

Salvatore Sbacchis

Travi in legno lamellare

**GUIDA TEORICO-PRATICA
E SOFTWARE PER LA VERIFICA
DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

- Calcolo delle travi in legno lamellare e massiccio
 - Verifica delle sezioni sottoposte ad incendio
 - Calcolo delle unioni chiodate "a scarpa"
 - Compilazione automatica della relazione di calcolo
 - Calcolo di trave secondaria e principale di solaio
 - Esempi applicativi
- **AGGIORNATO ALLE NTC
E ALLA CIRCOLARE N. 617/2009**

 The logo for GRAFILL, featuring a stylized graphic of a beam or truss structure above the word "GRAFILL" in a bold, sans-serif font.

Salvatore Sbacchis

TRAVI IN LEGNO LAMELLARE

ISBN 13 978-88-8207-459-3

EAN 9 788882 074593

Software, 61

Prima edizione, marzo 2012

Sbacchis, Salvatore <1953>

Travi in legno lamellare / Salvatore Sbacchis.

– Palermo : Grafill, 2012.

(Software ; 61)

ISBN 978-88-8207-459-3

1. Travi in legno.

624.17723 CDD-22

SBN Pal029342

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di marzo 2012

presso **Tipolitografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2/e – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

a Giovan Battista, mio padre

SOMMARIO

PREMESSA	p.	11
NOTE AL VOLUME	"	13
1. IL LEGNO LAMELLARE	"	15
1.1. Generalità sul legno lamellare	"	15
1.2. Differenze qualitative del legno	"	16
1.3. Dimensionamento degli elementi in legno lamellare	"	18
1.3.1. Pregi e limiti	"	18
1.3.2. La sezione del legno lamellare	"	19
1.3.3. Il materiale	"	20
2. TIPOLOGIE DI TRAVE LAMELLARE	"	24
2.1. Inclinazione dell'estradosso o dell'intradosso	"	24
3. IL CALCOLO	"	27
3.1. Modalità di analisi	"	27
3.2. Azioni di calcolo	"	27
3.2.1. Stato Limite Ultimo (S.L.U.)	"	27
3.2.2. Stati Limite di Esercizio (S.L.E.)	"	28
3.3. Resistenza del materiale	"	29
3.3.1. Classe di durata e Classe di servizio	"	29
4. LA VERIFICA DI RESISTENZA DELLE TRAVI DI LEGNO	"	31
4.1. Premessa	"	31
4.2. Stato Limite Ultimo	"	31
4.2.1. Verifica del momento di mezzeria	"	31
4.2.2. Verifica del momento massimo	"	32
4.2.3. Verifica delle tensioni trasversali	"	33
4.2.4. Verifica del taglio nella sezione d'appoggio	"	36
4.2.5. Verifica della compressione trasversale all'appoggio	"	37
4.3. Stato limite di esercizio	"	38

4.3.1.	La deformazione istantanea	p.	38
4.3.2.	La deformazione finale	"	38
4.3.3.	Calcolo dello stato di deformazione	"	39
4.4.	Verifica a instabilità laterale (svergolamento)	"	42
5.	I COLLEGAMENTI CHIODATI	"	44
5.1.	Il collegamento a "scarpa"	"	44
5.2.	Forza di estrazione	"	44
5.3.	Prove sui chiodi	"	45
5.4.	Resistenza della piastra	"	45
5.5.	Le verifiche sui chiodi	"	46
5.6.	Gli appoggi a scarpa	"	46
5.7.	Verifica e dimensionamento del giunto a scarpa	"	47
5.8.	Verifica del lamierino della scarpa	"	48
5.9.	Carico sulla chiodatura laterale	"	49
5.10.	Verifica della chiodatura "a" e "b"	"	50
6.	ESEMPI DI CALCOLO	"	52
6.1.	ESEMPIO 1 – Discretizzazione di una trave a intradosso curvo	"	52
6.1.1.	Dati geometrici della trave	"	52
6.1.2.	Peso presunto della trave	"	53
6.1.3.	Azioni di progetto	"	53
6.1.4.	Coefficienti di carico	"	53
6.1.5.	Valori di carico	"	53
6.1.6.	Caratteristiche meccaniche del legno	"	54
6.2.	ESEMPIO 2 – Discretizzazione di una trave "a caldo"	"	54
6.2.1.	Dati geometrici della trave	"	55
6.2.2.	Calcolo peso proprio della trave	"	55
6.2.3.	Valori di carico di calcolo	"	55
6.2.4.	Caratteristiche meccaniche del legno	"	56
6.3.	ESEMPIO 3 – Verifica di resistenza al fuoco	"	56
6.3.1.	Le azioni per la verifica a fuoco	"	56
6.4.	ESEMPIO 4 – Verifica della unione a "scarpa"	"	57
6.4.1.	Momento di estrazione	"	60
6.4.2.	Verifica della chiodatura tipo "b"	"	61
6.5.	ESEMPIO 5 – Calcolo semplificato della scarpa	"	61
7.	IL SOFTWARE LAMELLARE	"	64
7.1.	Premessa	"	64
7.2.	Avvio del software	"	64
7.3.	Le sezioni di lavoro	"	65
7.4.	Le sezioni da "A" ad "H"	"	66

