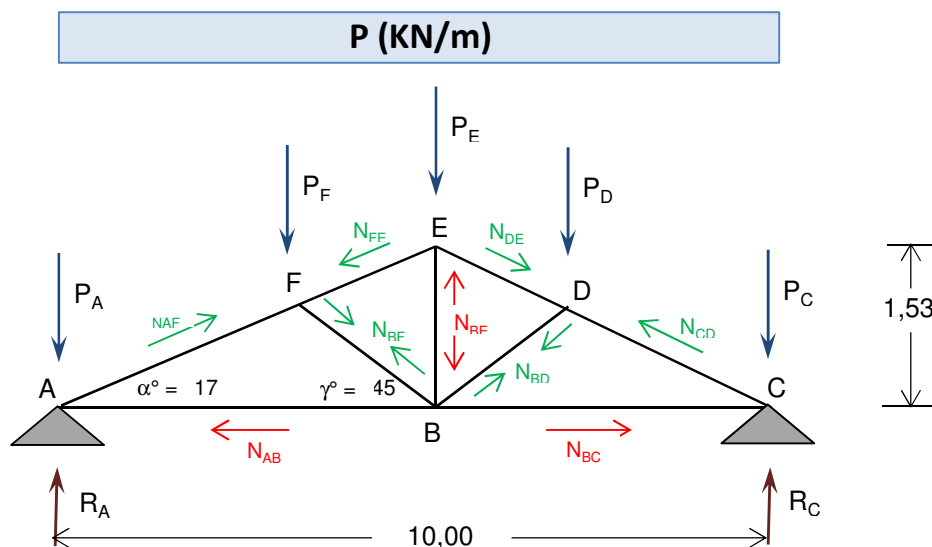


Editare descrizione: es. Il solaio di copertura sarà portato da capriate in legno del tipo alla Palladio con estremi appoggiati, il cui schema statico si riporta di seguito:



Aste AB e BC = tiranti (catena ABC)

Aste CD, DE, AF e FE = puntoni CE e AE

Aste BD e BF = puntoni (saettoni)

Asta BE = Tirante (monaco)

Caratteristiche geometriche della capriata

Luce netta capriata

$l = 10,00$ m

Interasse capriate

$i = 3,00$ m

Inclinazione falda

$\alpha = 17^\circ$

Inclinazione saettoni

$\gamma = 45^\circ$

Classe di durata del carico:

Lunga durata

6 mesi-10 anni (carichi perm. o var. di magaz.)

Classe di servizio

1

UR < 65%

$K_{mod} = 0,7$

Tirante A - B - C (catena)

Altezza sezione tirante A-B-C

$H = 250$ mm

Larghezza sezione tirante A-B-C

$B = 200$ mm

Lunghezza tratto AB

$L_{AB} = 5,00$ m

Lunghezza tratto BC

$L_{BC} = 5,00$ m

Area della sezione resistente dell'elemento in legno

$A_v = 50000$ mm²

Puntoni AE e CE

Altezza sezione puntoni AE e CE

$H = 250$ mm

Larghezza sezione puntoni AE e CE

$B = 200$ mm

Lunghezza tratto AF

$L_{AF} = 4,00$ m

Lunghezza tratto FE

$L_{FE} = 1,22$ m

Lunghezza tratto CD	$L_{CD} = 4,00 \text{ m}$
Lunghezza tratto DE	$L_{DE} = 1,22 \text{ m}$
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	$A_v = 50000 \text{ mm}^2$
Momento d'inerzia della sezione del puntone in legno	$J_{min} = 166666667 \text{ mm}^4$
Raggio d'inerzia minimo della sezione del puntone in legno	$i_{min} = 57,74 \text{ mm}$
Modulo di resistenza dell'elemento in legno	$W_{pl} = 2083333,33 \text{ mm}^3$

Puntoni BF e BD (saettoni)

Altezza sezione puntoni BF e BD	$H = 200 \text{ mm}$
Larghezza sezione puntoni BF e BD	$B = 140 \text{ mm}$
Lunghezza tratto BF	$L_{BF} = 1,66 \text{ m}$
Lunghezza tratto BD	$L_{BD} = 1,66 \text{ m}$
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	$A_v = 28000 \text{ mm}^2$
Momento d'inerzia della sezione del puntone in legno	$J_{min} = 45733333 \text{ mm}^4$
Raggio d'inerzia minimo della sezione del puntone in legno	$i_{min} = 40,41 \text{ mm}$

Tirante BE (monaco)

Altezza sezione tirante BE	$H = 200 \text{ mm}$
Larghezza sezione tirante BE	$B = 140 \text{ mm}$
Lunghezza tratto BE	$L_{BE} = 1,53 \text{ m}$
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	$A_v = 28000 \text{ mm}^2$

Dormiente in legno agli appoggi della capriata

Larghezza (inserire 0 se non è previsto dormiente)	$LA_d = 250 \text{ mm}$
Spessore (inserire 0 se non è previsto dormiente)	$S_d = 100 \text{ mm}$

Caratteristiche comuni elementi in legno

Peso unità di volume del legno	$= 6,00 \text{ KN/m}^3$
Coefficiente parziale per le proprietà del materiale (Tab. 4.4.III)	$\gamma_M = \text{Colonna A}$
Res. a compressione par. fibra legno tipo Lamellare GL22h ▼	$f_{c,0,d} = 10,62 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} = 22,00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,d} = 8,50 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,d} = 1,21 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,0,5} = 8800 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico longitudinale medio	$E_{0,m} = 10500 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico tangenziale medio	$G_{0,m} = 650 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo a flessione	$f_{m,d} = 10,62 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo a taglio	$f_{v,d} = 1,69 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di imperfezione dell'elemento in legno	$\beta_c = 0,10$

Carico superficiale verticale trasmesso dalla copertura

Carico trasmesso dal solaio di copertura (a trave rettangolare)	$Q_1 = 4,87 \text{ KN/m}^2$
---	-----------------------------

Altri carichi (e/o solaio di copertura diverso dalla tipologia in legno)

$$Q_2 = 0,00 \text{ KN/m}^2$$

Totale carico amplificato

$$Q = 4,87 \text{ KN/m}^2$$

Carico distribuito verticale agente sulla singola capriata

Carico trasmesso dalla copertura

$$P_1 = 14,61 \text{ KN/m}$$

Peso proprio della capriata amplificato di 1,3

$$P_2 = 0,90 \text{ KN/m}$$

Totale

$$P = 15,52 \text{ KN/m}$$

Carichi verticali concentrati ai nodi in KN

P_A	P_F	P_E	P_D	P_C
31,06	40,56	18,99	40,56	31,06

I carichi verticali concentrati ai nodi sono stati ricavati come sommatoria degli sforzi di taglio determinati dal carico verticale distribuito P alle estremità di ciascuna asta considerata incernierata.

