

Building and Construction for Engineers

L'Edilizia

INGEGNERIA MATERIALI TECNOLOGIA

La torre di Pisa è stata stabilizzata ?

CAPITOLATO SPECIALE
D'APPALTO PER IL
LEGNO STRUTTURALE

RINFORZO FRP DI
CUPOLE IN MURATURA

PAVIMENTAZIONI
INDUSTRIALI IN
CLS FIBRORINFORZATO



■ Fatti e Notizie	6
■ Corsi e Convegni	10
■ Biblion	12
■ σ e bit a cura di Franco Spinelli	14
■ Acciaio on-line	16
■ L'acqua nel deserto. Il filo d'acciaio per il "Great Man Made River Project"	18
■ MasterSap. Procedura di analisi e disegno strutturale. Versioni "top" e "classic"	20
■ Notiziario ATE	62



■ LA TORRE DI PISA E' STATA STABILIZZATA?	24
<i>di Carlo Viggiani</i>	
■ VOCI DI CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PER IL LEGNAME STRUTTURALE. Indagini sul legno strutturale in opera (II parte)	34
Misure di protezione del legname strutturale dal degrado biologico (III parte) ..	40
<i>di Gabriele Bonamini, Mariangela Noferi, Marco Togni</i>	
■ CUPOLE IN MURATURA. Il rinforzo in FRP per il consolidamento ...	46
<i>di Monica Nart</i>	
■ PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI in calcestruzzo fibrorinforzato	54
<i>di Alberto Meda, Giovanni A. Pizzari</i>	

DIRETTORE RESPONSABILE:
Florino Ivan De Lettera
deletter@tin.it

DIRETTORE:
Donatella Guzzoni
dguzzoni@tin.it

SEGRETERIA DI REDAZIONE:
Chiara Falcini
falcidie@tin.it

COMITATO SCIENTIFICO:
A. Albi Marini, C. Bertolini Cestari,
M. Catania, A. Ceccotti, M. Collepardi,
W. Esposti, F. Finzi, L. Finzi,
E. Giangreco, F. Laner, B. Lewicki,
P.N. Maggi, P.G. Malerba, G. Menditto,
A. Miglacci, F. Mola, G. Nardi,
M. Nebuloni, A. Parducci, P. Pedeferrì,
L. Sanpaolosi, E. Siviero, S. Tattoni,
R. Turriziani, J. Viegas.

COMITATO TECNICO:
G. Bedotti, R. Capra, P. Carbone, B. Della
Bella, V. deMicheli, E. De Steffani,
T. Du Marteau, G. Ferrari, M. Ferri,
F. Giovannini, R. Kromer,
A. Marioni, P. Montagni, A. Pasetti,
B. Pistone, E. Rinaldi, S. Schwarz,
J. Sokalski, S. Pereswiet-Soltan, R. Vinci,
G. Zambetti.

La rivista è organo di diffusione di:
ATE (Associazione Tecnologi dell'Edilizia),
C.T.E. (Collegio dei Tecnici dell'Edilizia)
AICO (Associazione Italiana Compositi)

DE LETTERA EDITORE sas

di Florino Ivan De Lettera & C.
20124 MILANO - VIA TADINO, 25
TEL./FAX 02.29.52.87.88 02.29.51.74.04

AMMINISTRAZIONE:
Rino Barison

ABBONAMENTI E VOLUMI:
Ermanno De Tommaso

GRAFICA E IMPAGINAZIONE:
Grazia Midilli
middle@tin.it

Publicazione bimestrale registrata presso
il Tribunale di Milano il 29/11/86 n. 659
Spedizione in a.p. art. 2 comma 20/b
legge 662/96 - Filiale di Milano
Stampa: Lithotris, Trezzano sul Naviglio (MI)

Tutti i diritti di riproduzione sono riservati

Le opinioni espresse dai singoli autori non
impegnano la redazione

Il materiale originale pervenuto in redazione
non verrà restituito, anche se non pub-
blicato.

c/c postale 49572209

ABBONAMENTI ITALIA E VENDITA
Vedi cedola su cartoncino giallo allegato alla rivista