A.	TIPOLOGIA	p.	66
	A.1. Scelta della tipologia.....	"	66
	A.2. Geometria della trave.....	"	66
	A.3. Predimensionamento della sezione.....	"	67
	A.4. Dimensione falda maggiore.....	"	67
	A.5. Pendenze di falda.....	"	67
	A.6. Raggio di curvatura.....	"	67
B.	CARICHI	"	68
	B.1. Analisi dei carichi.....	"	68
	B.2. Azione dei carichi.....	"	68
	B.3. Coefficienti delle combinazioni di carico.....	"	69
	B.4. Valori definitivi di carico.....	"	69
C.	MATERIALE	"	69
	C.1. Caratteristiche meccaniche del materiale.....	"	69
	C.2. / C.3. Classe di durata e di servizio.....	"	70
	C.4. Calcolo dei coefficienti di sicurezza.....	"	71
	C.5. Aggiornamento delle tensioni di progetto.....	"	71
D.	ver. S.L.U.	"	71
	D.1. Verifiche allo S.L.U.....	"	71
	D.2. Coefficienti per la verifica delle tensioni longitudinali e trasversali ..	"	72
	D.3. Valori delle tensioni di progetto.....	"	72
	D.4. Verifiche a taglio.....	"	72
	D.5. Verifica a flessione.....	"	73
E.	ver. S.L.E.	"	73
	E.1. / E.2. Verifica allo Stato Limite Elastico.....	"	73
	E.3. Coefficienti di deformabilità.....	"	74
	E.4. / E.5. Verifica della freccia elastica.....	"	74
	E.6. Verifica dell'instabilità laterale.....	"	74
	E.7. Verifica spostamento del carrello nelle travi curve.....	"	75
F.	ver. FUOCO	"	75
	F.1. / F.2. Verifica al fuoco.....	"	75
	F.3. / F.4. Riduzione della sezione carbonizzata.....	"	75
	F.5. Valori delle tensioni di progetto.....	"	76
	F.6. Verifica della sezione carbonizzata.....	"	76
G.	ver. SCARPA	"	77
	G.1. Verifica del collegamento a "scarpa".....	"	77
	G.2. Scelta dimensioni chiodi e piastra.....	"	77
	G.3. Dati geometrici della "scarpa".....	"	78
	G.4. Scelta dimensioni chiodi e piastra.....	"	78
	G.5. / G.6. Resistenza del legno e dei chiodi.....	"	79
	G.7. Portanza massima sul lamierino d'appoggio.....	"	79
	G.8. Caratteristiche geometriche della chiodatura tipo "a".....	"	79
	G.9. Verifica della chiodatura "a".....	"	80
	G.10. Verifica della chiodatura "b".....	"	81
H.	RELAZIONE	"	81

8. FORMULE UTILIZZATE NEL CALCOLO DELLE TRAVI IN LEGNO LAMELLARE O MASSICCIO	p.	86
Simboli.....	"	86
Formule.....	"	86
Verifiche Stato Limite Ultimo sezione rettilinea.....	"	87
Verifiche Stato Limite Ultimo sezione curvilinea e/o variabile.....	"	87
Deformazioni allo S.L.E.....	"	88
Deformabilità per instabilità laterale.....	"	89
Spostamento del vincolo d'appoggio.....	"	89
Resistenza al fuoco.....	"	89
Formule utilizzate nella verifica del giunto a "scarpa".....	"	90
Verifica del lamierino d'appoggio.....	"	90
Sforzi sull'unione chiodata.....	"	91
9. ESEMPIO 1 – VERIFICA DELLE TRAVI DI UN SOLAIO IN LEGNO LAMELLARE	"	92
9.1. Premessa	"	92
9.2. Verifica della trave secondaria del solaio	"	93
Creazione del foglio di calcolo TRAVE_SECONDARIA	"	94
A. Dati caratteristici della trave	"	94
A.1. Scelta della tipologia della trave (1...9).....	"	94
A.2. Geometria della trave.....	"	94
A.3. Predimensionamento della sezione.....	"	95
A.4. Dimensione falda maggiore.....	"	95
A.5. Pendenze di falda.....	"	95
A.6. Raggio di curvatura.....	"	96
B. Analisi dei carichi	"	96
B.1. Analisi dei carichi.....	"	96
B.2. Azione dei carichi.....	"	96
B.3. Coefficienti delle combinazioni di carico.....	"	97
B.4. Valori definitivi di carico.....	"	97
C. Caratteristiche meccaniche del materiale legno	"	98
C.1. Caratteristiche meccaniche del materiale legno.....	"	98
C.2 / C.3. Classe di durata e di servizio.....	"	98
C.4. Calcolo dei coefficienti di sicurezza.....	"	99
C.5. Aggiornamento delle tensioni di progetto.....	"	99
D. Verifica della trave allo S.L.U.	"	99
D.1. Preparazione dei dati.....	"	99
D.2. Coefficienti per la verifica delle tensioni longitudinali e trasversali.....	"	100
D.3. Valori delle tensioni di progetto.....	"	100
D.4. Verifiche a taglio.....	"	100
D.5. Verifiche a flessione.....	"	101