Reazioni vincolari agli appoggi in KN

R_A	R_C
81,12	81,12

Le reazioni vincolari sono state ricavate applicando la regola dell'equilibrio alla traslazione verticale.

Sollecitazioni normali agenti sulle aste in KN

N_{AB}	N_{BC}	N_{AF}	N_{CD}	N_{BE}
163,74	163,74	-171,22	-171,22	100,12

N_{FE}	N_{DE}	N_{BF}	N_{BD}
-138,73	-138,73	-70,80	-70,80

I valori con il segno meno indicano le aste sollecitate a compressione assiale (puntoni), mentre i valori con il segno positivo indicano le aste sollecitate a trazione (tiranti). Il calcolo delle sollecitazioni assiali su ciascuna asta della capriata è stato effettuato con il metodo di Ritter e con il metodo dell'equilibrio dei nodi.

Verifica a trazione parallela alla fibratura dell'asta BE (monaco)

La tensione assiale determinata da N_{BE} è data da:

$$\sigma_{\text{asta BE}} = N_{BE} / A_v = 3,58 \text{ N/mm}^2 < f_{t,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a trazione parallela alla fibratura delle aste AB e BC (tiranti)

La tensione assiale determinata da N_{AB} o N_{BC} è data da:

$$\sigma_{\text{asta AB}} = N_{AB} / A_v = 3,27 \text{ N/mm}^2 < f_{t,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a compressione parallela alla fibratura delle aste AF e CD (puntoni)

La tensione assiale determinata da N_{AF} o N_{CD} è data da:

$$\sigma_{\text{asta AF}} = N_{\text{AF}} / A_v = 3,42 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

Verifica a compressione parallela alla fibratura delle aste FE e DE (punti)

La tensione assiale determinata da N_{FE} o N_{DE} è data da:

$$\sigma_{\text{asta FE}} = N_{\text{FE}} / A_v = 2,77 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

Verifica a compressione parallela alla fibratura delle aste BF e BD (saettoni)

La tensione assiale determinata da N_{BF} o N_{BD} è data da:

$$\sigma_{\text{asta BF}} = N_{\text{BF}} / A_v = 2,53 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

Verifica instabilità elementi compressi (punti)

La lunghezza libera di inflessione l_0 delle aste, essendo incernierate agli estremi, è uguale alla lunghezza effettiva delle stesse.

Deve risultare: $k_{\text{crit,c}} \geq \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d}$

Asta	λ	$\lambda_{\text{rel,c}}$	k	$k_{\text{crit,c}}$	$\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d}$	Esito
AF	69,36	1,10	1,15	0,68	0,322	VERIFICATO
CD	69,36	1,10	1,15	0,68	0,322	VERIFICATO
FE	21,20	0,34	0,56	1,00	0,261	VERIFICATO
DE	21,20	0,34	0,56	1,00	0,261	VERIFICATO
BF	28,68	0,46	0,61	0,98	0,238	VERIFICATO
BD	28,68	0,46	0,61	0,98	0,238	VERIFICATO

Sollecitazioni di flessione e taglio sui punti inclinati AF, FE, CD, DE dovuti al carico distribuito verticale P e relativa verifica a flessione, pressoflessione e taglio

I punti inclinati sono sollecitati inoltre da un momento flettente massimo in mezzera e da uno sforzo di taglio agli estremi dati rispettivamente dalle seguenti espressioni:

$$M_t = P \times L^2 / 8$$

$$V_t = P \times L / 2$$

Mentre la tensione normale massima determinata da M_t e la tensione tangenziale massima determinata da V_t sono date rispettivamente dalle seguenti espressioni:

$$\sigma_{m,y,d} = M_t / W_{pl}$$

$$\tau_d = 1,5 V_t / (B \times H)$$

Verifica a flessione

La verifica a flessione è soddisfatta se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$A = \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} \leq 1$$

$$B = k_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} \leq 1$$

Asta	M_t	$\sigma_{m,y,d}$	k_m	A	Esito A	B	Esito B
AF	31,10	14,93	0,7	1,41	non ver.	0,98	ver.
FE	2,91	1,40	0,7	0,13	ver.	0,09	ver.
CD	31,10	14,93	0,7	1,41	non ver.	0,98	ver.
DE	2,91	1,40	0,7	0,13	ver.	0,09	ver.

Verifica a pressoflessione

La verifica a pressoflessione è soddisfatta se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$A = (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^{\zeta} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,d} \leq 1$$

$$B = (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^{\zeta} + k_m \sigma_{m,y,d}/f_{m,d} \leq 1$$

Asta	Mt	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	k_m	A	Esito A	B	Esito B
AF	31,10	14,93	3,42	0,7	1,51	non ver.	1,09	non ver.
FE	2,91	1,40	2,77	0,7	0,20	ver.	0,16	ver.
CD	31,10	14,93	3,42	0,7	1,51	non ver.	1,09	non ver.
DE	2,91	1,40	2,77	0,7	0,20	ver.	0,16	ver.

Verifica a taglio

La verifica a taglio è soddisfatta se risulta la seguente disuguaglianza:

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

Asta	Vt (KN)	τ_d (N/mm ²)	Esito
AF	31,06	0,93	VERIFICATO
FE	9,50	0,28	VERIFICATO
CD	31,06	0,93	VERIFICATO
DE	9,50	0,28	VERIFICATO

Dimensionamento del dormiente

In caso di sistema di appoggio della capriata alle strutture portanti realizzato tramite dormiente in legno di forma parallelepipedo, la lunghezza minima (fissata la larghezza LA_d e lo spessore S_d) è data dall'espressione:

$$LU_d = 2 R_A / (LA_d \times f_{c,90,d}) = 537,74 \text{ mm}$$

Pertanto agli appoggi della capriata sarà inserito un parallelepipedo in legno (dormiente) delle dimensioni: cm. 25 x 54 x 10 .