Per gli studenti regolarmente iscritti è pre-
vista la tariffa d'abbonamento annuo spe-
ciale di € 35

ABBONAMENTI ESTERO
via di superficie € 85
via aerea:
Europa, Bacino del Mediterraneo
€ 96
Africa € 113
America, Asia € 118
Oceania € 134

PREZZO A COPIA:
Italia € 10 Arretrati € 12
Estero € 12 Arretrati € 16



Voci di capitolato speciale d'appalto per il legname strutturale

Il parte

di Gabriele Bonamini,
Mariangela Noferi,
Marco Togni

Dottori Forestali Tecnologi
del Legno - Studio Legno-
Wood Consulting, Firenze

studio.legno@iol.it

Le nuove strutture di legno vengono modernamente realizzate con elementi lignei classificati uno per uno secondo opportune regole^A. In questo caso, il Fornitore del legname risponde, di fronte al Committente, delle prestazioni minime garantibili da ciascun elemento ligneo. Quando, invece, si tratta di intervenire su una struttura lignea in esercizio, la prima esigenza del Committente diventa quella di stabilire se e fino a che punto gli elementi in opera siano in grado di continuare a svolgere (in toto, o almeno parzialmente) la funzione portante loro demandata.

A tal fine le regole di classificazione secondo le resistenze del legname nuovo a piè d'opera, se applicate acriticamente, risultano troppo restrittive e penalizzanti^B. Inoltre, tali regole escludono esplicitamente, oppure trascurano, aspetti che non interessano il legname nuovo, mentre sono di essenziale importanza per la valutazione del legname in opera: la presenza di alterazioni biologiche e/o danni meccanici (cedimenti e rotture parziali), gli effetti talvolta devastanti degli interventi di "restauro" e rinforzo del passato, lo stato dei vincoli e delle unioni, ecc.

La clausola che segue è uno strumento contrattuale applicabile nei casi d'intervento su strutture di carattere ordinario e non ricadenti sotto la categoria dei Beni Culturali.

L'approccio è, infatti, rispetto a quello necessario per questi ultimi, semplificato e ridotto alle questioni di carattere meramente tecnologico.

In altri termini, la voce che segue permette di garantire che vengano eseguite tutte le indagini preliminari necessarie e sufficienti affinché ciascun elemento ligneo in opera venga valutato correttamente in relazione alle sue attuali proprietà di resistenza e rigidezza, senza entrare nel merito dell'intervento vero e proprio, ossia dei provvedimenti da prendere in funzione del suo impiego futuro (sostituzione, riparazione, rinforzo, conservazione tal quale, ecc.).

Le parti in carattere piccolo e le note a piè di pagina sono da considerarsi facoltative, a eventuale integrazione delle parti in carattere normale.

Indagini sul legno strutturale in opera

■ La presente voce di capitolato copre le indagini sul legno strutturale in opera indirizzate all'accertamento, per singoli elementi portanti, dei seguenti parametri:

- a) specie legnosa,
- b) umidità del legno,
- c) presenza ed estensione dell'eventuale degrado biologico,
- d) presenza ed estensione di eventuali danni meccanici,
- e) sezioni efficaci residue,
- f) sezioni critiche,
- g) qualità resistente dell'elemento portante nel suo complesso,
- h) qualità resistente di singole sezioni critiche dell'elemento,
- i) efficienza delle unioni strutturali e dei vincoli,
- j) presenza di trattamenti e finiture superficiali.

L'accertamento dovrà essere condotto su ciascun elemento ligneo portante e, in nessun caso, i risultati potranno essere estesi a elementi vicini o di tipo simile. L'accertamento dovrà essere condotto obbligatoriamente mediante esame visuale ravvicinato di ogni parte dell'elemento che dovrà pertanto essere accessibile (vedi le condizioni preliminari alle indagini); l'esame a vista potrà essere integrato da sondaggi in profondità eseguiti mediante semplici strumenti (igrometro da legno, punteruolo, succhiello, punta sottile di trapano, carotatore), utilizzabili anche per saggiare parti dell'elemento non a vista (appoggi inseriti nei muri, parti nascoste da altri elementi strutturali, ecc.).

