

Viale Italia, 21
23020 Prata Camportaccio (SO)
Tel. 346 588 29 40
inglaramessina@libero.it

L A R A M E S S I N A I N G E G N E R E

COMUNE DI PIURO

PROVINCIA DI SONDRIO

COMMITTENTE
COMUNE DI PIURO

PROGETTO DEFINITIVO
LAVORI DI RIFACIMENTO PONTE PISTA CICLABILE
PROSTO – BORGONUOVO C/O LOC. INFERNO
CUP: C55F21001930002

RELAZIONE GENERALE

PRATA CAMPORACCIO, SETTEMBRE 2022

INGEGNERE
LARA MESSINA
FIRMATO DIGITALMENTE

Il documento è firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate e sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa.

INDICE

INDICE	2
INTRODUZIONE	3
1. Premessa.....	3
2. Stato di fatto.....	3
3. Criteri utilizzati per le scelte progettuali	4
4. Aspetti inerenti geologia, idrologia, strutture e geotecnica, interferenze e paesaggio	5
5. Discariche autorizzate che possono essere utilizzate per la realizzazione dell'intervento ...	6
6. Soluzioni per il superamento delle barriere architettoniche	6
7. Elaborati che dovranno comporre il progetto esecutivo	6
8. Quadro economico di progetto	7
9. Resistenza e stabilità delle membrature.....	7

INTRODUZIONE

1. Premessa

Il comune di Piuro in data 29 aprile 2022 con determina n. 112 ha affidato alla scrivente l'incarico per la progettazione e direzione lavori per le opere di rifacimento ponte pista ciclopedonale Prosto-Borgonuovo c/o la località Inferno.

L'area di intervento si trova nel comune di Piuro in provincia di Sondrio ad una quota media pari a 375 m s.l.m. sul fiume Mera.

Il progetto in esame riguarda la sostituzione del ponte ciclopedonale sul fiume Mera in località Inferno consentendo il ripristino della viabilità ciclopedonale in quanto attualmente il ponte si presenta in uno stato di degrado.

2. Stato di fatto

Il manufatto esistente è stato realizzato in legno lamellare, il progetto risale al 2006. Le spalle del ponte sono state realizzate in c.a. e a differenza del piano di calpestio della passerella esse non presentano alcun segno evidente di degrado. Il piano di calpestio invece si presenta fortemente ammalorato, soprattutto le doghe della parte inferiore del parapetto che si attesta sulle sponde.



Foto 1: panoramica ponte esistente



Foto 2: dettaglio ponte esistente



Foto 1: Estratto ortofoto con ubicazione area di intervento geoportale provincia di Sondrio – AGEA 2018

3. Criteri utilizzati per le scelte progettuali

Nella presente relazione viene illustrato il progetto definitivo che è stato sviluppato tenendo conto del confronto con la Committente.

Il progetto in esame riguarda la sostituzione del ponte ciclopedonale sul fiume Mera in località Inferno in comune di Piuro (SO).

Il nuovo ponte verrà realizzato in acciaio zincato ed andrà ad appoggiarsi sulle fondazioni esistenti senza quindi modificare la morfologia attuale dell'alveo del fiume Mera e delle sue sponde.

Per quanto riguarda il piano di calpestio, per rispondere alle esigenze espresse dalla committenza, si prevede l'uso di doghe in WPC le cui caratteristiche sono di essere antiscivolo, resistente alle basse temperature (fino a -40°C) così come alle alte (60°C), colore resistente agli UV, anti termite, vita utile superiore ai 15 anni senza manutenzioni.

Il parapetto sarà realizzato con montanti e corrimano in tubolare cilindrico in acciaio zincato e correnti in trefoli. Il montante sarà calandrato.

L'intradosso dell'impalcato accoglierà i cavidotti enel presenti sulla struttura esistente.

Dal punto di vista paesaggistico si ritiene che il nuovo ponte in acciaio migliorerà lo stato dei luoghi alleggerendo l'impatto visivo dell'attuale attraversamento che oggi è costituito da una "pesante" struttura in legno lamellare.