E.	Verifiche di tipo elastico	p.	101
	E.1. / E.2. Preparazione dei dati per la verifica allo S.L.E.....	"	101
	E.3. Coefficienti di deformabilità	"	102
	E.4. / E.5. Verifica della freccia elastica	"	102
	E.6. Verifica dell'instabilità laterale	"	103
	E.7. Verifica spostamento del carrello nelle travi curve.....	"	103
F.	Verifica al fuoco	"	103
	F.1. / F.2. Preparazione dei dati per la verifica	"	103
	F.3. / F.4. Riduzione della sezione carbonizzata.....	"	104
	F.5. Valori delle tensioni di progetto.....	"	104
	F.6. Verifica della sezione carbonizzata.....	"	105
G.	Verifica del collegamento metallico a "scarpa"	"	105
	G.1. Preparazione dei dati e calcolo della portata	"	105
	G.2. Scelta dimensioni chiodi e piastra	"	105
	G.3. Dati geometrici della "scarpa".....	"	106
	G.4. Scelta dimensioni chiodi e piastra	"	107
	G.5. / G.6. Resistenza del legno e dei chiodi.....	"	107
	G.7. Portanza massima sul lamierino d'appoggio	"	107
	G.8. Caratteristiche geometriche della chiodatura tipo "a"	"	108
	G.9. Verifica della chiodatura "a".....	"	109
	G.10. Verifica della chiodatura "b"	"	109
H.	Relazione di calcolo	"	110
I.	Formule utilizzate dal foglio di calcolo	"	110
9.3.	Verifica della trave principale del solaio	"	110
9.4.	Conclusione.....	"	110
10.	ESEMPIO 2 – VERIFICA DELLA TRAVE SECONDARIA DI UNA PENSILINA	"	114
	10.1. Premessa.....	"	114
	10.2. Procedimento per la verifica della trave secondaria di una pensilina	"	115
	Creazione del foglio di calcolo TRAVE_pensilina	"	116
A.	Dati caratteristici della trave secondaria	"	116
	A.1. Scelta della tipologia della trave (1...9)	"	116
	A.2. Geometria della trave.....	"	116
	A.3. Predimensionamento della sezione.....	"	117
	A.4. Dimensione falda maggiore	"	117
	A.5. Pendenze di falda	"	117
	A.6. Raggio di curvatura.....	"	118
B.	Analisi dei carichi	"	118
	B.1. Analisi dei carichi	"	118
	B.2. Azione dei carichi	"	118
	B.3. Coefficienti delle combinazioni di carico	"	119
	B.4. Valori definitivi di carico	"	119

C.	Caratteristiche meccaniche del materiale legno	p.	120
	C.1. Caratteristiche meccaniche del materiale legno.....	"	120
	C.2 / C.3. Classe di durata e di servizio	"	120
	C.4. Calcolo dei coefficienti di sicurezza	"	121
	C.5. Aggiornamento delle tensioni di progetto	"	121
D.	Verifica della trave allo S.L.U.	"	121
	D.1. Preparazione dei dati.....	"	122
	D.2. Coefficienti per la verifica delle tensioni longitudinali e trasversali ..	"	122
	D.3. Valori delle tensioni di progetto.....	"	122
	D.4. Verifiche a taglio	"	123
	D.5. Verifiche a flessione	"	123
E.	Verifiche di tipo elastico	"	123
	E.1. / E.2. Preparazione dei dati per la verifica allo S.L.E.....	"	123
	E.3. Coefficienti di deformabilità	"	124
	E.4. /E.5. Verifica della freccia elastica	"	124
	E.6. Verifica dell'instabilità laterale	"	125
	E.7. Verifica spostamento del carrello nelle travi curve.....	"	125
F.	Verifica al fuoco	"	125
	F.1. / F.2. Preparazione dei dati per la verifica	"	125
	F.3. / F.4. Riduzione della sezione carbonizzata.....	"	126
	F.5. Valori delle tensioni di progetto.....	"	126
	F.6. Verifica della sezione carbonizzata.....	"	127
G.	Verifica del collegamento metallico a "scarpa"	"	127
	G.1. Preparazione dei dati e calcolo del taglio all'appoggio	"	127
	G.2. Scelta dimensioni chiodi e piastra	"	127
	G.3. Dati geometrici della "scarpa"	"	128
	G.4. Scelta dimensioni chiodi e piastra	"	129
	G.5. / G.6. Resistenza del legno e dei chiodi.....	"	129
	G.7. Portanza massima sul lamierino d'appoggio	"	129
	G.8. Caratteristiche geometriche della chiodatura tipo "a"	"	130
	G.9. Verifica della chiodatura "a"	"	131
	G.10. Verifica della chiodatura "b"	"	131
H.	Relazione di calcolo	"	132
I.	Formule utilizzate dal foglio di calcolo	"	132
11.	GUIDA ALL'INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE LAMELLARE	"	133
	11.1. Contenuti del cd-rom allegato alla pubblicazione.....	"	133
	11.2. Requisiti minimi hardware e software.....	"	134
	11.3. Procedura per la richiesta della password utente.....	"	134
	11.4. Procedura per l'installazione del software	"	134
	11.5. Procedura per la registrazione del software	"	135
12.	GLOSSARIO	"	136