Laddove si reputi indispensabile, potranno inoltre essere condotte indagini supplementari mediante prove non distruttive², eseguite con idonei strumenti, quali: prove ultrasoniche e vibratorie, prove di perforazione con trapani dinamometrici, prove di estrazione della vite, ecc. Le prove non distruttive avranno sempre carattere integrativo, e mai sostitutivo, dell'esame visuale.

I risultati delle indagini dovranno costituire l'oggetto di una scheda di valutazione del singolo elemento ligneo esaminato (si veda l'esempio in appendice) da cui sia possibile identificare univocamente l'elemento nell'ambito della struttura lignea di appartenenza, desumere la specie legnosa, l'umidità e, inoltre:

■ ricostruire le sezioni effettivamente collaboranti, al netto del degrado e delle rotture parziali eventualmente intervenute durante il periodo in esercizio

■ assegnare agli elementi portanti nel loro complesso, o anche a singole sezioni di essi (sezioni critiche), valori affidabili per le proprietà meccaniche, desunti da profili resistenti riconosciuti³.

Condizioni preliminari alle indagini

L'esecuzione degli accertamenti sopra riportati potrà essere avviata soltanto dopo che saranno soddisfatte le seguenti condizioni preliminari.

Accessibilità L'elemento oggetto di indagine deve essere accessibile (si deve poter toccare con mano) in ogni sua parte visibile.

Pulizia e visibilità Le superfici di legno a vista non devono essere ricoperte e mascherate da polvere, sporcizia, o simili; questi strati dovranno essere rimossi con tecniche adeguate; nel caso in cui siano presenti rivestimenti di qualsiasi tipo che impediscano la visibilità del legno, occorrerà valutare caso per caso quali tipi di indagini risultano possibili e quali no, indicando esplicitamente questo tipo di limitazione nella scheda di valutazione dell'elemento.

Illuminazione Deve essere tale, per intensità e qualità, da permettere un corretto esame a vista delle superfici legnose.

Rilievo geometrico Deve essere disponibile un rilievo grafico dell'elemento in cui sia identificata univocamente la sua posizione nell'ambito della struttura, nonché le sue caratteristiche geometriche: dimensioni, forma generale, tipo di sezione (rettangolare, con smussi, circolare), eventuali deformazioni (arcuatura, falcatura, svergolatura, imbarcamento), ecc.

Accertamenti in opera

a) Specie legnosa

L'identificazione del materiale potrà essere condotta mediante analisi macroscopica, se necessario abbinata a indagini microscopiche di laboratorio (esame dei caratteri anatomici dei tessuti legnosi).

Non sempre il riconoscimento, anche applicando le migliori tecniche, potrà essere spinto fino al livello di singola specie legnosa, ma dovrà essere limitato a livelli più generali (genere botanico, gruppo di specie). Di norma, comunque, una corretta identificazione rende possibile almeno l'inserimento dell'elemento ligneo portante in un raggruppamento di specie legnose sufficientemente caratterizzato, ai fini pratici, dal punto di vista fisico-meccanico.

Non soltanto le strutture di legno massiccio necessitano di una periodica ispezione ravvicinata: anche il legno lamellare incollato dovrebbe essere controllato accuratamente a scadenze regolari, allo scopo di prevenire possibili inconvenienti e assicurare la lunga durata di esercizio.

³ cfr. G. Bonamini, M. Noferi e M. Togni "Voci di capitolato speciale d'appalto per il legname strutturale - Parte I: Legname a piè d'opera".

² L'elemento ligneo nuovo viene classificato in base alla sezione peggiore, ovunque essa sia localizzata nell'elemento stesso, poiché non è ancora noto il modo in cui il segato verrà impiegato nella struttura e quindi il tipo di sollecitazioni a cui verrà sottoposto. Questo criterio, che va in direzione della massima affidabilità e sicurezza, penalizza di fatto il materiale, ma presenta il vantaggio di rendere ogni elemento sostanzialmente intercambiabile con tutti gli altri della stessa categoria di qualità resistente.