Dal punto di vista cantieristico l'area dove verrà appoggiato il ponte esistente e assemblato il nuovo è accessibile dalla strada statale 37 percorrendo la strada comunale di accesso al cimitero di Prosto ed a seguire un tratturo mentre il ponte ciclopedonale esistente è raggiungibile percorrendo la pista ciclo pedonale.

Il ponte esistente verrà sollevato da un autogru che sfruttando a viabilità esistente raggiungerà un ambito pianeggiante interessato da un prato dove una volta depositato il ponte si provvederà alla sua scomposizione e successivo smaltimento.

Il ponte nuovo verrà montato sullo stesso spazio pianeggiante e poi appoggiato con l'autogru sulle fondazioni esistenti previa realizzazione della struttura di collegamento alle stesse fondazioni.

L'intervento non richiederà quindi importanti movimenti terra, si prevedono sbancamenti e riporti piuttosto modesti per facilitare il transito dei mezzi d'opera, di trasporto e la rettifica dell'area dove si provvederà allo smontaggio del ponte esistente ed al montaggio di quello nuovo.

Dal punto di vista paesaggistico si ritiene che il nuovo ponte in acciaio migliorerà lo stato dei luoghi alleggerendo l'impatto visivo dell'attuale attraversamento che oggi è costituito da una "pesante" struttura in legno lamellare.

4. Aspetti inerenti geologia, idrologia, strutture e geotecnica, interferenze e paesaggio

Per quanto riguarda l'aspetto geologico e idrogeologico domina l'assetto idrogeologico, legato ai numerosi conoidi situati sia in destra che sinistra idrografica; i versanti, con pendenza da media ad elevata sono solcati da piccoli assi vallivi in cui si esplica la maggiore azione dinamica territoriale. Un altro importante aspetto che spicca ad una prima analisi sono le ripide pareti rocciose che delimitano parte del territorio comunale con conseguente caduta massi.

Le opere in esame sono all'interno della fascia di 150 m da aste del reticolo idrico. Periodici fenomeni di dilavamento del versante si manifestano in occasione di forti precipitazioni piovose o, con minore intensità, durante lo scioglimento delle nevi. La permeabilità primaria del materiale si può considerare significativa come la permeabilità secondaria legata allo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

5. Discariche autorizzate che possono essere utilizzate per la realizzazione dell'intervento

L'attraversamento esistente è costituito da numerosi elementi che essendo stati trattati con vernici ecologiche potranno essere conferiti agli impianti di recupero e/o discariche come rifiuti speciali non pericolosi. Per l'attribuzione del codice a rifiuto sarà necessario prelevare un campione del legno per sottoporlo ad analisi.

In provincia di Lecco si trovano tre impianti che possiedono le autorizzazioni necessarie ad accogliere il rifiuto:

- LE FOGLIE ECOLOGIA SRL
- BRIVIO ECOLOGICA SRL
- DEL CURTO SRL

6. Soluzioni per il superamento delle barriere architettoniche

In accordo con quanto previsto dalla normativa vigente in merito all'abbattimento delle barriere architettoniche, D.M. 14 giugno 1989, n.236 – Regolamento di attuazione dell'art.1 della legge n.13/1989, la pendenza massima dell'impalcato è pari al 3% che è inferiore all'8% previsto dalla normativa.

7. Elaborati che dovranno comporre il progetto esecutivo

Il progetto esecutivo dovrà essere composto dai seguenti elaborati:

- a) relazione generale;
- b) relazioni specialistiche;
- c) elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale;
- d) calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti;
- e) piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- f) piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, e quadro di incidenza della manodopera;
- g) computo metrico estimativo e quadro economico;
- h) cronoprogramma;

- i) elenco dei prezzi unitari e eventuali analisi;
- l) schema di contratto e capitolato speciale di appalto;