CALCOLO AGLI S.L.U. DI SOLAIO CON TRAVI IN LEGNO

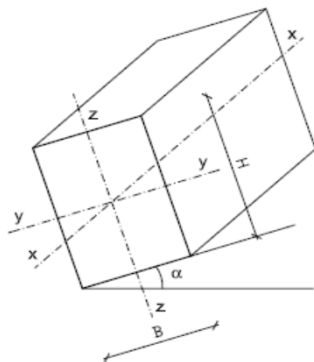
(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

Editare descrizione: es. I solai del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da travi in legno e soprastante tavolato.

Caratteristiche geometriche e inerziali

Classe di durata del carico: Lunga durata 6 mesi-10 anni (carichi perm. o var. di magaz.)
 Classe di servizio 1 UR < 65% $K_{mod} = 0,7$ $K_{def} = 0,6$

Altezza trave in legno
 Larghezza trave in legno
 Interasse travi in legno
 Angolo inclinazione falda
 Spessore tavolato
 Peso unità di volume del legno
 Spessore cappa
 Peso unità di volume cappa
 Luce netta solaio
 Carico permanente (pavim., sottof., intonaco, imperme., tegole)
 Peso tramezzatura
 Carico variabile
 Modulo di resistenza della sezione asse forte
 Modulo di resistenza della sezione asse debole
 Coefficiente K_h in direz. y per sezione in legno lamellare
 Coefficiente K_h in direz. z per sezione in legno lamellare
 Coefficiente K_h in direz. y per sezione in legno massiccio
 Coefficiente K_h in direz. z per sezione in legno massiccio
 Coefficiente parziale per le proprietà del materiale (Tab. 4.4.III)
 Tensione di calcolo a flessione legno tipo Lamellare GL24c
 nel piano xz, tenendo conto del coefficiente $K_{h,y}$:
 nel piano xy, tenendo conto del coefficiente $K_{h,z}$:
 Tensione di calcolo a taglio
 Area di taglio della sezione della trave in legno
 Momento d'inerzia della sezione della trave in legno
 Modulo elastico longitudinale medio
 Modulo elastico tangenziale medio



Sez. rettangolare

$H = 200$ mm
 $B = 140$ mm
 $i = 0,50$ m
 $\alpha = 0,0^\circ$
 $h_t = 3$ cm
 $= 6,00$ KN/m³
 $= 0$ cm
 $= 0,00$ KN/m³
 $l = 3,00$ m
 $= 1,00$ KN/m²
 $= 0,80$ KN/m²
 $= 1,00$ KN/m²
 $W_{ply} = 933333$ mm³
 $W_{plz} = 653333$ mm³
 $K_{h,y,l} = 1,10$
 $K_{h,z,l} = 1,10$
 $K_{h,y,m} = 1,00$
 $K_{h,z,m} = 1,01$
 $\gamma_M = \text{Colonna A}$
 $f_{m,d} = 11,59$ N/mm²
 $f_{m,y,d} = 12,74$ N/mm²
 $f_{m,z,d} = 12,74$ N/mm²
 $f_{v,d} = 1,69$ N/mm²
 $A_v = 28000$ mm²
 $I_y = 93333333$ mm⁴
 $E_{0,m} = 11000$ N/mm²
 $G_{0,m} = 650$ N/mm²

Analisi dei carichi in KN/m

Tavolato	0,03	x	6,00	x	0,50	=	0,09	KN/m
Travi in legno						=	0,17	"
Cappa	0	x	0,00	x	0,50	=	0,00	"
Perman.			1,00	x	0,50	=	0,50	"
Tramez.			0,80	x	0,50	=	0,40	"
Carico variabile			1,00	x	0,50	q =	0,50	"
Altri carichi distribuiti						=	0,00	"

Totale (carichi fissi + sovraccarico)

$Q_t =$

1,66 KN/m

Carico permanente

$Q_1 =$

0,26 KN/m

Carico perm. non strutt. + variabile

$Q_2 =$

1,40 KN/m

Carico permanente + perm. non strutturale

$Q_3 =$

0,76 KN/m

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 =$$

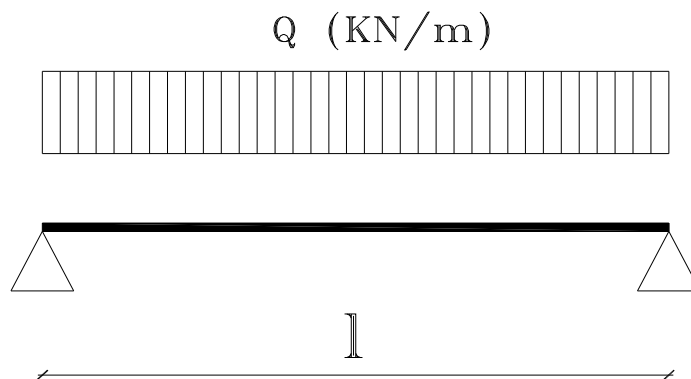
2,44 KN/m

dove:

$\gamma_G = 1,3$ è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti.