Il riconoscimento macroscopico richiede la visibilità di almeno una limitata superficie di legno libera da sporco, polvere, strati superficiali di decorazione o trattamenti. Deve essere pertanto assicurata tale condizione. Il riconoscimento microscopico richiede il prelievo di almeno un frammento di legno di piccole dimensioni. Deve essere pertanto consentito tale prelievo. Le precedenti condizioni devono essere assicurate per ciascun elemento ligneo portante oggetto di identificazione della specie legnosa.

b) Umidità del legno

Le indagini devono essere finalizzate al raggiungimento dei due seguenti obiettivi, fra loro distinti:

■ determinazione dell'umidità media attuale dell'elemento, definita come media di tre misurazioni effettuate con igrometro elettrico provvisto di elettrodi a gambo isolato, rispettivamente a 1/3, 1/2 e 2/3 della lunghezza dell'elemento; gli elettrodi dovranno ogni volta essere infissi fino a 1/3 dello spessore dell'elemento;

■ individuazione di eventuali zone dell'elemento in cui l'umidità del legno supera localmente la soglia di sicurezza del 20%, al di sopra della quale esiste un rischio di attacchi da parte dei funghi agenti della carie del legno.

È frequente la presenza di tali zone umide in corrispondenza degli appoggi di travi nelle murature intrise di acqua piovana oppure di umidità da risalita capillare; delle zone di infiltrazione di pioggia dai manti di copertura sconnessi; del piede di pilastri in contatto con il terreno; ecc. È comunque buona norma effettuare misurazioni di controllo in tutte le zone dell'elemento in cui si notino alterazioni di colore o segni di muffa. Per queste determinazioni lo strumento indicato è l'igrometro da legno con elettrodi di acciaio a gambo isolato; occorre però considerare la possibilità che lo strumento possa dare indicazioni erronee in presenza di strati superficiali di sostanze conduttrici (quali ad es. sali preservanti o altro).

c) Presenza ed estensione dell'eventuale degrado biologico

Le indagini distingueranno tipo e gravità degli attacchi biologici eventualmente presenti, descrivendone i caratteri e, laddove necessario, ricostruendo al meglio un congruo numero di sezioni trasversali dell'elemento, indicando forma ed estensione della zona degradata in rapporto alla zona di legno rimasto intatto. Di norma ciò è possibile con sufficiente approssimazione senza il ricorso ad esami microscopici. In ogni caso dovranno essere distinti gli attacchi di funghi da quelli di insetti distruttori del legno. Soltanto per questi ultimi sarà anche indispensabile identificare le specie o gruppi di specie responsabili dell'attacco, ai fini della determinazione delle modalità di evoluzione nel tempo del medesimo.

Di norma il legno degradato da funghi e/o da insetti è da ritenersi non collaborante (resistenza zero); pertanto, la presenza di degradamento da funghi nell'alburno e/o nel durame porterà convenzionalmente all'attribuzione di resistenza zero all'intera sezione; in deroga al principio generale esposto, per le sole specie a durame naturalmente durabile (Classi di durabilità 1, 2 e 3 secondo la UNI EN 350-1) l'attribuzione di resistenza zero potrà essere limitata al solo alburno purché possa essere dimostrato che nel durame non sussiste traccia alcuna di ammaloramento e che il legname si trova stabilmente al di sotto del 18% di umidità. La presenza di degrado da insetti porterà di norma all'esclusione dalla sezione efficace della sola area effettivamente attraversata dalle gallerie.

d) Presenza ed estensione di eventuali danni meccanici

L'esame visuale ravvicinato dovrà evidenziare l'eventuale presenza di cedimenti parziali, rotture e altri danni meccanici derivanti da sovraccarichi accidentali, da fenomeni di coazione, urti, o altro.