8. Quadro economico di progetto

QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO			
A) IMPORTO LAVORI			
Importo a base d'asta	€.	124 154.04	
oneri sicurezza non soggetti a ribasso	€.	4 655.78	
Totale importo lavori (A)			€ 128 809.81
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			
a) IVA su opere (10%)	€.	12 880.98	
b) Spese tecniche(prog. Definitivo/eseecutivo/D.L./CRE/Sicurezza) + tasse	€.	12 282.00	
c) Relazione geologica e relazione geotecnica (compreso CIP e IVA)	€.	1 847.93	
d) Funzioni tecniche	€	2 576.20	
e) Campionamento ed analisi rifiuti	€	300.00	
f) Contributo ANAC	€	30.00	
g) Imprevisti e arrotondamenti		1 273.08	
Totale somme a disposizione dell'Amministrazione (B)			€ 31 190.18
TOTALE GENERALE			€ 160 000.00

9. Resistenza e stabilità delle membrature

RESISTENZA E STABILITA' DELLE MEMBRATURE - Metodo B - EN 1993 - 1 - 1:2010
Materiali utilizzati

	S 355	
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	355 [N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	510 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1,25 [-]

Caratteristiche meccaniche del profilo

	HE 100 A	
Altezza della sezione trasversale	h	96 [mm]
Larghezza della sezione trasversale	b_f	100 [mm]
Spessore dell'anima	t_w	5 [mm]
Spessore dell'ala	t_f	8 [mm]
Raggio di raccordo	r	12 [mm]
Area della sezione trasversale	A	2120 [mm ²]
Altezza della sezione trasversale al netto delle ali	h_w	80 [mm]
Altezza del pannello d'anima	c_w	56 [mm]
Diametro massimo consentito dei bulloni d'ala	$d_{bf,max}$	10 [mm]
Passo minimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,min}$	54 [mm]
Passo massimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,max}$	58 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	3,492E+06 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	7,276E+04 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	8,301E+04 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{v,z}$	756 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	40,6 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	1,338E+06 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	2,676E+04 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	4,114E+04 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{v,y}$	1720 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	25,1 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	5,240E+04 [mm ⁴]
Costante di Warping	I_w	2,580E+09 [mm ⁶]

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

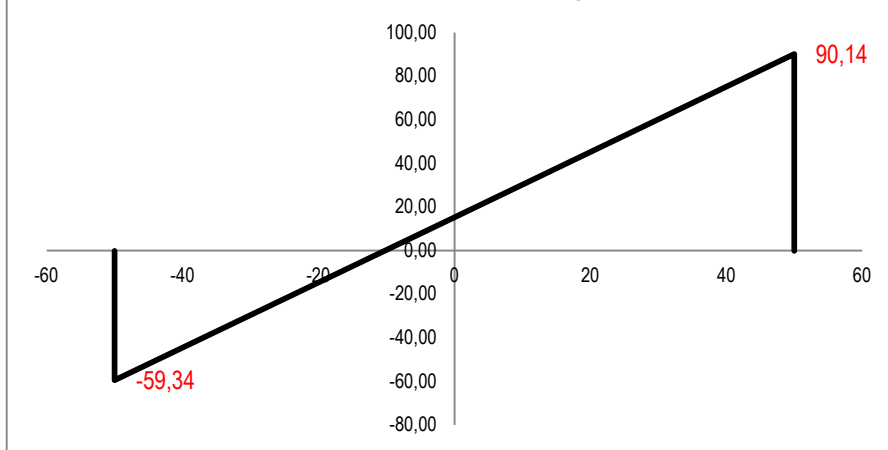
Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	3,50 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	100,00 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	1,00 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	1,00 [kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	2,00 [kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	0,00 [kNm]

Classificazione della sezione trasversale di verifica
Determinazione dello stato tensionale dovuto a N - M_y - M_z

Distribuzione delle tensioni normali nei punti salienti della sezione trasversale

