

Giovanni Cerretini

Calcoli di ingegneria con Excel

PROGETTO DI ELEMENTI STRUTTURALI

- Progettazione e verifica di travi in legno
- Progettazione e verifica di travi in acciaio
- Verifica e punzonamento di strutture in cemento armato
- Progettazione e verifica di solai in latero-cemento
- Progettazione e verifica di solette composte con lamiera grecata
- Esempi applicativi

- Aggiornato alle NTC e alla Circolare n. 617/2009, Eurocodice 2, Eurocodice 3, Eurocodice 4 e CNR-DT 206/2007

SOMMARIO

1. PROGETTAZIONE E VERIFICA DI TRAVI IN LEGNO	p.	9
1.1. Normative di riferimento e bibliografia	"	9
1.2. Convenzioni utilizzate	"	9
1.2.1. Simboli	"	9
1.2.2. Acronimi	"	11
1.2.3. Unità di misura	"	12
1.3. Le travi in legno	"	12
1.4. Indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008, del CNR-DT 206/2007 e dell'Eurocodice 3	"	12
1.5. Procedimento di calcolo e verifica	"	16
1.5.1. Analisi dei carichi	"	17
1.5.2. Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU	"	17
1.5.3. Verifica di resistenza a flessione allo SLU	"	19
1.5.4. Verifica di resistenza a taglio allo SLU	"	20
1.5.5. Verifica di instabilità per elementi inflessi allo SLU	"	20
1.5.6. Verifica di deformabilità per carichi verticali allo SLE	"	21
1.6. ESEMPI	"	24
1.6.1. Esempio 1 – Travetti di un solaio in legno	"	24
1.6.2. Esempio 2 – Travi principali di un solaio in legno	"	28
1.6.3. Esempio 3 – Travi della copertura	"	32
1.6.4. Esempio 4 – Verifica di copertura di una loggia	"	36
1.7. Istruzioni per l'utilizzo del foglio di calcolo	"	39
1.7.1. Dati di input	"	39
1.7.2. Sezioni del foglio di calcolo	"	41
1.7.3. Esempi applicativi	"	43
2. PROGETTAZIONE E VERIFICA DI TRAVI IN ACCIAIO	"	50
2.1. Normative di riferimento e bibliografia	"	50
2.2. Convenzioni utilizzate	"	50
2.2.1. Simboli	"	50
2.2.2. Acronimi	"	52
2.2.3. Unità di misura	"	52
2.3. Le travi in acciaio	"	53
2.4. Indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008	"	53
2.5. Procedimento di calcolo e verifica	"	55
2.5.1. Analisi dei carichi	"	56

2.5.2.	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU	p.	56
2.5.3.	Calcolo del massimo momento resistente allo SLU	"	59
2.5.4.	Verifica di resistenza per flessione allo SLU	"	59
2.5.5.	Calcolo del massimo taglio resistente allo SLU	"	60
2.5.6.	Verifica di resistenza per taglio allo SLU	"	60
2.5.7.	Calcolo della tensione ideale in contemporanea presenza di flessione e taglio allo SLU	"	60
2.5.8.	Verifica di resistenza per contemporanea presenza di taglio e flessione	"	61
2.5.9.	Calcolo degli spostamenti verticali allo SLE	"	61
2.5.10.	Verifica degli spostamenti verticali allo SLER	"	63
2.6.	ESEMPI	"	63
2.6.1.	Esempio 1 – Trave in acciaio di un soppalco	"	63
2.6.2.	Esempio 2 – Verifica di un architrave in acciaio	"	65
2.6.3.	Esempio 3 – Verifica di una trave in acciaio di un terrazzo	"	67
2.6.4.	Esempio 4 – Verifica di una trave in acciaio di una copertura	"	70
2.6.5.	Esempio 5 – Verifica di una trave in acciaio di un balcone	"	73
2.6.6.	Esempio 6 – Verifica di una trave per una copertura inclinata	"	75
2.7.	Istruzioni per l'utilizzo del foglio di calcolo	"	78
2.7.1.	Dati di input	"	78
2.7.2.	Sezioni del foglio di calcolo	"	80
2.7.3.	Esempi applicativi	"	82
3.	VERIFICA E PUNZONAMENTO DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO	"	89
3.1.	Normative di riferimento e bibliografia	"	89
3.2.	Convenzioni utilizzate	"	89
3.2.1.	Simboli	"	89
3.2.2.	Acronimi	"	91
3.2.3.	Unità di misura	"	91
3.3.	Il fenomeno del punzonamento	"	91
3.4.	Indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008 e dell'Eurocodice 2	"	92
3.4.1.	Limitazioni dimensionali e geometriche delle armature	"	94
3.5.	Procedimento di calcolo e verifica	"	95
3.5.1.	Identificazione dei perimetri di verifica	"	96
3.5.2.	Calcolo del taglio-punzonamento sollecitante	"	96
3.5.3.	Verifica dello spessore minimo sul perimetro u_0	"	97
3.5.4.	Verifica sul perimetro u_1	"	97
3.6.	ESEMPI	"	100
3.6.1.	Esempio 1 – Soletta con spessore insufficiente	"	100
3.6.2.	Esempio 2 – Soletta con pilastro interno	"	102
3.6.3.	Esempio 3 – Soletta con pilastro di bordo	"	104
3.6.4.	Esempio 4 – Soletta con pilastro in prossimità di un foro	"	106
3.6.5.	Esempio 5 – Soletta con armatura a taglio-punzonamento in barre sagomate	"	107

3.6.6.	Esempio 6 – Soletta con armatura a taglio-punzonamento in barre verticali	p.	111
3.6.7.	Esempio 7 – Soletta con armatura a taglio-punzonamento in barre verticali direzionate	"	114
3.7.	Istruzioni per l'utilizzo del foglio di calcolo	"	117
3.7.1.	Dati di input	"	117
3.7.2.	Sezioni del foglio di calcolo	"	119
3.7.3.	Esempi applicativi	"	122
4.	PROGETTAZIONE E VERIFICA DI SOLAI IN LATERO-CEMENTO	"	130
4.1.	Normative di riferimento e bibliografia	"	130
4.2.	Convenzioni utilizzate	"	130
4.2.1.	Simboli	"	130
4.2.2.	Acronimi	"	132
4.2.3.	Unità di misura	"	132
4.3.	I solai in latero-cemento	"	132
4.4.	Indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008	"	133
4.5.	Procedimento di calcolo e verifica	"	134
4.5.1.	Analisi dei carichi	"	134
4.5.2.	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione	"	134
4.5.3.	Verifica a flessione allo SLU ed allo SLE	"	136
4.5.4.	Verifica di resistenza a taglio	"	138
4.5.5.	Verifica di deformabilità	"	140
4.6.	ESEMPI	"	141
4.6.1.	Esempio 1 – Solaio in semplice appoggio	"	141
4.6.2.	Esempio 2 – Solaio in semplice appoggio snello	"	147
4.6.3.	Esempio 3 – Solaio su 3 appoggi	"	148
4.6.4.	Esempio 4 – Solaio su 4 appoggi	"	149
4.7.	Istruzioni per l'utilizzo del foglio di calcolo	"	150
4.7.1.	Dati di input	"	150
4.7.2.	Sezioni del foglio di calcolo	"	152
4.7.3.	Esempi applicativi	"	155
5.	PROGETTAZIONE E VERIFICA DI SOLETTE COMPOSTE CON LAMIERA GRECATA	"	160
5.1.	Normative di riferimento e bibliografia	"	160
5.2.	Convenzioni utilizzate	"	160
5.2.1.	Simboli	"	160
5.2.2.	Acronimi	"	162
5.2.3.	Unità di misura	"	162
5.3.	Solette composte con lamiera grecata	"	162
5.4.	Indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008 e dell'Eurocodice 4	"	162
5.5.	Procedimento di calcolo e verifica	"	164
5.5.1.	Analisi dei carichi	"	165