Rientrano in questa categoria anche le riduzioni di sezione dovute a intagli, forature e altri interventi impropri eseguiti in passato ai fini di un "restauro" della struttura, oppure dell'installazione di impianti, o altro. La posizione nell'ambito dell'elemento delle sezioni interessate da danni meccanici dovrà essere segnalata sulla scheda di valutazione.

e) Sezioni efficaci

La scheda di valutazione dell'elemento dovrà riportare un congruo numero di sezioni trasversali, ricostruite graficamente in base ai risultati delle indagini, in cui sia indicata la parte di legno attualmente collaborante, compresi i difetti naturali del legno (nodi, fessure, cipollature, ecc.), ed esclusa, invece, ogni zona affetta da degrado biologico o da danni meccanici, valutata come descritto alle lettere c) e d). Il numero e la posizione delle sezioni trasversali dovrà essere valutato caso per caso, ma non potrà comunque essere minore di 3, comprendente la sezione mediana e una sezione per ciascun terzo laterale dell'elemento.





f) Sezioni critiche

Su ciascun elemento dovrà essere identificata e valutata almeno una sezione trasversale dell'elemento ligneo che per qualità, posizione, stato di conservazione e/o stato di sollecitazione, possa essere considerata critica ai fini della capacità portante dell'elemento ligneo. La sezione più difettosa dell'elemento, ovunque essa cada, dovrà essere considerata critica per definizione, e pertanto sarà sempre oggetto di valutazione. Una sezione critica può coincidere con una delle tre sezioni efficaci citate al punto e): in questo caso occorrerà segnalarlo sulla scheda di valutazione dell'elemento.

g) Qualità resistente dell'elemento portante nel suo complesso

Salvo espliciti accordi diversi, la determinazione della qualità strutturale dell'elemento portante nel suo complesso verrà effettuata applicando le regole di classificazione secondo le resistenze utilizzate per il legno strutturale a piè d'opera, limitatamente alla sezione efficace più difettosa dell'elemento (ovunque essa sia localizzata).

h) Qualità resistente di singole sezioni critiche dell'elemento

Salvo espliciti accordi diversi, la classificazione secondo le resistenze meccaniche, conformemente a quanto già precisato alla lettera g), dovrà essere ripetuta separatamente su ciascuna delle sezioni critiche individuate sull'elemento, con attribuzione di un profilo resistente riconosciuto a ciascuna di tali sezioni. I risultati di queste classificazioni dovranno essere riportati sulla scheda di valutazione.

i) Efficienza delle unioni strutturali e dei vincoli

Laddove appropriato, la scheda di valutazione dovrà includere una descrizione dei vincoli e delle unioni interessanti l'elemento oggetto di indagine, con indicazione di eventuali sconnessioni, dell'eventuale perdita parziale o totale di funzionalità, della presenza di eventuali connettori, di incollaggi strutturali e quanto altro ritenuto utile e pertinente.

j) Presenza di trattamenti e finiture superficiali

Laddove appropriato, nella scheda di valutazione dovranno essere riportate informazioni relative al tipo e qualità degli eventuali trattamenti (preservanti, igniritardanti, "consolidanti") subiti dall'elemento, nonché al tipo di finitura superficiale (grezzo, piallato, tinto, verniciato, ecc.)

SOPRA

Anche le decorazioni pittoriche possono mascherare la superficie del legno, ma nel caso illustrato l'ispezione risulta ancora agevole senza il ricorso a tecniche invasive.

PAGINA PRECEDENTE

La presenza di intonaci o altre sovrastrutture può limitare l'accessibilità e la visibilità delle strutture lignee in misura tale da rendere impossibile un'efficace ispezione senza provvedere al loro allontanamento.

Gli attacchi di insetti (in questo caso di Capricorno), possono estendersi notevolmente in superficie, ma non per questo riducono sempre significativamente la sezione resistente, specialmente se il legno rimane a livelli di umidità molto bassi.



Riferimenti normativi

Nell'elenco che segue sono presenti riferimenti datati e non datati. Per questi ultimi, il riferimento si intende alla versione più recente della norma.

UNI EN 338 "Legno strutturale - Classi di resistenza" - 1997.

UNI EN 350-1 "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Durabilità naturale del legno massiccio - Guida ai principi di prova e classificazione della durabilità naturale del legno" - 1996.

UNI EN 384 "Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica" - 1997.

UNI EN 408 "Strutture di legno - Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche" - 1997.

UNI EN 1193 "Strutture di legno - Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione della resistenza a taglio e delle proprietà meccaniche perpendicolari alla fibratura" - 1997.

UNI EN 1912 "Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie visuali e specie legnose".

UNI 8198 "Segati di conifere - Classificazione in base alla resistenza meccanica".