Tensioni elastiche per CL < 4

Tensioni normali nell'ala superiore

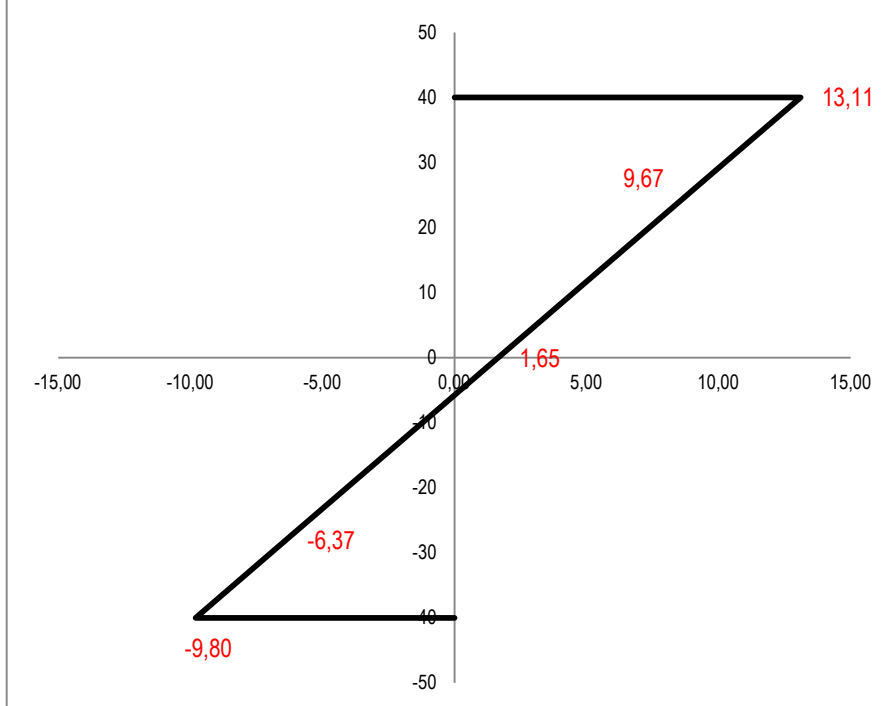


σ_A	90,14	[N/mm ²]
σ_B	15,40	[N/mm ²]
σ_C	-59,34	[N/mm ²]
σ_D	87,84	[N/mm ²]
σ_E	-61,63	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{A,eff}$	90,14	[N/mm ²]
$\sigma_{B,eff}$	15,40	[N/mm ²]
$\sigma_{C,eff}$	-59,34	[N/mm ²]
$\sigma_{D,eff}$	87,84	[N/mm ²]
$\sigma_{E,eff}$	-61,63	[N/mm ²]

Tensioni normali nell'anima



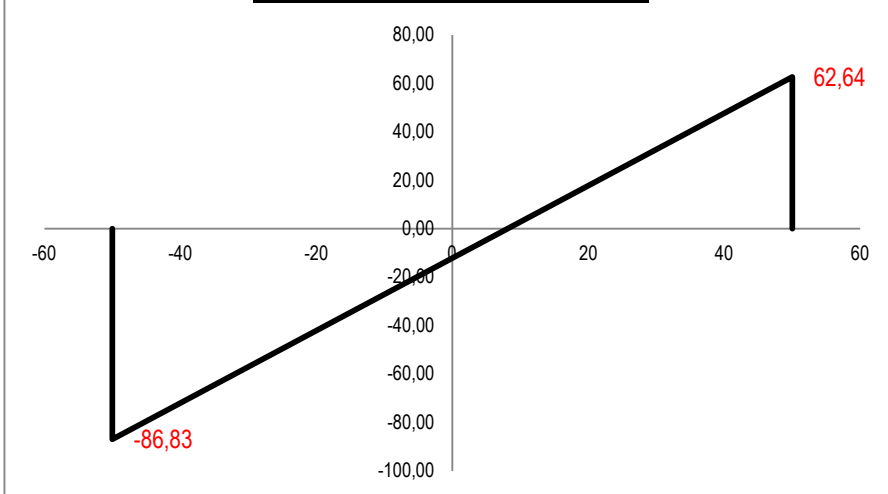
Tensioni elastiche per CL < 4

σ_F	13,11	[N/mm ²]
σ'_F	9,67	[N/mm ²]
σ_G	1,65	[N/mm ²]
σ'_H	-6,37	[N/mm ²]
σ_H	-9,80	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{F,eff}$	13,11	[N/mm ²]
$\sigma'_{F,eff}$	9,67	[N/mm ²]
$\sigma_{G,eff}$	1,65	[N/mm ²]
$\sigma'_{H,eff}$	-6,37	[N/mm ²]
$\sigma_{H,eff}$	-9,80	[N/mm ²]