5.5.2.	Calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione	p.	165
5.5.3.	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione.....	"	166
5.5.4.	Verifica a flessione allo SLU	"	167
5.5.5.	Verifica di resistenza a taglio allo SLU	"	169
5.5.6.	Verifica di resistenza della soletta.....	"	169
5.5.7.	Verifica di deformabilità.....	"	171
5.6.	ESEMPI.....	"	172
5.6.1.	Esempio 1 – Soletta in semplice appoggio	"	172
5.7.	Istruzioni per l'utilizzo del foglio di calcolo	"	177
5.7.1.	Dati di input	"	177
5.7.2.	Sezioni del foglio di calcolo	"	179
5.7.3.	Esempi applicativi	"	182
6.	GUIDA AL SOFTWARE ALLEGATO	"	184
6.1.	Introduzione al software	"	184
6.2.	Requisiti minimi hardware e software.....	"	184
6.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione.....	"	184
6.4.	Procedura per l'installazione e l'attivazione del software.....	"	185

➤ **Calcolo dello spostamento verticale $u_{\text{net,fin}}$**

Lo spostamento netto finale $u_{\text{net,fin}}$ è pari alla differenza tra la deformazione finale e la controflessa applicata, quindi:

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{fin}} - u_0$$

➤ **Verifica degli spostamenti verticali**

La verifica viene effettuata confrontando i valori degli spostamenti calcolati con i valori limite massimi indicati di seguito:

$$u_{Q,\text{in}} \leq u_{Q,\text{in,lim}} = L / 300$$

$$u_{Q,\text{fin}} \leq u_{Q,\text{fin,lim}} = L / 200$$

$$u_{\text{net,fin}} \leq u_{\text{net,fin,lim}} = L / 250$$

▷ **1.6. ESEMPI**

1.6.1. Esempio 1 – Travetti di un solaio in legno

Nell'esempio che segue si ipotizza di avere un solaio in legno realizzato con travi in legno costituenti l'orditura principale, travetti in legno costituenti l'orditura secondaria, piastrelle in laterizio, soletta in cemento armata con rete elettrosaldata, massetto e pavimentazione.

Le travi principali hanno una sezione quadrata 18x24 cm, una luce di 4 m e sono posizionate con un interasse di 1,25 m. I travetti dell'orditura secondaria hanno invece una sezione quadrata 7x7 cm, una luce di 1,25 m e sono posizionati con un interasse di 30 cm.

Il legno utilizzato per i travetti è di classe C14. Secondo la classificazione del CNR [4] per questa classe di legno si ha:

$$\rho_{\text{mean}} = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{m,k} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 1,7 \text{ MPa}$$

$$E_{0,m} = 7 \text{ GPa}$$

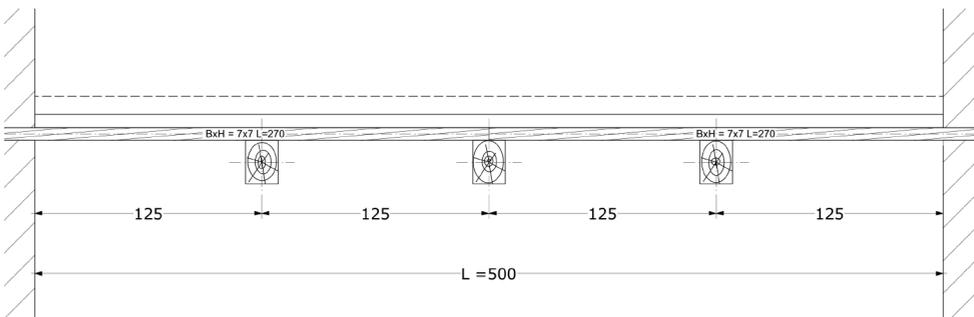


Figura 1.1. Travetti in legno

Lo schema statico utilizzato per il progetto e le verifiche di sicurezza dei travetti dell'orditura secondaria è quello di trave su 3 appoggi con carico uniformemente distribuito.

La luce di calcolo dei travetti è pari all'interasse tra le travi principali, cioè:

$$L = 125 \text{ cm}$$

Per quanto riguarda le geometria della trave si ha:

$$J = 7 \times 7^3 / 12 = 200 \text{ cm}^4$$

$$W = 7 \times 7^2 / 6 = 57 \text{ cm}^3$$

▾ Analisi dei carichi

Di seguito si calcolano i carichi agenti sul solaio in legno.

La categoria dei carichi variabili è Cat. – A Ambienti ad uso residenziale.

Carico uniformemente distribuito sul solaio

Peso proprio travetti	$0,07 \times 0,07 \times 350 / 0,3 =$	5,7	kg/m ²
	$G_1 =$	5,7	kg/m ²
Peso proprio pannelle in laterizio		50,0	kg/m ²
Peso proprio soletta in CA	$0,04 \times 2500 =$	100,0	kg/m ²
Peso proprio massetto		60,0	kg/m ²
Peso proprio pavimento		60,0	kg/m ²
	$G_2 =$	270,0	kg/m ²
Carico variabile (Cat. A)		200,0	kg/m ²
	$Q_1 =$	200,0	kg/m ²

Carico uniformemente distribuito sul singolo travetto

Peso proprio travetti	$0,07 \times 0,07 \times 350 =$	2,0	kg/m
	$G_1 =$	2,0	kg/m
Carico permanente non strutturale	$0,3 \times 270 =$	81,0	kg/m
	$G_2 =$	81,0	kg/m
Carico variabile	$0,3 \times 200 =$	60,0	kg/m
	$Q_1 =$	60,0	kg/m

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito dovuto ai soli carichi permanenti vale:

$$q_{G,SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2) = 124 \text{ kg/m}$$

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito totale vale:

$$q_{SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2 + 1,5 \times Q_1) = 214 \text{ kg/m}$$

I carichi variabili sono di media durata.

➤ **Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU**

Utilizzando lo schema statico di trave su 3 appoggi con carico uniformemente distribuito i valori delle caratteristiche di sollecitazione sono:

$$M_{Ed,G} = q_{G,SLU} L^2 / 8 = 24,22 \text{ kgm}$$

$$M_{Ed,SLU} = q_{SLU} L^2 / 8 = 41,80 \text{ kgm}$$

$$V_{Ed,G} = 5 q_{G,SLU} L / 8 = 96,88 \text{ kg}$$

$$V_{Ed,SLU} = 5 q_{SLU} L / 8 = 167,19 \text{ kg}$$

➤ **Verifica di resistenza a flessione allo SLU**

La resistenza di calcolo vale:

$$f_{m,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} f_{m,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{mod} = 0,6$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,6 \times 14 / 1,5 = 5,6 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di media durata ($k_{mod} = 0,8$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,8 \times 14 / 1,5 = 7,5 \text{ MPa}$$

Le tensioni sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,G} / W = 242200 / 57167 = 4,23$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,SLU} / W = 418000 / 57167 = 7,31$$

La verifica per flessione retta viene effettuata verificando la seguente condizione:

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) \leq 1$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

➤ **Verifica di resistenza a taglio allo SLU**

Il valore della tensione tangenziale resistente vale:

$$f_{v,d} = k_{mod} f_{v,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{mod} = 0,6$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,6 \times 1,7 / 1,5 = 0,68 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di media durata ($k_{mod} = 0,8$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,8 \times 1,7 / 1,5 = 0,91 \text{ MPa}$$

Le tensioni tangenziali sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\tau_d = 1,5 V_{Ed,G} / A = 1,5 \times 969 / 4900 = 0,30 \text{ MPa}$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\tau_d = 1,5 V_{Ed,SLU} / A = 1,5 \times 1675 / 4900 = 0,51 \text{ MPa}$$

La verifica a taglio viene effettuata verificando la seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

∇ **Verifica di instabilità per elementi inflessi allo SLU**

Per quanto concerne la verifica di instabilità il rapporto tra altezza e base deve essere inferiore a 2:

$$h / b = 1 < 2$$

La lunghezza efficace per una trave in semplice appoggio con carico uniformemente distribuito vale:

$$L_{\text{eff}} = 0,90 L = 112,5 \text{ cm}$$

Il rapporto L_{eff} / h vale:

$$L_{\text{eff}} / h = 112,5 / 7 = 16,07 < 35,43$$

In queste condizioni, dato che il coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità della trave $k_{\text{crit,m}}$ è sempre uguale ad 1, non occorre effettuare la verifica di instabilità in quanto implicitamente soddisfatta con la verifica di resistenza.