$\gamma_Q = 1,5$ è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + variabili

Lo schema statico risultante è il seguente:



Determinazione delle sollecitazioni

Ogni trave in legno viene sollecitata da un momento flettente massimo in mezzeria:

$$M_t = Q \times l^2 / 8 =$$

2,74 KNm

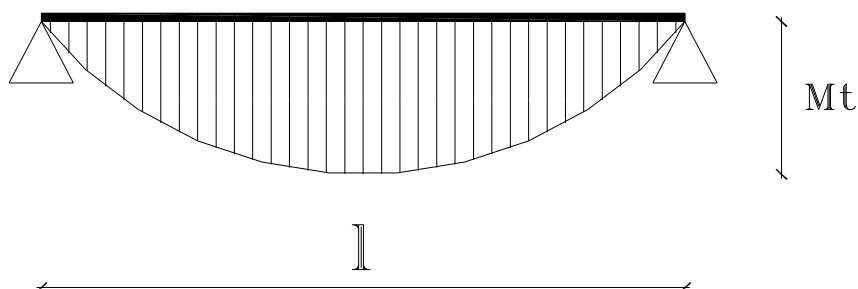
e scomponendo nelle due componenti attorno all'asse y ed all'asse z, si ha:

$$M_{ty} = M_t \cos \alpha =$$

2,74 KNm

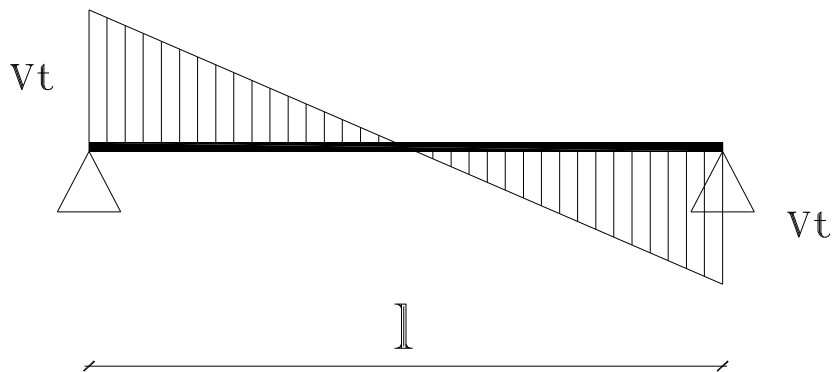
$$M_{tz} = M_t \sin \alpha =$$

0,00 KNm



Ogni trave viene sollecitata inoltre da un taglio massimo agli appoggi:

$$V_t = Q \times l / 2 = 3,65 \text{ KN}$$



Verifica a flessione

Le tensioni di calcolo massime per flessione determinate da M_{ty} e M_{tz} nei piani xz e xy sono:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{ply} = 2,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{plz} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta se sono verificate entrambe le seguenti disuguaglianze:

$$K_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

dove K_m è un coefficiente convenzionale che tiene conto del diverso comportamento del legno a trazione e compressione e della disomogeneità del materiale. Vale 0,7 per sezioni rettangolari e 1 per altre sezioni.

$$K_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,16 < 1$$

VERIFICATO

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,23 < 1$$

VERIFICATO

Verifica a taglio

La tensione tangenziale massima determinata da V_t è data da:

$$\tau_d = 1,5 V_t / (B \times H) = 0,20 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

VERIFICATO

Verifica di deformabilità

I limiti di spostamento sono:

$$u_{lim,tot} = l / 250 = 12,00 \text{ mm} \quad (\text{deformazione istantanea})$$

$$u_{lim,q} = l / 300 = 10,00 \text{ mm} \quad (\text{deformazione istantanea})$$

$$u_{lim,lt} = l / 200 = 15,00 \text{ mm} \quad (\text{deformazione a lungo termine})$$

dove: $u_{lim,tot}$ = spostamento verticale totale massimo (carichi perm. e variabili)
 $u_{lim,q}$ = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili
 $u_{lim,lt}$ = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti

La massima freccia della trave, nelle diverse combinazioni di carichi di cui sopra, è:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = 1,8 \text{ mm}$$

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

VERIFICATO

$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = 0,55 \text{ mm}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

VERIFICATO

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_3 \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) = 2,29 \text{ mm}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

VERIFICATO

dove: Q_t = carico totale lineare non amplificato agente sulla trave
 q = carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave
 Q_3 = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave
 l = luce netta solaio
 $E_{0,m}$ = modulo elastico longitudinale medio del legno
 $G_{0,m}$ = modulo elastico tangenziale medio del legno
 I_y = momento d'inerzia della sezione

Verifica tavolato

La verifica del tavolato si conduce considerando uno schema statico di trave incastrata o appoggiata alle estremità, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, ed una sezione di base unitaria ed altezza lo spessore del tavolato.

Tipo di vincolo alle estremità **Appoggio**

$$M_{tt} = Q_d \times i \times i / 8 = 0,07 \text{ KNm}$$

Il taglio massimo è dato da:

$$V_{tt} = Q_d \times i / 2 = 0,55 \text{ KN}$$

La tensione normale massima determinata da M_{tt} è data da:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl} = 0,46 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d}$$

VERIFICATO

dove $W_{tt} = (b_t \times h_t^2/6)$ è il modulo elastico della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.).

La tensione tangenziale massima determinata da V_{tt} è data da:

$$\tau_{d,t} = 1,5V_{tt}/(b_t \times h_t) = 0,03 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

VERIFICATO

dove b_t è la larghezza della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.) e h_t è lo spessore del tavolato.

CALCOLO AGLI S.L.U. DI SOLAIO CON TRAVI IN LEGNO

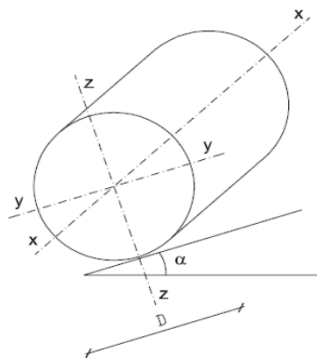
(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

Editare descrizione: es. *I solai del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da travi in legno e soprastante tavolato.*

Caratteristiche geometriche e inerziali

Classe di durata del carico: **Lunga durata** 6 mesi-10 anni (carichi perm. o var. di magaz.)
 Classe di servizio **1** UR < 65% $K_{mod} = 0,7$ $K_{def} = 0,6$

Diametro trave in legno
 Interasse travi in legno
 Angolo inclinazione falda
 Spessore tavolato
 Peso unità di volume del legno
 Spessore cappa
 Peso unità di volume cappa
 Luce netta solaio
 Carico permanente (pavim., sottof., intonaco, imperme., tegole)
 Peso tramezzatura
 Carico variabile
 Modulo di resistenza della sezione
 Coefficiente K_h per sezione in legno lamellare
 Coefficiente K_h per sezione in legno massiccio
 Coefficiente parziale per le proprietà del materiale (Tab. 4.4.III)
 Tensione di calcolo a flessione legno tipo **Lamellare GL20c**
 tenendo conto del coefficiente K_h :
 Tensione di calcolo a taglio
 Area di taglio della sezione della trave in legno
 Momento d'inerzia della sezione della trave in legno
 Modulo elastico longitudinale medio
 Modulo elastico tangenziale medio