Tensioni normali nell'ala inferiore



Tensioni elastiche per CL < 4

σ_I	64,93	[N/mm ²]
σ_L	-84,54	[N/mm ²]
σ_M	62,64	[N/mm ²]
σ_N	-12,09	[N/mm ²]
σ_O	-86,83	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{I,eff}$	64,93	[N/mm ²]
$\sigma_{L,eff}$	-84,54	[N/mm ²]
$\sigma_{M,eff}$	62,64	[N/mm ²]
$\sigma_{N,eff}$	-12,09	[N/mm ²]
$\sigma_{O,eff}$	-86,83	[N/mm ²]

Classificazione della sezione nel caso di pura compressione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio

ϵ 0,814 [-]

Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore

ρ_{web} 11,20 [-]

Larghezza del pannello d'ala

c_f 35,50 [mm]

Spessore del pannello d'ala

t_f 8,00 [mm]

Rapporto tra la dimensione del pannello d'ala ed il suo spessore	ρ_{flange}	4,44 [-]
Classificazione del pannello d'anima	$CL_{N,web}$	1
Classificazione del pannello d'ala	$CL_{N,flange}$	1
Classificazione della sezione per compressione pura	CL_N	1
<u>Classificazione della sezione nel caso di pura flessione</u>		
Classificazione del pannello d'anima	$CL_{My,web}$	1
Classificazione del pannello d'ala	$CL_{My,flange}$	1
Classificazione della sezione per pura flessione attorno a y - y	CL_{My}	1
Classificazione della sezione per pura flessione attorno a z - z	CL_{Mz}	1
<u>Classificazione del pannello d'anima nel caso di presso/tenso flessione</u>		
<i>Nota: il presente metodo di classificazione si basa sull'effettiva distribuzione delle tensioni normali all'interno della sezione trasversale dovuta alla presenza contemporanea di forza assiale e momento flettente, secondo la EN1993 - 1 - 5:2006</i>		
Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio	ε	0,814 [-]
Altezza del pannello d'anima	c_w	56,00 [mm]
Spessore del pannello d'anima	t_w	5,00 [mm]
Tensione normale al lembo superiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,1}$	9,67 [N/mm ²]
Tensione normale al lembo inferiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,2}$	-6,37 [N/mm ²]
Rapporto tra le tensioni presenti nel pannello d'anima	ψ_{web}	-0,659 [-]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore	ρ_{web}	11,20 [-]
Limite del rapporto che divide la classe 3 dalla classe 4	$\rho_{web_34_A}$	75,49 [-]
	$\rho_{web_34_B}$	0,00 [-]
	ρ_{web_34}	75,49 [-]
Classificazione dell'anima soggetta a presso/tenso flessione	$CL_{NM,web}$	< 4
<u>Dimensioni efficaci del pannello d'anima</u>		
Fattore di imbozzamento del pannello d'anima	k_{σ,web_A}	0,00 [-]
	k_{σ,web_B}	0,00 [-]
	k_{σ,web_C}	0,00 [-]
	k_{σ,web_D}	16,19 [-]
	k_{σ,web_E}	0,00 [-]
	k_{σ,web_F}	0,00 [-]
	$k_{\sigma,web}$	16,19 [-]
Snellezza adimensionale del pannello d'anima	$\lambda_{p,web}$	0,120 [-]
Snellezza adimensionale limite del pannello d'anima	$\lambda_{p,web,lim}$	0,848 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	$\rho_{p,web}$	1,000 [-]
Altezza efficace del pannello d'anima	$c_{w,eff}$	56,00 [mm]
Dimensioni efficaci del pannello d'anima	c_{w1}	22,40 [mm]
	c_{w2}	33,60 [mm]
	s_w	0,00 [mm]
Porzione dell'anima non efficace	s_w	0,00 [mm]
Baricentro della porzione non efficace	z_{sw}	42,40 [mm]
<u>Caratteristiche meccaniche efficaci della sezione trasversale</u>		
Area efficace della sezione trasversale	A_{eff}	2120,00 [mm ²]
Eccentricità tra il baricentro della sez. integra e quello della sez. efficace	e_{Nz}	0,000 [mm]
Momento d'inerzia attorno all'asse maggiore della sez. efficace	$I_{eff,y}$	3,492E+06 [mm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse minore della sez. efficace	$I_{eff,z}$	1,338E+06 [mm ⁴]
Moduli di resistenza efficaci attorno all'asse maggiore	$W_{eff,y,1}$	7,275E+04 [mm ³]
	$W_{eff,y,2}$	7,275E+04 [mm ³]
	$W_{eff,y,min}$	7,275E+04 [mm ³]
Modulo di resistenza efficace attorno all'asse minore	$W_{eff,z}$	2,676E+04 [mm ³]