∇ **Verifica di deformabilità per carichi verticali allo SLE**

Per una trave su 3 appoggi con carico uniformemente distribuito il parametro χ vale:

$$\chi = 0,0052$$

I restanti parametri necessari per il calcolo della deformazione valgono:

$$\Psi = 0,3$$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

Calcolo degli spostamenti verticali

$$u_{G,\text{in}} = 0,0052 \times 0,83 \times 125^4 / (70000 \times 200) = 0,075 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{in}} = 0,0052 \times 0,60 \times 125^4 / (70000 \times 200) = 0,054 \text{ cm}$$

$$u_{\text{in}} = u_{G,\text{in}} + u_{Q,\text{in}} = 0,075 + 0,054 = 0,129 \text{ cm}$$

$$u_{G,\text{fin}} = 0,0052 \times 0,83 \times 125^4 / \{ [1 / (1 + 0,6)] 70000 \times 200 \} = 0,12 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,0052 \times 0,6 \times 125^4 / \{ [1 / (1 + 0,3 \times 0,6)] 70000 \times 200 \} = 0,064$$

$$u_{\text{fin}} = u_{G,\text{fin}} + u_{Q,\text{fin}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ cm}$$

$$w_{\text{creep}} = u_{\text{fin}} - u_{\text{in}} = 0,18 - 0,13 = 0,05 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{fin}} - u_0 = 0,18 \text{ cm}$$

Verifica di deformabilità

La verifica viene effettuata confrontando i valori degli spostamenti calcolati con i valori limite massimi indicati di seguito:

$$u_{Q,\text{in}} = 0,054 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{in,lim}} = L / 300 = 0,41 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,064 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{fin,lim}} = L / 200 = 0,63 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = 0,180 \text{ cm} \leq u_{\text{net,fin,lim}} = L / 250 = 0,50 \text{ cm}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

1.6.2. Esempio 2 – Travi principali di un solaio in legno

In questo esempio si considera lo stesso solaio dell'esempio precedente ma si effettuano i calcoli relativamente alle travi che costituiscono l'orditura principale.

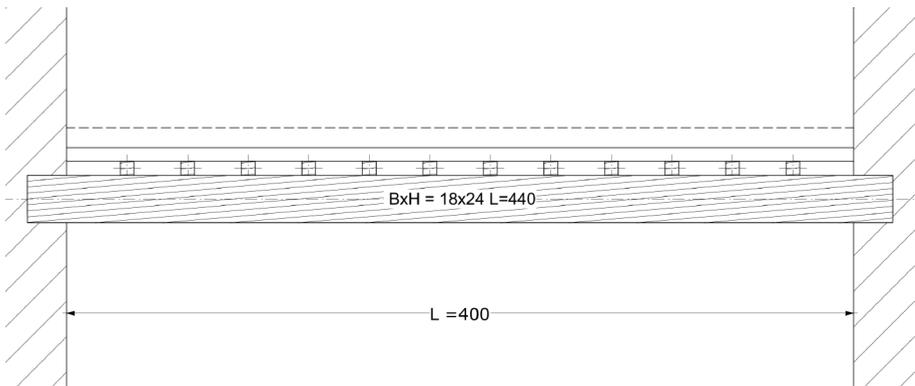


Figura 1.2. Trave principale del solaio

Il legno utilizzato per le travi è di classe C24. Secondo la classificazione del CNR [4] per questa classe di legno si ha:

$$\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{m,k} = 24 \text{ Mpa}$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,m} = 11 \text{ GPa}$$

Lo schema statico utilizzato per il progetto e le verifiche di sicurezza delle travi principali è quello di trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito.

La luce libera della trave L_L è pari a:

$$L_L = 400 \text{ cm}$$

La luce di calcolo della trave è pari a $1,05 L_L$, cioè:

$$L = 1,05 \times 400 = 420 \text{ cm}$$

Per quanto riguarda le geometria della trave si ha:

$$J = 18 \times 24^3 / 12 = 20736 \text{ cm}^4$$

$$W = 18 \times 24^2 / 6 = 1728 \text{ cm}^3$$

▾ **Analisi dei carichi**

I carichi agenti sulla singola trave sono i seguenti:

Carico uniformemente distribuito sulla singola trave

Peso proprio trave	$0,18 \times 0,24 \times 420 =$	18,1	kg/m
	$G_1 =$	18,1	kg/m
Carico permanente non strutturale	$1,25 \times 276 =$	345,0	kg/m
	$G_2 =$	345,0	kg/m
Carico variabile	$1,25 \times 200 =$	250,0	kg/m
	$Q_1 =$	250,0	kg/m

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito dovuto ai soli carichi permanenti vale:

$$q_{G,SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2) = 537 \text{ kg/m}$$

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito totale vale:

$$q_{SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2 + 1,5 \times Q_1) = 912 \text{ kg/m}$$

I carichi variabili sono di media durata.

▾ **Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU**

Utilizzando lo schema statico di trave su 3 appoggi con carico uniformemente distribuito i valori delle caratteristiche di sollecitazione sono:

$$M_{Ed,G} = q_{G,SLU} L^2 / 8 = 1184 \text{ kgm}$$

$$M_{Ed,SLU} = q_{SLU} L^2 / 8 = 2011 \text{ kgm}$$

$$V_{Ed,G} = q_{G,SLU} L / 2 = 1128 \text{ kg}$$

$$V_{Ed,SLU} = q_{SLU} L / 2 = 1915 \text{ kg}$$

↳ Verifica di resistenza a flessione allo SLU

La resistenza di calcolo vale:

$$f_{m,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} f_{m,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{mod} = 0,6$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,6 \times 24 / 1,5 = 9,6 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di media durata ($k_{mod} = 0,8$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,8 \times 24 / 1,5 = 12,8 \text{ MPa}$$

Le tensioni sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,G} / W = 11840000 / 1728000 = 6,85$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,SLU} / W = 20110000 / 1728000 = 11,64$$

La verifica per flessione retta viene effettuata verificando la seguente condizione:

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) \leq 1$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↳ Verifica di resistenza a taglio allo SLU

Il valore della tensione tangenziale resistente vale:

$$f_{v,d} = k_{mod} f_{v,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{mod} = 0,6$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,6 \times 2,5 / 1,5 = 1,00 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di media durata ($k_{mod} = 0,8$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,8 \times 2,5 / 1,5 = 1,33 \text{ MPa}$$

Le tensioni tangenziali sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\tau_d = 1,5 V_{Ed,G} / A = 1,5 \times 11280 / 43200 = 0,39 \text{ MPa}$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\tau_d = 1,5 V_{Ed,SLU} / A = 1,5 \times 19150 / 43200 = 0,66 \text{ MPa}$$

La verifica a taglio viene effettuata verificando la seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↘ Verifica di instabilità per elementi inflessi allo SLU

Per quanto concerne la verifica di instabilità il rapporto tra altezza e base deve essere inferiore a 2:

$$h / b = 1,33 < 2$$

La lunghezza efficace per una trave in semplice appoggio con carico uniformemente distribuito vale:

$$L_{\text{eff}} = 0,90 L = 378 \text{ cm}$$

Il rapporto L_{eff} / h vale:

$$L_{\text{eff}} / h = 378 / 24 = 15,75 < 35,43$$

In queste condizioni, dato che il coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità della trave $k_{\text{crit,m}}$ è sempre uguale ad 1, non occorre effettuare la verifica di instabilità in quanto implicitamente soddisfatta con la verifica di resistenza.