Sezione circolare

$D = 240$ mm
 $i = 0,70$ m
 $\alpha = 0,0^\circ$
 $h_t = 3,5$ cm
 $= 6,00$ KN/m³
 $= 4$ cm
 $= 24,00$ KN/m³
 $l = 4,00$ m
 $= 1,00$ KN/m²
 $= 0,80$ KN/m²
 $= 2,00$ KN/m²
 $W_{pl} = 1356480$ mm³
 $K_{h,l} = 1,10$
 $K_{h,m} = 1,00$
 $\gamma_M = \text{Colonna A}$
 $f_{m,d} = 9,66$ N/mm²
 $f_{m,k,d} = 10,58$ N/mm²
 $f_{v,d} = 1,69$ N/mm²
 $A_v = 723456$ mm²
 $I_y = 162777600$ mm⁴
 $E_{0,m} = 10400$ N/mm²
 $G_{0,m} = 650$ N/mm²

Analisi dei carichi in KN/m

Tavolato	0,035	x	6,00	x	0,70	=	0,15	KN/m
Travi in legno						=	0,27	"
Cappa	0,04	x	24,00	x	0,70	=	0,67	"
Perman.			1,00	x	0,70	=	0,70	"
Tramez.			0,80	x	0,70	=	0,56	"
Carico variabile			2,00	x	0,70	q =	1,40	"
Altri carichi distribuiti						=	0,00	"

Totale (carichi fissi + sovraccarico)

$Q_t =$

3,75 KN/m

Carico permanente $Q_1 = 1,09 \text{ KN/m}$

Carico perm. non strutt. + variabile $Q_2 = 2,66 \text{ KN/m}$

Carico permanente + perm. non strutturale $Q_3 = 2,35 \text{ KN/m}$

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

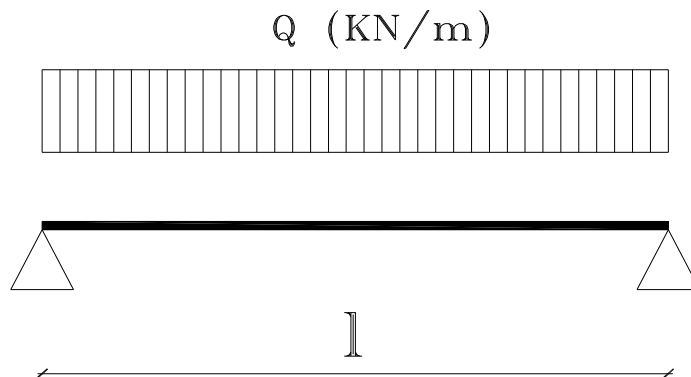
$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 = \mathbf{5,41 \text{ KN/m}}$$

dove:

$\gamma_G = 1,3$ è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti.

$\gamma_Q = 1,5$ è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + variabili

Lo schema statico risultante è il seguente:



Determinazione delle sollecitazioni

Ogni trave in legno viene sollecitata da un momento flettente massimo in mezzeria:

$$M_t = Q \times l^2 / 8 = \mathbf{10,81 \text{ KNm}}$$

e scomponendo nelle due componenti attorno all'asse y ed all'asse z, si ha:

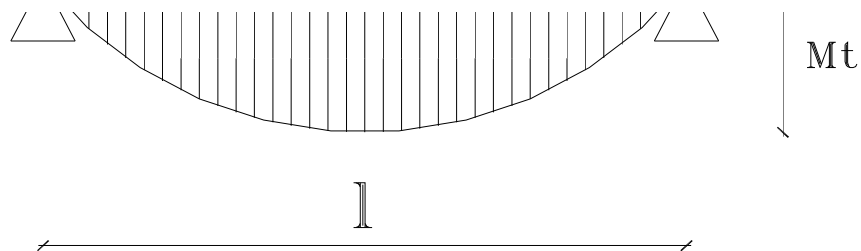
$$M_{ty} = M_t \cos \alpha = 10,81 \text{ KNm}$$

$$M_{tz} = M_t \sin \alpha = 0,00 \text{ KNm}$$



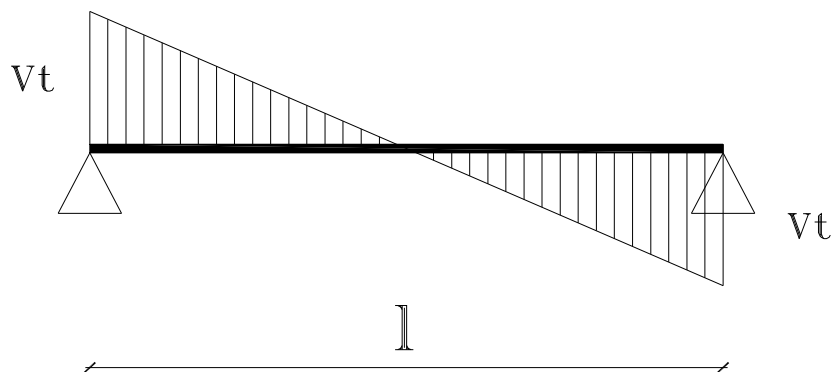
Solaio in legno sez. circolare - Calcolo

Paolo Sottile Ingegnere



Ogni trave viene sollecitata inoltre da un taglio massimo agli appoggi:

$$V_t = Q \times l / 2 = 10,81 \text{ KN}$$



Verifica a flessione

Le tensioni di calcolo massime per flessione determinate da M_{ty} e M_{tz} nei piani xz e xy sono:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{pl} = 7,97 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{pl} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta se è verificata la seguente disuguaglianza:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,k,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,k,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,k,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,k,d} = 0,75 < 1$$

VERIFICATO

Verifica a taglio

La tensione tangenziale massima determinata da V_t è data da:

$$\tau_d = 1,5 V_t / (B \times H) = 0,36 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