Premessa

Tra i materiali da costruzione più usati dall'uomo il legno è sicuramente l'unico proveniente da cellule vegetali viventi. Come materiale per l'Architettura, il "legno" ricavato dagli alberi prima di essere usato nell'ambito della Tecnica delle Costruzioni ha bisogno di essere pensato e trasformato per potere essere usato nei vari tipi di costruzioni. Come il "cemento armato" è un nuovo materiale risultante dall'unione tra conglomerato e acciaio, o come la "muratura" è il risultato dell'unione tra pietra e malta, e ancora, come l'"acciaio" è il frutto della miscela di ferro e carbonio, anche il "materiale" legno è il risultato della lavorazione di tronchi, rami e radici dell'albero.

Nell'ambito della Tecnica delle Costruzioni, quindi, per "legno" si intendono le fibre di crescita delle specie arboree, essiccate e lavorate in varia consistenza e forma per i vari usi di ingegneria e architettura.

In questo contesto il legno viene "istituzionalizzato" dalla Tecnica delle Costruzioni che lo sottopone al vaglio di rigorosi modelli matematici al fine di controllarne la qualità attraverso gli aspetti Costitutivi, Geometrici e di Equilibrio.

L'aspetto costitutivo (COS) e quello che ne controlla le proprietà meccaniche interne. La compatibilità (COM) studia gli aspetti geometrici compatibili con lo spazio euclideo esterno, mentre l'equilibrio (EQU) studia le cause (forze) che presiedono agli effetti (spostamenti) sia interni sia esterni. Una struttura è idonea quindi quando il materiale legno supera lo studio della sua stabilità nel tempo, attraverso la "firmitas" vitruviana (Marcus Vitruvius Pollio; 46-30 a.C.; Libro I, *De Architectura*). Qualità che unita alla Utilitas e alla Venustas, forma uno dei tre pilastri concettuali sui quali poggia tutta l'architettura. Importante a questo punto lo sviluppo della matematica moderna, soprattutto quella applicata all'uso dei calcolatori.

Grazie a loro infatti è stato possibile svolgere calcoli impensabili fino a qualche decennio fa. Si pensi ad esempio alla possibilità di introdurre nuove variabili nel calcolo scientifico, come il tempo, l'invecchiamento, la fatica, il sisma, la conduzione termica, eccetera. Sfide che aprono nuovi orizzonti, soprattutto se si pensa ai risvolti che si hanno nel campo dello studio della sicurezza delle costruzioni soggette ai grandi rischi, come terremoti, inondazioni, uragani, incendi, esplosioni, eccetera. Attraverso lo studio dei conflitti che generano le leggi che governano causa-effetto sui materiali da costruzione, i fenomeni terrestri come i terremoti e gli uragani non sono più visti, come era nel XVI secolo, frutto di castighi divini ma come normali effetti di una "creazione", di un "passato prossimo", iniziato milioni di anni fa e in perenne evoluzione. Cambiamenti contro i quali ci si può difendere realizzando costruzioni sicure. Il presente libro teorico-pratico sul legno lamellare è una rivisitazione sulle possibilità d'impiego del legno nelle costruzioni, un materiale da sempre usato, sia ieri per le palafitte, sia oggi per il lamellare, per combattere uno dei più antichi e costanti conflitti dell'uomo: la legge di gravità. Il legno è il primo materiale in assoluto che l'uomo usa per "elevarsi" e proteggere la sua abitazione.

L'Autore

Note al volume

Il presente volume affronta il tema del calcolo delle travi in legno lamellare e massiccio. Le travi sono verificate a resistenza, al fuoco e spostamento del vincolo. Viene verificato il collegamento chiodato a “scarpa” di una trave secondaria a una trave principale come nel caso di arcarecci di solaio o di copertura.