↘ Verifica di deformabilità per carichi verticali allo SLE

Per una trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito il parametro χ vale:

$$\chi = 0,013$$

I restanti parametri necessari per il calcolo della deformazione valgono:

$$\Psi = 0,3$$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

Calcolo degli spostamenti verticali

$$u_{G,\text{in}} = 0,013 \times 3,61 \times 420^4 / (110000 \times 20736) = 0,64 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{in}} = 0,013 \times 2,50 \times 420^4 / (110000 \times 20736) = 0,44 \text{ cm}$$

$$u_{\text{in}} = u_{G,\text{in}} + u_{Q,\text{in}} = 0,64 + 0,44 = 1,08 \text{ cm}$$

$$u_{G,\text{fin}} = 0,013 \times 3,61 \times 420^4 / \{[1 / (1 + 0,6)] 110000 \times 20736\} = 1,02 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,013 \times 2,50 \times 420^4 / \{[1 / (1 + 0,3 \times 0,6)] 110000 \times 20736\} = 0,52 \text{ cm}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{G,\text{fin}} + u_{Q,\text{fin}} = 1,02 + 0,52 = 1,54 \text{ cm}$$

$$w_{\text{creep}} = u_{\text{fin}} - u_{\text{in}} = 1,54 - 1,08 = 0,46 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{fin}} - u_0 = 1,54 \text{ cm}$$

Verifica di deformabilità

La verifica viene effettuata confrontando i valori degli spostamenti calcolati con i valori limite massimi indicati di seguito:

$$u_{Q,\text{in}} = 0,44 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{in,lim}} = L / 300 = 1,40 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,52 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{fin,lim}} = L / 200 = 2,10 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = 1,54 \text{ cm} \leq u_{\text{net,fin,lim}} = L / 250 = 1,68 \text{ cm}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

1.6.3. Esempio 3 – Travi della copertura

Nell'esempio che segue si considerano le travi di una copertura posizionate su una falda inclinata di 15° rispetto all'orizzontale.

Le travi principali hanno una sezione rettangolare di dimensioni 18x24 cm, una luce di 4 m e sono posizionate con un interasse di 150 cm.

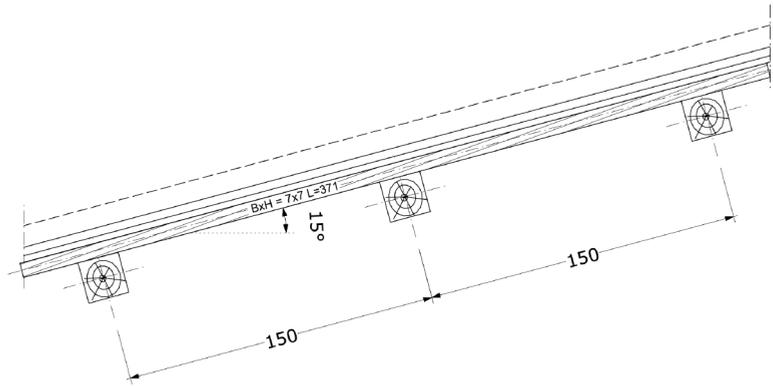


Figura 1.3. Travi principali della copertura

Il legno utilizzato per le travi è di classe C24. Secondo la classificazione del CNR [4] per questa classe di legno si ha:

$$\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{\text{m,k}} = 24 \text{ Mpa}$$

$$f_{\text{v,k}} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{m}} = 11 \text{ GPa}$$

Lo schema statico utilizzato per il progetto e le verifiche di sicurezza è quello di trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito.

La luce libera della trave L_L è pari a:

$$L_L = 400 \text{ cm}$$

La luce di calcolo della trave soppalco è pari a $1,05 L_L$, cioè:

$$L = 1,05 \times 400 = 420 \text{ cm}$$

Per quanto riguarda le geometria della trave si ha:

$$J_y = 18 \times 24^3 / 12 = 20736 \text{ cm}^4$$

$$J_z = 24 \times 18^3 / 12 = 11664 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 18 \times 24^2 / 6 = 1728 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 24 \times 18^2 / 6 = 1269 \text{ cm}^3$$

▾ Analisi dei carichi

I carichi agenti sulla singola trave sono i seguenti:

Carico uniformemente distribuito sulla copertura

Peso proprio travetti	$0,07 \times 0,07 \times 350 / 0,3 =$	5,7	kg/m ²
	$G_1 =$	5,7	kg/m ²
Peso proprio pianelle in laterizio		50,0	kg/m ²
Peso proprio soletta in CA	$0,04 \times 2500 =$	100,0	kg/m ²
Peso proprio imperm. e coibent.		10,0	kg/m ²
Peso proprio manto di copertura		60,0	kg/m ²
	$G_2 =$	220,0	kg/m ²
Carico variabile neve		90,0	kg/m ²
	$Q_1 =$	90,0	kg/m ²

Carico uniformemente distribuito sulla singola trave

Peso proprio trave	$0,18 \times 0,24 \times 420 =$	18,1	kg/m
	$G_1 =$	18,1	kg/m
Carico permanente non strutturale	$1,55 \times 220 =$	341,0	kg/m
	$G_2 =$	341,0	kg/m
Carico variabile neve	$1,55 \times 90 =$	139,5	kg/m
	$Q_1 =$	139,5	kg/m

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito dovuto ai soli carichi permanenti vale:

$$q_{G,SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2) = 535 \text{ kg/m}$$

Nella combinazione di carico per lo SLU il carico q distribuito totale vale:

$$q_{SLU} = (1,3 \times G_1 + 1,5 \times G_2 + 1,5 \times Q_1) = 744 \text{ kg/m}$$

I carichi variabili sono di breve durata.

↳ Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU

Utilizzando lo schema statico di trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito i valori delle caratteristiche di sollecitazione sono:

$$M_{Ed,G} = q_{G,SLU} L^2 / 8 = 1180 \text{ kgm}$$

$$M_{Ed,SLU} = q_{SLU} L^2 / 8 = 1640 \text{ kgm}$$

$$V_{Ed,G} = q_{G,SLU} L / 2 = 1124 \text{ kg}$$

$$V_{Ed,SLU} = q_{SLU} L / 2 = 1562 \text{ kg}$$

↳ Verifica di resistenza a flessione allo SLU

La resistenza di calcolo vale:

$$f_{m,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} f_{m,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{mod} = 0,6$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,6 \times 24 / 1,5 = 9,6 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di breve durata ($k_{mod} = 0,9$) si ha:

$$f_{m,d} = 0,9 \times 24 / 1,5 = 14,4 \text{ MPa}$$

Le tensioni sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = M_{Ed} \cos\theta / W_y = 11800000 \cos(15^\circ) / 1728000 = 6,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,Ed} / W_z = M_{Ed} \sin\theta / W_z = 11800000 \sin(15^\circ) / 1269000 = 2,41 \text{ MPa}$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = M_{Ed} \cos\theta / W_y = 16400000 \cos(15^\circ) / 1728000 = 9,17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,Ed} / W_z = M_{Ed} \sin\theta / W_z = 16400000 \sin(15^\circ) / 1269000 = 3,34 \text{ MPa}$$

La verifica per flessione deviata viene effettuata verificando le seguenti condizioni:

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,d}) \leq 1$$

$$k_m (\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,d}) \leq 1$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \max [(\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,d});$$

$$k_m (\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,d})]$$

Per sezioni rettangolari si ha:

$$k_m = 0,7$$

Per i soli carichi permanenti:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \max [(6,60 / 9,60) + 0,7 (2,41 / 9,60);$$

$$0,7 (6,60 / 9,60) + (2,41 / 9,60)] = \max [0,86; 0,73] = 0,86$$

Per i carichi permanenti e variabili:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \max [(9,17 / 14,40) + 0,7 (3,34 / 14,40); \\ 0,7 (9,17 / 14,40) + (3,34 / 14,40)] = \max [0,80; 0,68] = 0,80$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↘ Verifica di resistenza a taglio allo SLU

Il valore della tensione tangenziale resistente vale:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} f_{v,k} / \gamma_M$$

Quindi per soli carichi permanenti ($k_{\text{mod}} = 0,6$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,6 \times 2,5 / 1,5 = 1,00 \text{ MPa}$$

Quindi per carichi permanenti e variabili di breve durata ($k_{\text{mod}} = 0,9$) si ha:

$$f_{v,d} = 0,9 \times 2,5 / 1,5 = 1,50 \text{ MPa}$$

Le tensioni tangenziali sul legno risultano essere per i soli carichi permanenti:

$$\tau_d = 1,5 V_{\text{Ed,G}} / A = 1,5 \times 11240 / 43200 = 0,39 \text{ MPa}$$

Per carichi permanenti e variabili:

$$\tau_d = 1,5 V_{\text{Ed,SLU}} / A = 1,5 \times 15620 / 43200 = 0,54 \text{ MPa}$$

La verifica a taglio viene effettuata verificando la seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↘ Verifica di instabilità per elementi inflessi allo SLU

Per quanto concerne la verifica di instabilità il rapporto tra altezza e base deve essere inferiore a 2:

$$h / b = 1,33 < 2$$

La lunghezza efficace per una trave in semplice appoggio con carico uniformemente distribuito vale:

$$L_{\text{eff}} = 0,90 L = 378 \text{ cm}$$

Il rapporto L_{eff} / h vale:

$$L_{\text{eff}} / h = 378 / 24 = 15,75 < 35,43$$

In queste condizioni, dato che il coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità della trave $k_{\text{crit,m}}$ è sempre uguale ad 1, non occorre effettuare la verifica di instabilità in quanto implicitamente soddisfatta con la verifica di resistenza.