VERIFICATO

Verifica di deformabilità

I limiti di spostamento sono:

$$\begin{aligned}u_{lim,tot} &= l / 250 = & 16,00 \text{ mm} & \text{(deformazione istantanea)} \\u_{lim,q} &= l / 300 = & 13,33 \text{ mm} & \text{(deformazione istantanea)} \\u_{lim,lt} &= l / 200 = & 20,00 \text{ mm} & \text{(deformazione a lungo termine)}\end{aligned}$$

dove: $u_{lim,tot}$ = spostamento verticale totale massimo (carichi perm. e variabili)
 $u_{lim,q}$ = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili
 $u_{lim,lt}$ = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti

La massima freccia della trave è:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = \quad \quad \quad \mathbf{7,7 \text{ mm}}$$

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

VERIFICATO

$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = \quad \quad \quad \mathbf{2,87 \text{ mm}}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

VERIFICATO

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_3 \times l^4) K_{def} / (384 \times E_{0,m} \times I_y) = \quad \quad \quad \mathbf{10,47 \text{ mm}}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

VERIFICATO

dove: Q_t = carico totale lineare non amplificato agente sulla trave
 q = carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave
 Q_3 = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave
 l = luce netta solaio
 $E_{0,m}$ = modulo elastico longitudinale medio del legno
 $G_{0,m}$ = modulo elastico tangenziale medio del legno
 I_y = momento d'inerzia della sezione

Verifica tavolato

La verifica del tavolato si conduce considerando uno schema statico di trave incastrata o appoggiata alle estremità, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, ed una sezione di base unitaria ed altezza lo spessore del tavolato.

Tipo di vincolo alle estremità **Appoggio**

$$M_{tt} = Q_d \times i \times i / 8 . = \quad \quad \quad \mathbf{0,31 \text{ KNm}}$$

Il taglio massimo è dato da:

$$V_{tt} = Q_d \times i / 2 = \quad \quad \quad \mathbf{1,77 \text{ KN}}$$

La tensione normale massima determinata da M_{tt} è data da:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl} = \quad \quad \quad 1,37 \text{ N/mm}^2 \quad < \quad f_{m,d} \quad \quad \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

dove $W_{tl} = (b_t \times h_t^2 / 6)$ è il modulo elastico della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.).

La tensione tangenziale massima determinata da V_{tt} è data da:

$$\tau_{d,t} = 1,5V_{tt} / (b_t \times h_t) = \quad \quad \quad 0,08 \text{ N/mm}^2 \quad < \quad f_{v,d} \quad \quad \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

dove b_t è la larghezza della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.) e h_t è lo spessore del tavolato.

RELAZIONE DI CALCOLO

La capriata tipo Palladio o all'italiana è una particolare tipologia di travatura reticolare piana costituita da un sistema di puntoni (aste soggette a compressione assiale) e tiranti (aste soggette a trazione assiale), geometricamente simmetrici rispetto ad un asse verticale mediano, in cui le aste si considerano incernierate ai nodi e gli estremi della capriata appoggiati alla struttura.

Il software effettua il calcolo della capriata in legno, lamellare o massiccio, soggetta a carichi esterni lineari uniformemente distribuiti, dai quali vengono desunti i carichi concentrati verticali ai nodi agenti sulla stessa capriata e le reazioni vincolari agli appoggi. Agli appoggi vi è la possibilità di inserire anche un dormiente in legno di forma parallelepipedica, qualora si optasse per tale scelta costruttiva.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018) e tiene conto della classe di durata del carico (breve durata, istantaneo, lunga durata, media durata e permanente), della classe di servizio (variazioni di umidità ed influenza sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità del legno) e del relativo coefficiente correttivo dei carichi K_{mod} (funzione della durata del carico e dell'umidità della struttura). Il coefficiente parziale di sicurezza del materiale γ_M dipende dal tipo di materiale e dalla combinazione di carico considerata. Per la combinazione di carico fondamentale il coefficiente γ_M assume i valori riportati in tabella 4.4.III, colonne A e B, delle N.T.C. 2018 per il legno lamellare e per il legno massiccio. Le caratteristiche del legno lamellare sono desunte dalle norme UNI EN 14080, mentre quelle del legno massiccio dalle norme UNI EN 14081-1.

I carichi verticali concentrati ai nodi vengono ricavati come sommatoria degli sforzi di taglio agli estremi di ciascuna asta considerata incernierata, determinati dal carico verticale distribuito esterno agente sulla capriata.

Le caratteristiche del legno lamellare sono desunte dalle norme UNI EN 14080, mentre quelle del legno massiccio dalle norme UNI EN 14081-1.

Lo sforzo di taglio agente all'estremità della singola asta della capriata è dato dall'espressione:

$$T = P \cdot L/2$$

dove P è il carico distribuito verticale esterno e L è la lunghezza dell'asta.

Le reazioni vincolari agli appoggi della capriata vengono ricavati applicando la regola dell'equilibrio alla traslazione verticale al nodo.

Gli sforzi normali di compressione e trazione agenti sulle singole aste della capriata vengono determinati con il metodo di Ritter e con il metodo dell'equilibrio dei nodi.

La verifica degli elementi della capriata viene effettuata agli stati limite ultimi, con resistenze dei materiali desunti dal par. 4.4.6 delle NTC 2018, secondo l'espressione:

$$X_d = (K_{mod} \cdot X_k) / \gamma_M$$

dove: X_d è la resistenza di progetto del materiale; X_k è la resistenza caratteristica del materiale; K_{mod} è il coefficiente correttivo dei carichi e γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza.

Le verifiche eseguite sono:

Verifica a trazione parallela alla fibratura della catena e del monaco;

Verifica a compressione parallela alla fibratura dei puntoni inclinati e dei saettoni;

Verifica a instabilità degli elementi compressi (puntoni);

Verifica a flessione, pressoflessione e taglio dei puntoni inclinati;

Verifica del dormiente agli appoggi della capriata (se previsto).

Per la verifica a trazione parallela alla fibratura degli elementi tesi deve essere soddisfatta la condizione:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

dove: $\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura, desunta dall'espressione:

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_v$$

dove: N è lo sforzo normale di trazione agente sull'asta e A_v è l'area netta della sezione dell'asta e $f_{t,0,d}$ è la resistenza di calcolo a trazione parallela alla fibratura del materiale, desunta da:

$$f_{t,0,d} = (K_{mod} \cdot f_{t,0,k}) / \gamma_M$$

dove: $f_{t,0,k}$ è la resistenza caratteristica a trazione parallela alla fibratura del materiale.