Le tipologie di travi trattate sono quelle usate nei casi più generici e vicine al modello isostatico della trave semplicemente appoggiata soggetta a carico uniformemente distribuito.

Il foglio di calcolo **LAMELLARE** allegato al presente testo completa il testo con alcune applicazioni. **LAMELLARE** è un software di calcolo sviluppato in Microsoft Excel che permette la verifica di travi in legno lamellare o massiccio ad andamento rettilineo, curvo, a sezione costante e variabile. Tale software esegue, inoltre, la verifica al fuoco e del collegamento con lamierino chiodato a “scarpa” tra la l’arcareccio e la trave principale portante.

I calcoli di verifica, eseguiti secondo il criterio di sicurezza dello Stato Limite Ultimo (S.L.U.) e allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.), sono eseguiti in modo automatico secondo l’Eurocodice 5 ed è prevista la stampa della relazione finale di tutti i calcoli eseguiti.

Le tensioni longitudinali e trasversali della trave sono verificate allo S.L.U.. Lo stato deformativo della freccia elastica e dello sbandamento laterale vengono verificati allo S.L.E.. Vengono trattate le verifiche della sezione soggetta a fuoco e della chiodatura della scarpa di collegamento.

Per approfondimenti sull’argomento relativo al materiale legno e a completamento delle procedure di calcolo allo S.L.U. e allo S.L.E. di altre strutture in legno, quali i tiranti, i puntoni, il problema dell’instabilità assiale dovuto al carico di punta nelle travi reticolari, si rimanda il lettore al libro *Capriate in Legno* di Salvatore Sbacchis, edito dalla stessa casa editrice Grafill.

Capitolo 1

Il legno lamellare

▷ 1.1. Generalità sul legno lamellare

Le travi in legno lamellare sono sempre più usate in architettura e in ingegneria per la loro alta capacità di resistenza come travi inflesse.

In generale la trave in legno ha avuto una grande importanza e una vasta applicazione sin dall'antichità soprattutto negli orizzontamenti strutturali quali solai, tetti, scale, capriate, eccetera.

Fino a un certo tempo, il legno è stato anche usato anche se in modo minore nella costruzione di strutture portanti verticali, usanza tradizionalmente ancora mantenuta nelle zone montane e in quelle riccamente popolate di essenze arboree.

Le strutture realizzate in legno appartengono prevalentemente a due categorie di essenza:

- 1) legno massiccio;
- 2) legno lamellare.

La differenza sostanziale dell'utilizzo di travi in legno lamellare o in legno massiccio tradizionale, risiede non tanto sulle proprietà meccaniche tra i due tipi pressoché identiche nella capacità di resistenza di fronte allo stesso tipo di sollecitazione indotta, quanto sulla possibilità di realizzare tipologie strutturali geometricamente diverse.

La peculiare caratteristica principale del legno lamellare rispetto a quello naturale è quella di formare un legno "artificiale" col quale si ottiene un legno dalle caratteristiche innovative e dalle soluzioni insolite.

Il legno lamellare non va per questo considerato in contrasto o migliore rispetto al legno tradizionale, e nemmeno si può porre in concorrenza con esso. Semmai, per le sue innovative forme raggiungibili, esalta le apprezzabili caratteristiche del legno massiccio nella realizzazione di strutture di grandi dimensioni o di grandi luci dalle forme e funzioni inusitate come quelle per la copertura di palazzetti per lo sport, sale di riunione e spettacolo, chiese, capannoni industriali, eccetera.

Rispetto agli altri materiali da costruzione classici quali il cemento e l'acciaio, il legno lamellare e il legno massiccio si stanno imponendo nel panorama dell'edilizia moderna per la loro leggerezza, economicità, resistenza e facilità di montaggio. Nell'edilizia e nel restauro trovano ampio sbocco specialmente nei centri storici dando luogo a soluzioni progettuali inedite che conferiscono se lasciati a vista un tono più "caldo" e accogliente.

Rispetto al legno naturale, il lamellare richiede una maggiore attenzione per via delle sue caratteristiche meccaniche standardizzate. Infatti, pur trattandosi di un materiale proveniente dal mondo vegetale è frutto di un processo di trasformazione industriale. Una filiera che parte dalla coltivazione del legno fino all'opera finita che sta aprendo nuovi orizzonti sul modo di concepire le costruzioni in legno. Un modo di trattare il legno che rispetto alle forme, materiali ai metodi lavoro tradizionali, permette di passare dal modo di costruire della trave unica a quella curva e reticolare partendo dalla fabbricazione di piccoli elementi.

Per via degli alti costi delle opere in cemento armato, il legno, come pure la "pietra", rappresentano una logica risposta alle sempre più esigenti richieste verso una architettura eco-compatibile.