↳ Verifica di deformabilità per carichi verticali allo SLE

Per una trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito il parametro χ vale:

$$\chi = 0,013$$

I restanti parametri necessari per il calcolo della deformazione valgono:

$$\Psi = 0,0$$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

Calcolo degli spostamenti verticali

$$u_{G,\text{in}} = 0,013 \times 3,59 \times 420^4 / (110000 \times 20736) = 0,63 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{in}} = 0,013 \times 1,36 \times 420^4 / (110000 \times 20736) = 0,24 \text{ cm}$$

$$u_{\text{in}} = u_{G,\text{in}} + u_{Q,\text{in}} = 0,63 + 0,24 = 0,87 \text{ cm}$$

$$u_{G,\text{fin}} = 0,013 \times 3,59 \times 420^4 / \{[1 / (1 + 0,6)] 110000 \times 20736\} = 1,01 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,013 \times 1,40 \times 420^4 / \{110000 \times 20736\} = 0,25 \text{ cm}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{G,\text{fin}} + u_{Q,\text{fin}} = 1,01 + 0,25 = 1,26 \text{ cm}$$

$$w_{\text{creep}} = u_{\text{fin}} - u_{\text{in}} = 1,26 - 0,87 = 0,39 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{fin}} - u_0 = 1,26 \text{ cm}$$

Verifica di deformabilità

La verifica viene effettuata confrontando i valori degli spostamenti calcolati con i valori limite massimi indicati di seguito:

$$u_{Q,\text{in}} = 0,24 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{in,lim}} = L / 300 = 1,40 \text{ cm}$$

$$u_{Q,\text{fin}} = 0,25 \text{ cm} \leq u_{Q,\text{fin,lim}} = L / 200 = 2,10 \text{ cm}$$

$$u_{\text{net,fin}} = 1,26 \text{ cm} \leq u_{\text{net,fin,lim}} = L / 250 = 1,68 \text{ cm}$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

1.6.4. Esempio 4 – Verifica di copertura di una loggia

Nell'esempio che segue si ipotizza di dovere effettuare la verifica della loggia rappresentata in Figura 4.

La struttura portante è realizzata con travetti in legno appoggiati da un lato ad una parete portante e dall'altro su una trave longitudinale sostenuta a sua volta da 4 travi a sbalzo incastrate nella già citata parete portante.

La verifica della struttura viene effettuata scomponendola in elementi più semplici quali, travetti secondari di dimensioni 7x7 posti ad un interasse di 40 cm, trave longitudinale di dimensioni 13x13 posizionata a 120 cm dalla parete portante e una trave a sbalzo incastrata nella parete portante di dimensioni 17x21 e luce di 146 cm posizionata a 120 cm e 240 cm dalle travi adiacenti.

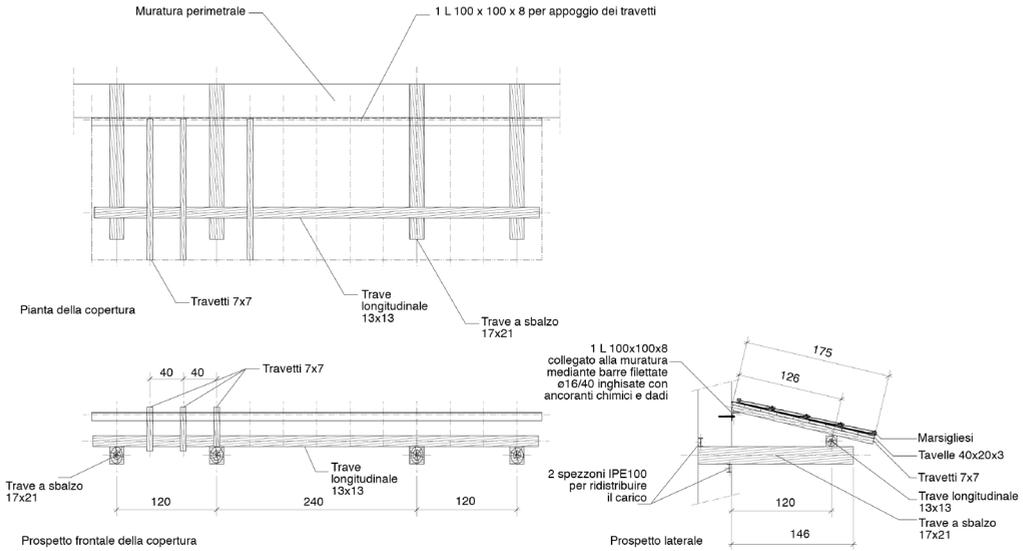


Figura 1.4. Struttura in legno di una loggia

Nel seguito si riportano i parametri di progetto da utilizzare per le verifiche per i dettagli dei calcoli si rimanda al punto 7.3.

↘ Analisi dei carichi

Di seguito si calcolano i carichi uniformemente distribuiti sulla copertura.

Peso proprio travetti	$0,07 \times 0,07 \times 350 / 0,3 =$	5,7	kg/m ²
		$G_1 =$	5,7
Peso proprio copertura in tegole marsigliesi		50,0	kg/m ²
Impermeabilizzazione		3,0	kg/m ²
Peso proprio tavelle		30,0	kg/m ²
		$G_2 =$	83,0
Carico variabile (neve)		80,0	kg/m ²
		$Q_1 =$	80,0

I carichi variabili sono di breve durata.

↘ Verifica dei travetti dell'orditura secondaria

Per la verifica dei travetti si considera uno schema di trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito. La trave ha una lunghezza complessiva di 175 cm la distanza tra gli appoggi è 125 cm. Nei calcoli si considera la maggiore delle due distanze.

Per la valutazione della deformazione si può considerare la distanza tra gli appoggi quindi:

$$\delta = 0,013 q L_1^4 / (EJ)$$

se: $L_1 = L / 1,4$

si ha: $\delta = (0,013 / 1,44) q L^4 / (E J) = 0,003 q L^4 / (E J)$

e quindi il valore di χ è pari a:

$$\chi = 0,003$$

I parametri di progetto per le verifiche sono:

Classe C14

$$L = 175 \text{ cm}$$

$$b \times h = 7 \times 7 \text{ cm}$$

$$i = 40 \text{ cm}$$

$$\alpha = 8$$

$$\beta = 2$$

$$\chi = 0,003$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↘ **Verifica della trave longitudinale**

Per la verifica della trave si considera uno schema di trave su 2 appoggi con carico uniformemente distribuito. La trave ha una lunghezza complessiva di 534 cm la distanza massima tra gli appoggi è 240 cm. Nei calcoli si considera la distanza massima tra gli appoggi. La porzione della copertura che grava su questa trave è una fascia di copertura larga all'incirca 115 cm.

I parametri di progetto per le verifiche sono:

Classe C14

$$L = 240 \text{ cm}$$

$$b \times h = 13 \times 13 \text{ cm}$$

$$i = 115 \text{ cm}$$

$$\alpha = 8$$

$$\beta = 2$$

$$\chi = 0,013$$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

↘ **Verifica della trave a sbalzo**

Per la verifica della trave a sbalzo si considera uno schema di trave incastrata con carico concentrato sull'estremo libero. La luce dello sbalzo è 146 cm, ma il carico concentrato è si-

tuato a 120 cm dall'incastro. Il carico concentrato è quello relativo ad una zona di influenza lunga 180 cm e profonda 115 cm.