NOTE

1 Per la denominazione completa delle norme citate si rimanda all'elenco dei riferimenti normativi in calce, che costituiscono parte integrante della presente voce.

2 Per prove non distruttive si intendono prove in seguito alle quali la capacità portante dell'elemento indagato non viene alterata in modo strumentalmente rilevabile. Sono incluse in questa categoria anche prove che implicano la foratura dell'elemento o il prelievo di frammenti e provini di piccole dimensioni. Il carattere moderatamente distruttivo di queste metodologie, può amplificarsi e moltiplicarsi anche pericolosamente in seguito ad un uso improprio e/o eccessivo.

3 Per "profilo resistente riconosciuto" si intende un insieme di valori relativi alle principali caratteristiche fisico-meccaniche (almeno la massa volumica, la resistenza a flessione e il modu-

lo di elasticità), derivanti da una consolidata e riconosciuta pratica progettuale ed esecutiva oppure da documentati studi ad hoc, e configurabili in uno dei tre tipi seguenti:

- tensioni ammissibili;
- valori caratteristici, ricavati conformemente alla UNI EN 384 a partire dalla UNI EN (408+1193);
- classi di resistenza, assegnate conformemente alla UNI EN 338; nella UNI EN 1912 sono elencate categorie e specie legnose europee assegnate ufficialmente alle classi di resistenza della UNI EN 338.

I tipi di legname strutturale più comunemente usati in Italia, per i quali sono disponibili profili resistenti riconosciuti sono i seguenti: Abete rosso, Abete bianco, Larice, Pini, Castagno, Poppo bianco (Gattice) e Quercia (Rovere e Farnia).

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'ELEMENTO LIGNEO PORTANTE

N.B. Il presente schema ha solo valore indicativo: ogni elemento è un caso a sé stante e la sua valutazione non si esaurisce con la compilazione di una lista di controllo, per quanto completa ed esaustiva

Identificazione:

Edificio: _____

Struttura: _____

Sottostruttura: _____

Elemento ligneo portante: _____

Elemento sollecitato a: - compressione - trazione - flessione - taglio - torsione

Planimetria e sezione schematica:

--	--

Condizioni operative in cui si è svolto il rilievo

Operatore:

Data:

Ora:

Pulizia: sufficiente - insufficiente

Illuminazione: sufficiente - insufficiente

Rilievo geometrico: - sì - no

Accessibilità:

- intera lunghezza - parziale

- 4 facce - 3 facce - 2 facce - 1 faccia

- 2 testate - 1 testata - testate non visibili

Accertamenti eseguiti

Specie legnosa: _____ Macro- Micro-

Umidità del legno: % % % ⇔ media %

Presenza ed estensione dell'eventuale degrado biologico:

nessun degrado presente

degrado da funghi presente (allegare foglio con dettagli: posizione, estensione, stato dell'attacco, ecc.)

degrado da insetti presente (allegare foglio con dettagli: tipo di insetti, posizione, estensione, stato dell'attacco, ecc.)

Presenza ed estensione di eventuali danni meccanici:

nessun danno rilevato

rilevato danno meccanico (allegare foglio con dettagli: tipo, posizione, estensione, ecc.)

Sezioni efficaci:

Allegare schema grafico per ciascuna sezione (almeno 3), indicando le zone di legno degradato, quelle di legno integro, i difetti e le anomalie.

Sezioni critiche:

Allegare schema grafico per ciascuna sezione (almeno 1), indicando le zone di legno degradato, quelle di legno integro, i difetti e le anomalie.

Prove non distruttive complementari

Allegare descrizione delle metodologie di prova, dati rilevati, metodologie di elaborazione di questi ultimi e risultati conseguiti.

Qualità strutturale dell'elemento portante nel suo complesso:

Categoria Secondo la norma

Qualità resistente di singole sezioni critiche dell'elemento:

Sezione critica n°1: Categoria Secondo la norma

Sezione critica n°2: Categoria Secondo la norma

Sezione critica n°3: Categoria Secondo la norma

Efficienza delle unioni strutturali e dei vincoli (descrivere): _____

Presenza di trattamenti e finiture superficiali (descrivere): _____