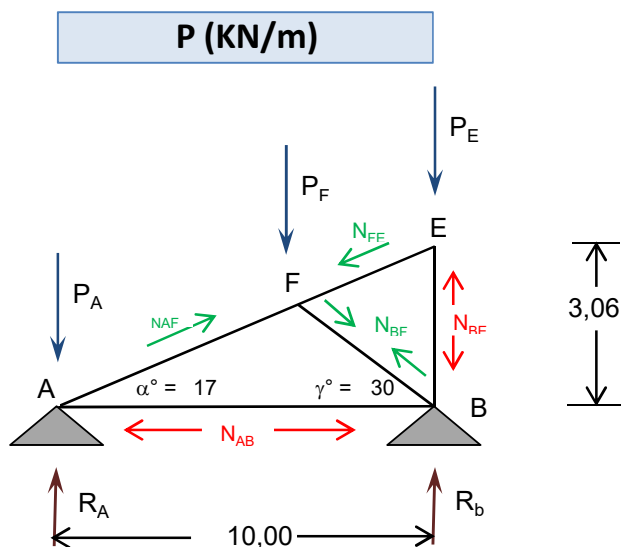


CALCOLO AGLI S.L.U. DI CAPRIATA ASIMMETRICA IN LEGNO

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

Editare descrizione: es. Il solaio di copertura sarà portato da capriate in legno di tipo asimmetriche ("zoppa") con estremi appoggiati, il cui schema statico si riporta di seguito:



- Asta AB = tirante (catena AB)
- Aste AF e FE = puntone AE
- Asta BF = puntone (saettone)
- Asta BE = Tirante (monaco)

Caratteristiche geometriche della capriata

Luce netta capriata	l = 10,00 m
Interasse capriate	i = 3,00 m
Inclinazione falda	α = 17 °
Inclinazione saettoni	γ = 30 °

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

Fattore di confidenza 1,00 Nuovo intervento o esistente LC3

Tirante AB (catena)

Altezza sezione tirante A-B	H = 250 mm
Larghezza sezione tirante A-B	B = 200 mm
Lunghezza tratto AB	L _{AB} = 10,00 m
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	A _v = 50000 mm ²

Puntone AE

Altezza sezione puntone AE	H = 250 mm
Larghezza sezione puntone AE	B = 200 mm
Lunghezza tratto AF	L _{AF} = 6,84 m
Lunghezza tratto FE	L _{FE} = 3,62 m
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	A _v = 50000 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	$W_{pl} = 2083333,33 \text{ mm}^3$

Puntone BF (saettone)

Altezza sezione puntone BF	$H = 200 \text{ mm}$
Larghezza sezione puntone BF	$B = 140 \text{ mm}$
Lunghezza tratto BF	$L_{BF} = 4,00 \text{ m}$
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	$L_{BE} = 3,06 \text{ m}$
Area della sezione resistente dell'elemento in legno	$A_v = 28000 \text{ mm}^2$

Dormiente in legno agli appoggi della capriata

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

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 <input type="text" value="Lamellare GL24c"/>	$f_{c,0,d} = 10,38 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} = 21,50 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,d} = 8,21 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,d} = 1,21 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,0,5} = 9100 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico longitudinale medio	$E_{0,m} = 11000 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico tangenziale medio	$G_{0,m} = 650 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo a flessione	$f_{m,d} = 11,59 \text{ N/mm}^2$
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 <i>(a trave rettangolare)</i>	$Q_1 = 3,55 \text{ KN/m}^2$
Altri carichi (e/o solaio di cop. diverso dalla tipologia in legno)	$Q_2 = 0,00 \text{ KN/m}^2$
Totale carico amplificato	$Q = 3,55 \text{ KN/m}^2$

Carico distribuito verticale agente sulla singola capriata

Carico trasmesso dalla copertura	$P_1 = 10,64 \text{ KN/m}$
Peso proprio della capriata (amplificato di 1,3)	$P_2 = 0,95 \text{ KN/m}$

Carichi verticali concentrati ai nodi in KN

P_A	P_F	P_E
39,62	60,60	20,98

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_B
60,60	60,60

Le reazioni vincolari sono state ricavate applicando la regola dell'equilibrio alla traslazione verticale ed alla rotazione intorno ai nodi A e B.

Sollecitazioni normali agenti sulle aste in KN

N_{AB}	N_{FE}	N_{AF}	N_{BF}	N_{BE}
68,62	0,00	-71,76	-20,98	20,98

I valori con il segno meno indicano le aste sollecitate a compressione assiale (puntone), mentre i valori con il segno positivo indicano le aste sollecitate a trazione (tirante). 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:

$$\sigma_{\text{asta BE}} = N_{BE} / A_v = 0,75 \text{ N/mm}^2 < f_{t,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a trazione parallela alla fibratura dell'asta AB (tirante)

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

$$\sigma_{\text{asta AB}} = N_{AB} / A_v = 1,37 \text{ N/mm}^2 < f_{t,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a compressione parallela alla fibratura dell'asta AF (puntone)

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

$$\sigma_{\text{asta AF}} = N_{AF} / A_v = 1,44 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a compressione parallela alla fibratura dell'asta FE (puntone)

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

$$\sigma_{\text{asta FE}} = N_{FE} / A_v = 0,00 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d}$$

VERIFICATO

Verifica a compressione parallela alla fibratura dell'asta BF (saettone)

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

$$\sigma_{\text{asta BF}} = N_{BF} / A_v = 0,75 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d}$$

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

Asta	λ	$\lambda_{rel,c}$	k	$k_{crit,c}$	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	Esito
AF	118,41	1,83	2,26	0,280	0,138	VERIFICATO
FE	62,71	0,97	1,00	0,791	0,000	VERIFICATO
BF	69,24	1,07	1,11	0,708	0,072	VERIFICATO

Sollecitazioni di flessione e taglio sui punti inclinati AF e FE 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 mezzeria 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:

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

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

Le verifiche a flessione e taglio sono soddisfatte se risultano le seguenti disuguaglianze:

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

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

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	Mt	$\sigma_{m,y,d}$	k_m	A	Esito A	B	Esito B
AF	67,71	32,50	0,7	2,81	non ver.	1,96	non ver.
FE	18,99	9,11	0,7	0,79	ver.	0,55	ver.

Verifica a pressoflessione

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

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

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

Asta	Mt	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	k_m	A	Esito A	B	Esito B
AF	67,71	32,50	1,44	0,7	2,82	non ver.	1,98	non ver.
FE	18,99	9,11	0,00	0,7	0,79	ver.	0,55	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 (KN)	Esito
AF	39,62	1,19	VERIFICATO
FE	20,98	0,63	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:

$$LU_d = 2 R_A / (LA_d \times f_{c,90,d}) = 401,67 \text{ mm}$$

Pertanto agli appoggi della capriata sarà inserito un parallelepipedo in legno (dormiente) delle dimensioni: cm. 25 x 41 x 10 .

RELAZIONE DI CALCOLO

La capriata tipo asimmetrica o "zoppa" 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), 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 Tab. 4.4.III, colonne A e B, delle N.T.C. 2018 per il legno lamellare e per il legno massiccio.

E' possibile effettuare anche la verifica di capriate esistenti tenendo conto del livello di conoscenza che riduce opportunamente i valori delle resistenze e dei moduli elastici.

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 ed alla rotazione intorno ai nodi agli appoggi.

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 desunte 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 (punti), 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:

La tensione normale massima determinata da Mt e quella tangenziale massima determinata da Vt sono:

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

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

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: R_a 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.