Il carico totale P vale:

$$P = Q i L_1$$

che con la notazione:

$$P = a q L$$

$$q = Q i$$

permette di calcolare il parametro a :

$$a = L_1 / L = 1,15 / 1,20 = 0,96$$

I parametri di progetto per le verifiche sono:

Classe C14

$L = 120$ cm

$L_1 = 115$ cm

$b \times h = 17 \times 21$ cm

$i = 180$ cm

$a = 0,96$

$\alpha = 1 / a = 1,04$

$\beta = 1 / a = 1,04$

$\chi = 0,3333$ $a = 0,35$

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

▷ 1.7. ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO DEL FOGLIO DI CALCOLO

Il foglio di calcolo proposto serve per effettuare il dimensionamento e la verifica delle travi in legno utilizzando la procedura di calcolo esposta nel Paragrafo 1.5 (vedi Figura 1.5).

1.7.1. Dati di input

Il foglio di calcolo contiene una serie di celle modificabili dall'utente, evidenziate da una sottolineatura, che costituiscono i dati di input.

I parametri che deve inserire il progettista sono:

1. Nome identificativo dell'elemento strutturale considerato
2. Classe di resistenza del legno
3. Coefficiente di sicurezza per il materiale
4. Coefficiente di sicurezza dei carichi permanenti non strutturali
5. Lunghezza della trave
6. Interasse tra le travi o larghezza della zona di influenza

Allegato di calcolo - Verifica di travi in legno secondo DM 14.1.2008

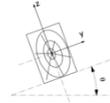
Pagina 1 di 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: _____

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza C14
 Classe di Servizio 1
 γ_M 1,5 (1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
 γ_{G2} 1,5 (1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)

**Caratteristiche geometriche**

L 160 cm i 40 cm θ 0 °
 B 10 cm H 10 cm Leff/L 0,9
 W = 167 cm³ J = 833 cm⁴
 H/B = 1,00

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio 350 kg/mc $G_1 = 3,5$ kg/ml
 Permanente 200 kg/mq $G_2 = 80,0$ kg/ml
 Variabile 200 kg/mq $Q_1 = 80,0$ kg/ml
 Tot = 400 kg/mq Tot = 163,5 kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{\max} = q l^2/\alpha$)

α 8

	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$
SLU solo perm.	39,856	Permanente	0,60	5,60	2,39	0,43	0,43
SLU con variab.	78,256	Media	0,80	7,47	4,70	0,63	0,63

Verifica a taglio SLU ($T_{\max} = q l/\beta$)

β 2

	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	99,64	Permanente	0,60	0,15	0,68	0,22
SLU con variab.	195,64	Media	0,80	0,29	0,91	0,32

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4/EJ$)

χ 0,0130 u_0 (w_c ECS) 0 (cm) - controfrecchia

	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ ECS)	perm. istant.	1	0,00	7,00	0,12	1310
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ ECS)	var. istant.	1	0,00	7,00	0,12	1367
u_{in} (w_{inst} ECS)	tot. istant.				0,24	669
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ ECS)	perm. finale	1	0,60	4,38	0,20	819
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ ECS)	var. finale	0,3	0,60	5,93	0,14	1159
u_{fin} (w_{fin} ECS)	tot. finale				0,33	480
w_{creep} (ECS)					0,09	1696
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ ECS)	tot. finale netta				0,33	480

Classe di durata

Permanente più di 10 anni
 Lunga 6 mesi - 10 anni
 Media 1 settimana - 6 mesi
 Breve meno di 1 settimana
 Istantanea —

Durata**Tipi di carico**

Peso proprio
 Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
 Carichi di esercizio in generale
 Neve
 Vento e carichi eccezionali



Powered by Studio Technica

Figura 1.5. Foglio di calcolo

7. Inclinazione della sezione rispetto all'orizzontale
8. Larghezza della sezione rettangolare
9. Altezza della sezione rettangolare
10. Numero di profilati in acciaio costituenti la trave
11. Carichi permanenti sulla superficie caricata
12. Carichi variabili sulla superficie caricata
13. Coefficiente per il calcolo del momento flettente massimo
14. Classe di durata del carico variabile per la flessione
15. Coefficiente per il calcolo del taglio massimo
16. Classe di durata del carico variabile per il taglio
17. Coefficiente per il calcolo dello spostamento verticale
18. Valore della controfreccia iniziale
19. Coefficiente di combinazione per le azioni variabili allo SLEQ

1.7.2. Sezioni del foglio di calcolo

Il foglio di calcolo è strutturato in modo da avere 7 sezioni:

1. Oggetto
2. Caratteristiche dei materiali
3. Caratteristiche geometriche
4. Analisi dei carichi
5. Verifica a flessione allo SLU
6. Verifica a taglio allo SLU
7. Verifica di deformazione allo SLE

Per passare da una cella di input alla successiva è sufficiente utilizzare il tasto “tabulazione”.

Tutti i valori proposti di default dal software di calcolo si riferiscono ad una trave in legno di classe C14, con doppio appoggio e carico uniformemente distribuito.

↘ **Oggetto**

Il valore dell'oggetto ha una valenza puramente organizzativa, si può inserire un titolo per il tipo di verifica o gli estremi dell'elemento strutturale a cui ci si riferisce. Serve per individuare l'oggetto o il punto in cui si effettua la verifica e per differenziare tra loro i vari elementi strutturali verificati.

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: _____

Figura 1.6. Foglio di calcolo – Oggetto

↘ **Caratteristiche dei materiali**

La sezione dedicata alle caratteristiche dei materiali è quella in cui il progettista inserisce le caratteristiche dei materiali e il foglio di calcolo effettua l'analisi delle varie grandezze necessarie nei passi successivi. In particolare si devono inserire i valori della classe di resistenza

del legno, il valore della classe di servizio, il valore del coefficiente di sicurezza per il materiale e il valore del coefficiente di sicurezza per i carichi permanenti non strutturali materiali.

Caratteristiche dei materiali

Classe	C14	
Class. Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)



Figura 1.7. Foglio di calcolo – Caratteristiche dei materiali

Caratteristiche geometriche

Questa sezione è dedicata alle caratteristiche geometriche della trave e alla superficie caricata. Si devono inserire la lunghezza di calcolo della trave, le dimensioni della sezione rettangolare, la larghezza dell'area caricata e l'angolo di rotazione della sezione rispetto al piano orizzontale.

Caratteristiche geometriche

L	160	cm	i	40	cm	θ	10	°
B	10	cm	H	10	cm	L_{eff}/L	0,9	
W =	167	cm ³	J =	833	cm ⁴			
			H/B =	1,00				

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Figura 1.8. Foglio di calcolo – Caratteristiche geometriche

Analisi dei carichi

Questa sezione serve per il calcolo delle azioni sollecitanti che agiscono sulla trave. Si devono inserire sia il valore del carico permanente non strutturale che il valore del carico variabile. Il foglio di calcolo, utilizzando il valore dell'interasse delle travi o della larghezza della superficie caricata, riporta i valori dei carichi uniformi distribuiti sulla trave.

Analisi dei carichi

Peso proprio =	290 kg/mc	$G_1 =$	2,9 kg/ml
Permanente	200 kg/mq	$G_2 =$	80,0 kg/ml
Accidentale	200 kg/mq	$Q_1 =$	80,0 kg/ml
Tot =	400 kg/mq	Tot =	162,9 kg/ml

Figura 1.9. Foglio di calcolo – Analisi dei carichi

Verifica a flessione SLU

Questa sezione serve per la verifica di resistenza della membratura nei confronti della sollecitazione di flessione. Si deve inserire il valore del coefficiente α che rappresenta lo schema statico utilizzato per la modellazione. Il software calcola i valori del carico uniforme distribuito sulla trave, per i soli carichi permanenti e per i carichi totali, calcola i valori resistenti del materiale e le sollecitazioni dovute ai vari momenti flettenti. Infine effettua la verifica confrontando i valori delle tensioni sollecitanti con quelli limite. Se la verifica non è soddisfatta l'evento viene evidenziato da una dicitura in colore rosso.