▷ 1.2. Differenze qualitative del legno

L'uso delle travi in legno massiccio nelle costruzioni rimane limitato alle dimensioni dei tronchi d'albero in natura che presentano modeste dimensioni impedendo la realizzazione di grandi strutture attraverso un singolo elemento. Il legno massiccio è quindi limitato ad applicazioni su piccoli spazi per la ridotta dimensione dei tronchi e delle "tavole".

Inoltre, il legno naturale, rispetto al lamellare, presenta una disomogeneità endemica per la presenza di nodi e altri difetti che ne influenzano la qualità.

Il legno è l'unico materiale da costruzione proveniente dal mondo vegetale vivente e i processi di lavorazione che subisce sono del tutto differenti da quelli dei materiali più comuni come l'acciaio e il cemento armato. Difetti e debolezze, quelli del legno massiccio, che di fatto impediscono di ottenere una uniforme caratteristica di resistenza lungo tutto l'elemento facendo decadere ogni considerazione di natura statica, specialmente riguardo i punti di rottura.

Nelle figure che seguono vengono mostrate le principali caratteristiche di accettabilità del legno in base ai difetti.

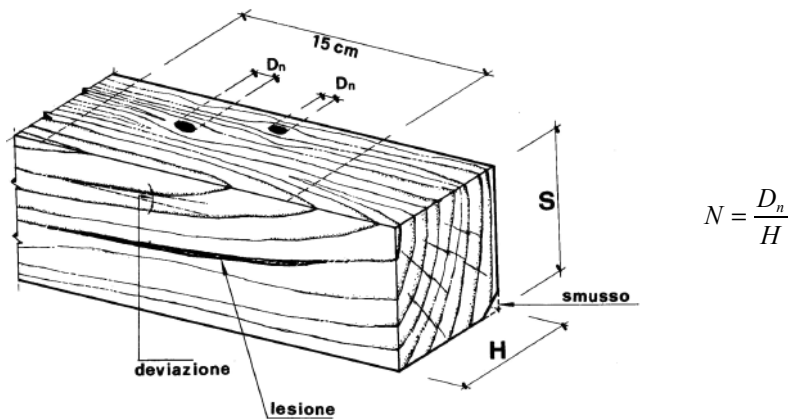


Fig. 1.1. Indici di classificazione visiva della qualità del legno

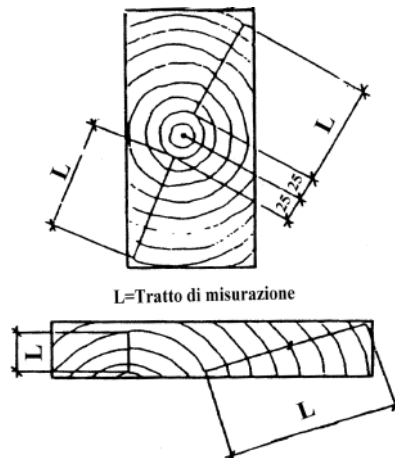


Fig. 1.2. Classificazione di qualità in base alla anellatura del legno

In base ad alcune caratteristiche di accettabilità il legno viene catalogato secondo Classi di appartenenza. Nella tabella 1.1 sono riportate le relazioni intercorrenti tra i rapporti di alcune caratteristiche del legname con le Classi di resistenza.

Tabella 1.1. Tabella di riferimento per la classificazione visiva del legname

Criteri per la classificazione «a vista» del legname squadrato in base alle DIN 4074 (EN-518)			
Segni di riconoscimento per la classificazione	CLASSI DI APPARTENENZA		
	S7	S10	S13
1. <i>Bordature di albero</i>	Tutti i quattro lati devono essere ottenuti mediante un passaggio continuo di utensile da taglio	Fino a $K = 1/3$; in ogni sezione deve essere libero da bordi di albero almeno $1/3$ di ogni lato della sezione	Fino a $K = 1/8$; in ogni sezione deve essere libero da bordi di albero almeno $2/3$ di ogni lato della sezione
2. <i>Nodi</i>	Fino a $N = 3/5$	Fino a $N = 2/5$, non più di 70	Fino a $N = 3/5$, non più di 50
3. <i>Larghezza degli anelli di accrescimento</i> – in genere – nel douglas		Fino a 6 Fino a 8	Fino a 4 Fino a 6
4. <i>Inclinazione delle fibre</i>	Fino a 200 mm/m	Fino a 120 mm/m	Fino a 70 mm/m
5. <i>Fessurazione</i> – Fessure da ritiro in direzione radiale (= fessure da essiccazione) – Fessure da fulmine – Fessure da gelo Cipollature	Ammissibili Non ammissibili	Ammissibili Non ammissibili	Ammissibili Non ammissibili
6. <i>Scolorimento</i> – Azzurro – Strisce marroni e rosse resistenti all'infissione dei chiodi – Decomposizione rossa e bianca	Ammissibile Ammissibile fino a $3/5$ della sezione o della superficie esterna Non ammissibile	Ammissibile Ammissibile fino a $2/5$ della sezione o della superficie esterna Non ammissibile	Ammissibile Ammissibile fino a $1/5$ della sezione o della superficie esterna Non ammissibile
7. <i>Zone di legno compresso</i>	Ammissibile fino a $3/5$ della sezione o della superficie esterna	Ammissibile fino a $2/5$ della sezione o della superficie esterna	Ammissibile fino a $1/5$ della sezione o della superficie esterna
8. <i>Contaminazione da insetti</i>	Sono ammissibili tracce di insetti da legno fresco fino a 2 mm di diametro		
9. <i>Contaminazione da vischio</i>	Non ammissibile	Non ammissibile	Non ammissibile
10. <i>Curvatura</i> – Curvatura longitudinale, torsione	Fino a 15 mm / 2 m	Fino a 8 mm / 2 m	Fino a 5 mm / 2 m