Per la verifica a compressione parallela alla fibratura degli elementi compressi deve essere

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

dove: $\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura, desunta dall'espressione:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_v$$

dove: N è lo sforzo normale di compr. agente sull'asta e A_v è l'area netta della sezione dell'asta.

e $f_{c,0,d}$ è la resistenza di calcolo a compressione parallela alla fibratura del materiale, desunta da:

$$f_{c,0,d} = (K_{mod} \cdot f_{c,0,k}) / \gamma_M$$

dove: $f_{c,0,k}$ è la resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura del materiale.

Per la verifica a instabilità degli elementi compressi (puntoni), essendo le aste incernierate agli estremi la lunghezza libera di inflessione L_0 è uguale alla lunghezza dell'asta L, pertanto:

$$\lambda = L / i_{min}$$

dove: λ è la snellezza dell'asta, L la lunghezza dell'asta e i_{min} il raggio d'inerzia minimo della sez. calcolato con l'espressione seguente:

$$i_{min} = (J_{min} / A_v)^{0,5}$$

dove: A_v è l'area della sezione e J_{min} è il momento d'inerzia minimo della sezione, ricavato dalla seguente espressione:

$$J_{min} = H \cdot B^3 / 12$$

dove: B e H sono la larghezza e l'altezza della sezione dell'asta.

Affinché l'asta compressa sia verificata a instabilità deve risultare:

$$K_{crit,c} \geq \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d}$$

dove $\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo per sforzo normale dell'asta e $f_{c,0,d}$ è la resistenza di calcolo a compressione del legno.

$$K_{crit,c} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel,c}^2)^{0,5}]$$

dove:

$$K = [(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2) / 2]$$

dove; β_c (coefficiente di imperfezione dell'elemento in legno) è pari a 0,1 per il legno lamellare e 0,2 per il legno massiccio.

con

$$\lambda_{rel,c} = (\lambda / \pi) \cdot (f_{c,0,k} / E_{0,0,5})^{0,5}$$

dove: $f_{c,0,k}$ è la resistenza caratteristica a compressione del materiale e $E_{0,0,5}$ è il modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre e $K_{crit,c}$ è dato dall'espressione:

$$K_{crit,c} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel,c}^2)^{0,5}]$$

Per effetto del carico esterno verticale portato dalla capriata i puntoni inclinati sono sottoposti anche a flessione, pressoflessione e taglio, le cui espressioni degli sforzi sono, rispettivamente:

$$M_t = P \cdot L^2 / 8$$

$$V_t = P \cdot L / 2$$

dove P è il carico esterno distribuito lineare e L la lunghezza dell'asta.

La tensione normale massima determinata da M_t e quella tangenziale massima determinata da V_t sono:

$$\sigma_{m,y,d} = M_t / W_{pl}$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot V_t / (B \cdot H)$$

dove: W_{pl} è il modulo di resistenza dell'elemento in legno ed è dato dall'espressione:

$$W_{pl} = B \cdot H^2 / 6$$

dove: B e H sono la larghezza e l'altezza della sezione dell'asta.

Le aste saranno verificate a flessione se risultano soddisfatte entrambe le seguenti disuguaglianze, in assenza di flessione nel piano xy:

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

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

dove $\sigma_{m,y,d}$ è la tensione di calcolo massima per flessione nel piano xz e $f_{y,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo a flessione. K_m è un coefficiente che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale e vale 0,7 per sezioni trasversali rettangolari e 1,0 per altre sezioni.

Le aste saranno verificate a pressoflessione se risultano soddisfatte entrambe le seguenti in assenza di flessione nel piano xy:

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} \leq 1$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} \leq 1$$

dove $\sigma_{m,y,d}$ è la tensione di calcolo massima per flessione nel piano xz e $f_{m,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo a flessione. K_m è un coefficiente che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale e vale 0,7 per sezioni trasversali rettangolari e 1,0 per altre sezioni.

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo massima per compressione e $f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo a compressione.

Le aste saranno verificate a taglio se risulta soddisfatta la seguente disuguaglianza:

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

Nelle espressioni sopra riportate $f_{m,d}$ e $f_{v,d}$ sono ricavate dalle seguenti espressioni:

$$f_{m,d} = (K_{mod} \cdot f_{m,k}) / \gamma_M$$

$$f_{v,d} = (K_{mod} \cdot f_{v,k}) / \gamma_M$$

dove: $f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione del materiale e $f_{v,k}$ la resistenza caratteristica a taglio del materiale, K_{mod} è il coefficiente correttivo dei carichi e γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza.

Per la verifica del dormiente in legno agli appoggi della capriata, fissati la larghezza dello stesso e lo spessore, il calcolo consente di ricavarne la lunghezza con la seguente espressione:

$$LU_d = 2 \cdot Ra / (LA_d \cdot f_{c,90,d})$$

dove: Ra è la reazione vincolare all'appoggio della capriata, L_{ad} è la larghezza scelta per il dormiente e $f_{c,90,d}$ è la resistenza caratteristica a compressione del materiale.

RELAZIONE DI CALCOLO

Il solaio con travi in legno, impiegato sia per gli impalcati di interpiano che per le coperture degli edifici, è costituito da travi in legno lamellare o massiccio (a sezione rettangolare o circolare) poste ad opportuno interasse e considerate appoggiate alle estremità. L'elemento strutturale viene sottoposto a carichi verticali distribuiti linearmente lungo l'asse longitudinale dello stesso.