Verifica a flessione SLU ($M_{\max} = q l^2/\alpha$)

	α	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$
SLU solo perm.	8	39,6064	Permanente	0,60	5,6	2,38	0,42	0,47
SLU con accid.		78,0064	Media	0,80	7,46666667	4,68	0,63	0,69

Figura 1.10. Foglio di calcolo – Verifica a flessione

Verifica a taglio SLU

In questa sezione viene effettuata la verifica a taglio della trave. Il progettista deve specificare il valore del coefficiente β caratteristico dello schema statico utilizzato per la modellazione. Anche in questo caso il software calcola e confronta i valori delle tensioni tangenziali sollecitanti con quelle limite. Se la verifica non è soddisfatta l'evento viene evidenziato da una dicitura in colore rosso.

Verifica a taglio SLU ($T_{\max} = q l/\beta$)

	β	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	2	99,016	Permanente	0,60	0,15	0,68	0,22
SLU con accid.		195,016	Breve	0,90	0,29	1,02	0,29

Figura 1.11. Foglio di calcolo – Verifica a taglio

Verifica deformazione SLE

In questa sezione viene effettuata la verifica di deformabilità. Il progettista deve specificare il coefficiente χ caratteristico dello schema statico utilizzato per la modellazione, il valore della eventuale controfrecchia applicata alla trave e il valore del coefficiente di combinazione per le azioni variabili.

I valori proposti di default dal foglio di calcolo si riferiscono alla situazione di una trave semplicemente appoggiata con carico uniformemente distribuito.

Se la verifica non è soddisfatta l'evento viene evidenziato da una dicitura in colore rosso.

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4/EJ$)

	χ	u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controfrecchia			
	0,0130						
		Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)		perm. istant.	1	0,00	7,00	0,12	1319
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)		acc. istant.	1	0,00	7,00	0,12	1367
u_{in} (w_{inst} EC5)		tot. istant.			$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,24	671
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)		perm. finale	1	0,60	4,38	0,19	825
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)		acc. finale	0,3	0,60	5,93	0,14	1159
u_{fin} (w_{fin} EC5)		tot. finale			$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	0,33	482
w_{creep} (EC5)					$u_{fin} - u_{in} =$	0,09	1705
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)		tot. finale netta			$u_{fin} - u_0 =$	0,33	482

Figura 1.12. Foglio di calcolo – Verifica di deformazione

1.7.3. Esempi applicativi

Di seguito si riportano i fogli di calcolo relativi agli esempi del Paragrafo 1.6.

Allegato di calcolo - Verifica di travi in legno secondo DM 14.1.2008

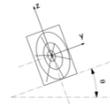
Pagina 1 di 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 1 - Solaio in legno (Travetti orditura secondaria)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C14	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)

**Caratteristiche geometriche**

L	125	cm	i	30	cm	θ	0	$^\circ$
B	7	cm	H	7	cm	Leff/L	0,9	
W	57	cm ³	J	200	cm ⁴			
			H/B	1,00				

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio	350	kg/mc	G_1	1,7	kg/ml
Permanente	270	kg/mq	G_2	81,0	kg/ml
Variabile	200	kg/mq	Q_1	60,0	kg/ml
Tot =	470	kg/mq	Tot =	142,7	kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

	α	8						
	M_{Ed} (kg m)		Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$
SLU solo perm.	24,16591797	Permanente	0,60	5,60	4,23	0,75	0,75	
SLU con variab.	41,74404297	Media	0,80	7,47	7,30	0,98	0,98	

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

	β	1,6					
	V_{Ed} (kg)		Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	96,66367188	Permanente	0,60	0,30	0,68	0,44	
SLU con variab.	166,9761719	Media	0,80	0,51	0,91	0,56	

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

	χ	0,0052	u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controfrecchia		
	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u	
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)	perm. istant.	1	0,00	7,00	0,07	1667	
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)	var. istant.	1	0,00	7,00	0,05	2298	
u_{in} (w_{inst} EC5)	tot. istant.				$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,13	966
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)	perm. finale	1	0,60	4,38	0,12	1042	
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)	var. finale	0,3	0,60	5,93	0,06	1948	
u_{fin} (w_{fin} EC5)	tot. finale				$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	0,18	679
w_{creep} (EC5)					$u_{fin} - u_{in} =$	0,05	2282
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)	tot. finale netta				$u_{fin} - u_0 =$	0,18	679

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Durata**Tipi di carico**

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Powered by Studio Technica

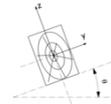
Figura 1.13. Foglio di calcolo dell'Esempio 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 2 - Solaio in legno (Travi orditura principale)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C24	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)



Caratteristiche geometriche

L	420	cm	i	125	cm
B	18	cm	H	24	cm
W =	1728	cm ³	J =	20736	cm ⁴
			H/B =	1,33	

θ	0	°
L_{eff}/L	0,9	

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio =	420 kg/mc	$G_1 =$	18,1 kg/ml
Permanente	276 kg/mq	$G_2 =$	345,0 kg/ml
Variabile	200 kg/mq	$Q_1 =$	250,0 kg/ml
Tot =	476 kg/mq	Tot =	613,1 kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

	$\alpha = \frac{8}{8}$							
	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	
SLU solo perm.	1193,097276	Permanente	0,60	9,60	6,90	0,72	0,72	
SLU con variab.	2019,972276	Media	0,80	12,80	11,69	0,91	0,91	

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

	$\beta = \frac{2}{2}$					
	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	1136,28312	Permanente	0,60	0,39	1,00	0,39
SLU con variab.	1923,78312	Media	0,80	0,67	1,33	0,50

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

	$\chi = 0,0130$		u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controflessia		
		Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)	perm. istant.	1	0,00	0,00	11,00	0,64	652
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)	var. istant.	1	0,00	0,00	11,00	0,44	947
u_{in} (w_{inst} EC5)	tot. istant.				$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	1,09	386
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)	perm. finale	1	0,60	0,60	6,88	1,03	408
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)	var. finale	0,3	0,60	0,60	9,32	0,52	803
u_{fin} (w_{fin} EC5)	tot. finale				$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	1,55	270
w_{creep} (EC5)					$u_{fin} - u_{in} =$	0,47	901
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)	tot. finale netta				$u_{fin} - u_0 =$	1,55	270

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Tipi di carico

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Figura 1.14. Foglio di calcolo dell'Esempio 2

Allegato di calcolo - Verifica di travi in legno secondo DM 14.1.2008

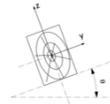
Pagina 1 di 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 3 - Copertura in legno (Travi orditura principale)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C24	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)

**Caratteristiche geometriche**

L	420	cm	i	155	cm	θ	15	°
B	18	cm	H	24	cm	Leff/L	0,9	
W	1728	cm ³	J	20736	cm ⁴			
			H/B	1,33				

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio	420	kg/mc	G_1	18,1	kg/ml
Permanente	220	kg/mq	G_2	341,0	kg/ml
Variabile	90	kg/mq	Q_1	139,5	kg/ml
Tot =	310	kg/mq	Tot =	498,6	kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

α	8							
	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	
SLU solo perm.	1179,867276	Permanente	0,60	9,60	6,83	0,71	0,82	
SLU con variab.	1641,263526	Breve	0,90	14,40	9,50	0,66	0,76	

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

β	2						
	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$	
SLU solo perm.	1123,68312	Permanente	0,60	0,39	1,00	0,39	
SLU con variab.	1563,10812	Breve	0,90	0,54	1,50	0,36	

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

χ	0,0130		u_0 (w_c ECS)	0 (cm) - controfrecchia		
	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ ECS)	perm. istant.	1	0,00	11,00	0,64	659
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ ECS)	var. istant.	1	0,00	11,00	<u>0,25</u>	1698
u_{in} (w_{inst} ECS)	tot. istant.			$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,88	475
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ ECS)	perm. finale	1	0,60	6,88	1,02	412
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ ECS)	var. finale	0	0,60	11,00	<u>0,25</u>	1698
u_{fin} (w_{fin} ECS)	tot. finale			$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	1,27	332
w_{creep} (ECS)				$u_{fin} - u_{in} =$	0,38	1099
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ ECS)	tot. finale netta			$u_{fin} - u_0 =$	1,27	332