▷ 1.3. Dimensionamento degli elementi in legno lamellare

Con la trave in legno lamellare è superato il problema legato alle grandi luci a trave unica. Ciò è possibile attraverso l'uso di lamelle incollate di ridotte dimensioni. Con questo metodo vengono raggiunte luci difficilmente raggiungibili in una unica campata con il legno massiccio naturale a meno di ricorrere alla trave reticolare.

Con il legno lamellare si possono raggiungere grandi luci ma richiede una attenzione particolare nell'assemblaggio e nella realizzazione dei nodi di unione in quanto su di essi si vengono a concentrare alti sforzi.

Le travi in legno lamellare si ottengono attraverso un processo industrializzato che si basa sull'incollaggio di piccoli listelli di legno o di piccole assi che praticamente non pongono limiti alla lunghezza dell'elemento strutturale da realizzare.

1.3.1. Pregi e limiti

In questo modo le sezioni delle tavole o delle travi lamellari non dipendono più dal taglio conico attraverso gli anelli di crescita dell'albero in lunghezza, altezza e spessore più resistenti ma dal numero degli elementi incollati. I limiti semmai derivano dalle dimensioni delle macchine e della grandezza delle presse presenti nello stabilimento adibito alla produzione e lo stoccaggio. Un fattore vincolante per la diffusione della trave lamellare sono anche i mezzi di trasporto.

Questi di solito sono veicoli adibiti al trasporto eccezionale che hanno difficoltà a muoversi lungo le ridotte arterie stradali dei centri storici, nei piccoli raggi di curvatura delle carreggiate delle strade comunali, lungo i ponti, le piccole gallerie, eccetera. Si pensi ad esempio quando gli edifici sono interclusi tra spazi irraggiungibili. Difficoltà, queste, superabili solo attraverso elementi prefabbricati, montati in sito o avioportati.

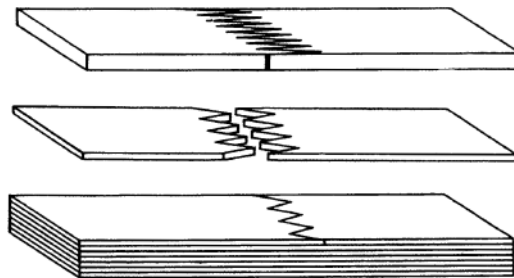


Fig. 1.3. Modo di incollaggio d'unione di assi in legno lamellare

La qualità industriale dell'elemento lamellare risulta uniforme grazie a una lavorazione che consente di fare perdere al legno naturale molti dei difetti presenti in natura, consegnando caratteristiche meccaniche più uniformi. Industrialmente è possibile controllare difetti quali, nodosità, fessurazioni, decomposizioni, diversità di umidità, stabilità strutturale nel tempo.

Grazie alle tecniche di standardizzazione industriale, col lamellare semplice o il lamellare reticolare si possono raggiungere luci libere paragonabili solo a quelle realizzate in acciaio. Come paragonare le caratteristiche di una nave in acciaio con una in legno.

Per la realizzazione di una trave in legno lamellare il legno naturale usato viene selezionato e trasformato in un insieme di elementi base, dette "lamelle", che dopo essere state sottoposte a se-

lezione e particolare lavorazione, vengono sovrapposte ed incollate sotto l'azione di una pressa industriale per realizzarne elementi curvi o a sezione rastremata.