Il software, effettuata l'analisi dei carichi, effettua il calcolo della trave in legno, lamellare o massiccio, soggetta a carichi esterni lineari uniformemente distribuiti, dai quali vengono desunte le sollecitazioni di flessione e taglio massime, rispettivamente in mezzzeria ed agli appoggi della trave. Viene effettuata inoltre la verifica del tavolato a flessione e taglio, nel caso in cui sia presente questa tipologia di piano di calpestio.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018) e tiene conto della classe di durata del carico (breve durata, istantaneo, lunga durata, media durata e permanente), della classe di servizio (variazioni di umidità ed influenza sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità del legno) e del relativo coefficiente correttivo dei carichi K_{mod} (funzione della durata del carico e dell'umidità della struttura). Il coefficiente parziale di sicurezza del materiale γ_M dipende dal tipo di materiale e dalla combinazione di carico considerata. Per la combinazione di carico fondamentale il coefficiente γ_M assume i valori riportati in tabella 4.4.III, colonne A e B, delle N.T.C. 2018 per il legno lamellare e per il legno massiccio. Le caratteristiche del legno lamellare sono desunte dalle norme UNI EN 14080, mentre quelle del legno massiccio dalle norme UNI EN 14081-1.

La verifica della trave in legno viene effettuata agli stati limite ultimi, con resistenze dei materiali desunti dal par. 4.4.6 delle NTC 2018, secondo l'espressione:

$$X_d = (K_{mod} \cdot X_k) / \gamma_M$$

dove: X_d è la resistenza di progetto del materiale; X_k è la resistenza caratteristica del materiale; K_{mod} è il coefficiente correttivo dei carichi e γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza.

Le verifiche eseguite sono:

Verifica a flessione;

Verifica a taglio;

Verifica di deformabilità;

Verifica a flessione e taglio del tavolato;

Per effetto del carico esterno verticale ogni trave è sollecitata a flessione e taglio, le cui espressioni degli sforzi sono, rispettivamente:

$$M_t = Q \cdot L^2 / 8$$

$$V_t = Q \cdot L / 2$$

dove Q è il carico esterno distribuito lineare e L la lunghezza dell'asta.

Per la verifica a flessione dell'elemento devono essere soddisfatte entrambe le condizioni:

$$K_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,y,d} \leq 1$$

dove: $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione, k_m è un coefficiente che tiene conto convenzionalmente della distribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale (si impiega il valore di 0,7 per le sezioni rettangolari ed il valore 1 per altre sezioni trasversali).

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{ply}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{plz}$$

dove: M_{ty} e M_{tz} sono le componenti del momento flettente agente sull'asta attorno all'asse y e a z,
 W_{ply} e W_{plz} sono i moduli di resistenza della sezione rispetto all'asse y e z.
 $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione del materiale, desunte da:

$$f_{m,y,d} = (K_{mod} \cdot f_{m,k}) \cdot k_{h,y} / \gamma_M$$

$$f_{m,z,d} = (K_{mod} \cdot f_{m,k}) \cdot k_{h,z} / \gamma_M$$

dove: $f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione del materiale e K_h è un coefficiente moltiplicativo che incrementa i valori di resistenza del materiale in funzione delle dimensioni della sezione trasv., dato dalle seguenti espressioni:

$$K_h = \min \{(150/h)^{0,2}; 1,3\}$$

dove h è l'altezza in mm della sezione trasversale dell'elemento oppure il lato maggiore della sezione trasversale.

per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino un'altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm;

$$K_h = \min \{(600/h)^{0,1}; 1,1\}$$

dove h è l'altezza in mm della sezione trasversale dell'elemento oppure il lato maggiore della sezione trasversale.

per elementi di legno lamellare sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino un'altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600 mm.

I moduli di resistenza W_{pl} dell'elemento in legno sono dati dalle espressioni:

$$W_{ply} = B \cdot H^2 / 6$$

$$W_{plz} = H \cdot B^2 / 6$$

Per la verifica a taglio dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

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

dove: τ_d è la tensione di calcolo a taglio, desunta dall'espressione:

$$\tau_d = 1,5 \cdot V_t / (B \cdot H)$$

dove: V_t è lo sforzo di taglio agente sull'asta e B ed H sono altezza e larghezza dell'asta.

e $f_{v,d}$ è la resistenza di calcolo a taglio del materiale, desunta da:

$$f_{v,d} = (K_{mod} \cdot f_{v,k}) / \gamma_M$$

dove: $f_{v,k}$ è la resistenza caratteristica a taglio del materiale.

Per la verifica di indeformabilità degli elementi inflessi deve risultare:

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

dove: $u_{lim,tot}$ è lo spostamento verticale totale massimo dovuto ai carichi permanenti e variabili,

$u_{lim,q}$ è lo spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili e $U_{lim,lt}$ è lo spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti.

Mentre le frecce massime u_{tot} , u_q e u_{lt} sono date rispettivamente dalle espressioni:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times A)$$

$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times A)$$

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_p \times l^4) K_{def} / (384 \times E_{0,m} \times I_y)$$

dove: Q_t è il carico totale lineare non amplificato agente sulla trave; q è il carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave; l è la luce netta del solaio; A è l'area della sezione della trave; $E_{0,m}$ è il modulo elastico longitudinale medio del legno; $G_{0,m}$ è il modulo elastico tangenz. medio del legno; I_y è il momento d'inerzia della sezione; Q_p è il carico totale permanente agente sulla trave.

Per la verifica del tavolato si considera lo schema statico di trave incastrata o appoggiata agli estremi, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, di sezione di base unitaria ed altezza. Deve risultare:

$$\sigma_{m,y,d,t} \leq f_{m,d}$$

$$\tau_{d,t} \leq f_{v,d}$$

dove:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl}$$

$$\tau_{d,t} = 1,5 \cdot V_{tt} / (b_t \cdot h_t)$$

dove b_t e h_t sono rispettivamente la larghezza della sezione del tavolato considerato (striscia unit.) e lo spessore dello stesso e W_{tl} è il modulo elastico della sezione del tavolato.

Il momento flettente massimo ed il taglio massimo del tavolato sono dati dalle espressioni:

$$M_{tt} = Q_d \cdot L^2 / 12$$

$$V_{tt} = Q_d \cdot i / 2 \quad \text{incastro}$$

$$M_{tt} = Q_d \cdot L^2 / 8$$

$$V_{tt} = Q_d \cdot i / 2 \quad \text{appoggio}$$

dove Q_d è il carico lineare agente sulla striscia di tavolato (dedotto il peso delle travi); i è l'interasse delle travi in legno.