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Durata**Tipi di carico**

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Powered by Studio Technica

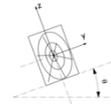
Figura 1.15. Foglio di calcolo dell'Esempio 3

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 4 - Loggia (Travetti orditura secondaria)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C14	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)



Caratteristiche geometriche

L	175	cm	i	40	cm
B	7	cm	H	7	cm
W	57	cm ³	J	200	cm ⁴
			H/B	1,00	

θ	0	°
L_{eff}/L	0,9	

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio =	350 kg/mc	$G_1 =$	1,7 kg/ml
Permanente	90 kg/mq	$G_2 =$	36,0 kg/ml
Variabile	80 kg/mq	$Q_1 =$	32,0 kg/ml
Tot =	170 kg/mq	Tot =	69,7 kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

α	8						
	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$
SLU solo perm.	21,52535547	Permanente	0,60	5,60	3,77	0,67	0,67
SLU con variab.	39,90035547	Breve	0,90	8,40	6,98	0,83	0,83

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

β	2					
	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	49,2008125	Permanente	0,60	0,15	0,68	0,22
SLU con variab.	91,2008125	Breve	0,90	0,28	1,02	0,27

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

χ	0,0130		u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controflessia	
	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)	perm. istant.	1	0,00	7,00	0,33	533
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)	var. istant.	1	0,00	7,00	0,28	628
u_{in} (w_{inst} EC5)	tot. istant.			$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,61	288
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)	perm. finale	1	0,60	4,38	0,53	333
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)	var. finale	0	0,60	7,00	0,28	628
u_{fin} (w_{fin} EC5)	tot. finale			$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	0,80	218
w_{creep} (EC5)				$u_{fin} - u_{in} =$	0,20	888
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)	tot. finale netta			$u_{fin} - u_0 =$	0,80	218 < 250

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Durata

Tipi di carico

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Figura 1.16. Foglio di calcolo dell'Esempio 4 (Travetti)

Allegato di calcolo - Verifica di travi in legno secondo DM 14.1.2008

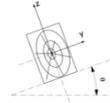
Pagina 1 di 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 4 - Loggia (Trave longitudinale)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C14	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)

**Caratteristiche geometriche**

L	240	cm	i	115	cm	θ	0	$^\circ$
B	13	cm	H	13	cm	Leff/L	0,9	
W	366	cm ³	J	2380	cm ⁴			
			H/B	1,00				

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio	350 kg/mc	G_1	5,9 kg/ml
Permanente	90 kg/mq	G_2	103,5 kg/ml
Variabile	80 kg/mq	Q_1	92,0 kg/ml
Tot	170 kg/mq	Tot	201,4 kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

	α	8						
	M_{Ed} (kg m)		Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$
SLU solo perm.	117,31644	Permanente	0,60	5,60	3,20	0,57	0,57	
SLU con variab.	216,67644	Breve	0,90	8,40	5,92	0,70	0,70	

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

	β	2					
	V_{Ed} (kg)		Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$
SLU solo perm.	195,5274	Permanente	0,60	0,17	0,68	0,26	
SLU con variab.	361,1274	Breve	0,90	0,32	1,02	0,31	

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

	χ	0,0130	u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controfrecchia	
	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm)	L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)	perm. istant.	1	0,00	7,00	0,28	847
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)	var. istant.	1	0,00	7,00	<u>0,24</u>	1008
u_{in} (w_{inst} EC5)	tot. istant.			$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,52	460
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)	perm. finale	1	0,60	4,38	0,45	530
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)	var. finale	0	0,60	7,00	<u>0,24</u>	1008
u_{fin} (w_{fin} EC5)	tot. finale			$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	0,69	347
w_{creep} (EC5)				$u_{fin} - u_{in} =$	0,17	1412
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)	tot. finale netta			$u_{fin} - u_0 =$	0,69	347

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Durata**Tipi di carico**

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Powered by Studio Technica

Figura 1.17. Foglio di calcolo dell'Esempio 4 (Travetti longitudinali)

Allegato di calcolo - Verifica di travi in legno secondo DM 14.1.2008

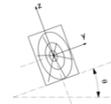
Pagina 1 di 1

Verifica di trave rettangolare in legno

Oggetto: Esempio 4 - Loggia (Trave a sbalzo)

Caratteristiche dei materiali

Classe di Resistenza	C14	
Classe di Servizio	1	
γ_M	1,5	(1,5 per legno massiccio, 1,45 per legno lamellare)
γ_{G2}	1,5	(1,5 o 1,3 vedi §2.6.1 NTC 2008 D.M. 14.01.2008)



Caratteristiche geometriche

L	120	cm	i	180	cm	θ	0	°
B	17	cm	H	21	cm	L_{eff}/L	0,9	
W	1250	cm ³	J	13120	cm ⁴			
			H/B	1,24				

(L luce della trave; i larghezza area di influenza; H altezza della sezione; B larghezza della sezione)

Analisi dei carichi

Peso proprio =	350 kg/mc	$G_1 =$	12,5 kg/ml
Permanente	90 kg/mq	$G_2 =$	162,0 kg/ml
Variabile	80 kg/mq	$Q_1 =$	144,0 kg/ml
Tot =	170 kg/mq	Tot =	318,5 kg/ml

Verifica a flessione SLU ($M_{max} = q l^2 / \alpha$)

α	1,04							
	M_{Ed} (kg m)	Durata	k_{mod}	$f_{m,d}$	$\sigma_{mv,d}$	$\sigma_{mv,d}/f_{m,d}$	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	
SLU solo perm.	358,9525385	Permanente	0,60	5,60	2,87	0,51	0,51	
SLU con variab.	658,0294615	Breve	0,90	8,40	5,27	0,63	0,63	

Verifica a taglio SLU ($T_{max} = q l / \beta$)

β	1,04						
	V_{Ed} (kg)	Durata	k_{mod}	τ_d	$f_{v,d}$	$\tau_d/f_{v,d}$	
SLU solo perm.	299,1271154	Permanente	0,60	0,13	0,68	0,18	
SLU con variab.	548,3578846	Breve	0,90	0,23	1,02	0,23	

Verifica deformazione SLE ($u = \chi q l^4 / EJ$)

χ	0,0130		u_0 (w_c EC5)	0	(cm) - controfrecchia
	Tipo	$\Psi_{2,i}$	k_{def}	E (GPa)	u (cm) L/u
$u_{G,in}$ ($u_{inst,G}$ EC5)	perm. istant.	1	0,00	7,00	0,01 23429
$u_{Q,in}$ ($u_{inst,Q}$ EC5)	var. istant.	1	0,00	7,00	0,00 28391
u_{in} (w_{inst} EC5)	tot. istant.			$u_{G,in} + u_{Q,in} =$	0,01 12836
$u_{G,fin}$ ($u_{fin,G}$ EC5)	perm. finale	1	0,60	4,38	0,01 14643
$u_{Q,fin}$ ($u_{fin,Q}$ EC5)	var. finale	0	0,60	7,00	0,00 28391
u_{fin} (w_{fin} EC5)	tot. finale			$u_{G,fin} + u_{Q,fin} =$	0,01 9660
w_{creep} (EC5)				$u_{fin} - u_{in} =$	0,00 39048
$u_{net,fin}$ ($w_{net,fin}$ EC5)	tot. finale netta			$u_{fin} - u_0 =$	0,01 9660

Classe di durata

Permanente	più di 10 anni
Lunga	6 mesi - 10 anni
Media	1 settimana - 6 mesi
Breve	meno di 1 settimana
Istantanea	—

Durata

Tipi di carico

Peso proprio
Carichi di esercizio nei locali adibiti a deposito
Carichi di esercizio in generale
Neve
Vento e carichi eccezionali



Powered by Studio Technica

Figura 1.18. Foglio di calcolo dell'Esempio 4 (Trave a sbalzo)