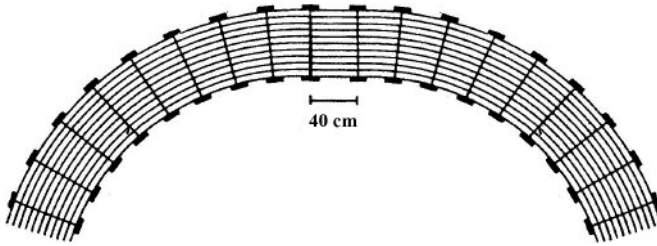


Fig. 1.4. Trave lamellare curvilinea ottenuta per incollaggio dei listelli

1.3.2. La sezione del legno lamellare

Il tipo di sezione generalmente usata nella realizzazione di travi in legno lamellare e massiccio è quella rettangolare. Tale sezione è preferibile in quanto di facile lavorabilità e offre vantaggi sia nei calcoli di progetto, verifica e collaudo delle sezioni.

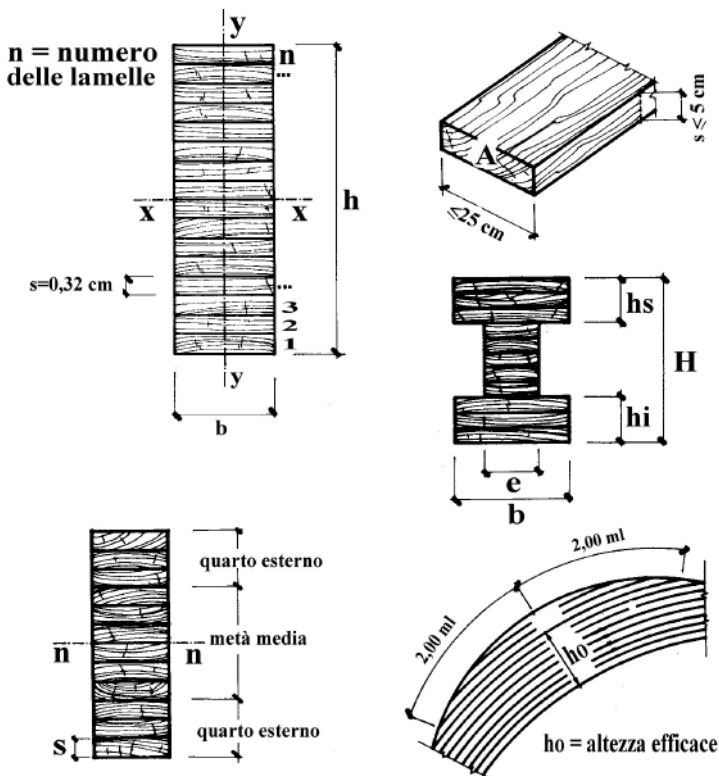


Fig. 1.5. Sezioni geometriche rettangolari per travi in legno lamellare

La sezione rettangolare, inoltre, presenta formule semplici per la determinazione delle caratteristiche legate all'area, all'inerzia e al modulo di resistenza.

In base a ciò si sfruttano le seguenti caratteristiche delle sezioni rettangolari:

a) la base (B):

- la base della sezione del legno lamellare dipende dalla larghezza delle lamelle che variano secondo misure di base $B = 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24$ cm.

b) l'altezza (H):

- l'altezza è posta multiplo dallo spessore delle lamelle normalmente di 3 cm circa.

c) l'altezza massima (H_{max}):

- l'altezza massima della trave di norma non supera i 240 cm.

d) il rapporto altezza/base (H/B):

- il rapporto tra base e altezza sta all'interno di un rapporto compreso tra ($H/B < 10$).

e) il raggio di curvatura (1/r):

- per le travi curvilinee il raggio di curvatura minimo è di ($R \geq 600$ cm).

f) il peso proprio (γ_1):

- per quanto riguarda il peso presunto del legno lamellare questi può essere assunto pari a 500 kg/m^3 .

1.3.3. Il materiale

In Europa per la realizzazione di travi in legno lamellare viene normalmente utilizzato legname di conifera (abete rosso).

Per ciò che riguarda la qualità delle lamelle che compongono la trave in legno lamellare possiamo distinguere due tipi di lamelle:

– *Lamelle per legno lamellare incollato omogeneo*

Si tratta di un legno lamellare incollato composto da lamelle della medesima categoria (classe di resistenza) e specie (o combinazione di specie).

– *Lamelle per legno lamellare incollato combinato*

Si tratta di un legno lamellare incollato composto da lamelle interne ed esterne di differenti categorie (classi di resistenza) e specie (o combinazione di specie).

Di seguito, si riportano, le tabelle con le “Classi di resistenza” appartenente ai tipi di legno più usati e in particolare:

Tabella 1.2. Classi di resistenza dei vari legnami (UNI EN 338);

Tabella 1.3-1. Classi di resistenza per legno lamellare omogeneo (UNI EN 1194);

Tabella 1.3-2. Classi di resistenza per legno lamellare combinato (UNI EN 1194);

Tabella 1.4. Corrispondenza dei simboli tra tensioni di verifica e tensioni di resistenza.