup></b>				
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700
Modulo di elasticità parallelo	$E_{0,g,05}$	9400	10200	11100
Modulo di elasticità medio perp.	$E_{90,g,mean}$	390	420	460
Modulo di taglio medio	$G_{g,mean}$	720	780	850
<b>Massa volumica in kg/m<sup>3</sup></b>				
Massa volumica	$\rho_{g,k}$	380	410	430

### Procedure di qualificazione e di accettazione

Si richiamano di seguito le procedure e le prove sperimentali di accettazione così come definite nel D.M. 14.01.2008 al Cap. 11.

*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/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni che seguono.*

#### **11.7.10.1 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.

#### **11.7.10.1 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 e alla data 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.*

#### **11.7.10.1.2 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.*

#### **11.7.10.2 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.*