Costruzione del dominio di transizione di classe

Punto 1:

Forza assiale	N_1	0,00 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_{y1}	29,47 [kNm]
Angolo	θ_1	1,571 [rad]

Punto 2:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_2	2,290 [-]
Forza assiale	N_2	355,81 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_2	11,64 [kNm]
Angolo	θ_2	0,033 [rad]

Punto 3:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_3	2,625 [-]
Forza assiale	N_3	422,46 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_3	4,33 [kNm]
Angolo	θ_3	0,010 [rad]

Punto 4:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	ψ_4	7,215 [-]
Forza assiale	N_4	3091,43 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_4	-80,27 [kNm]
Angolo	θ_4	0,000 [rad]

Punto 5:

Snellezza adimensionale del pannello d'anima per compressione pura	λ_5	0,242 [-]
Snellezza limite del pannello d'anima per compressione pura	$\lambda_{5,lim}$	0,673 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	ρ_5	1,000 [-]
Area efficace della sezione nel caso di pura compressione	A_5	2120,00 [mm ²]
Forza assiale	N_5	752,60 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_5	0,00 [kNm]
Angolo	θ_5	0,000 [rad]

Classificazione della sezione trasversale nel caso di presso/tenso flessione biassiale

Nota: nel caso di presenza di forza assiale di compressione e momento flettente attorno all'asse minore si adotta, in favore di sicurezza, la classificazione della sezione per pura compressione.

Forza assiale di progetto	N_{Ed}	3,50 [kN]
Momento flettente di progetto attorno all'asse maggiore	$M_{y,Ed}$	1,00 [kNm]
Momento flettente di progetto attorno all'asse minore	$M_{z,Ed}$	2,00 [kNm]
Angolo	θ_{Ed}	0,278 [rad]
Classificazione nel caso di assenza di forza normale	$CL_{N=0}$	1
Classificazione nel caso di tenso flessione biassiale	$CL_{N<0}$	1
Classificazione nel caso di presso flessione biassiale	$CL_{N>0}$	1
Classificazione della sezione trasversale	CL	1

Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a trazione pura

Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	716,76 [kN]
Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0,000 [-]

Resistenza a compressione pura

Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	716,76 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0,005 [-]

Resistenza a taglio


Tensioni tangenziali nell'ala dovute al momento torcente	$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Tensioni tangenziali nell'anima dovute al momento torcente	$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Verifica tensionale per pura torsione	ρ_T	0,000 [-]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vz,eff}$	756,00 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima	$V_{pl,z,Rd}$	147,57 [kN]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vy,eff}$	1600,00 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali	$V_{pl,y,Rd}$	312,32 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,z,Rd}$	147,57 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,y,Rd}$	312,32 [kN]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela all'anima	ρ_{Vz}	0,678 [-]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela alle ali	ρ_{Vy}	0,003 [-]
Resistenza a flessione		
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse maggiore	W_y	8,30E+04 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore	$M_{cy,Rd}$	28,07 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	ρ_{My}	0,036 [-]
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse minore	W_z	4,11E+04 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	$M_{cz,Rd}$	13,91 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	ρ_{Mz}	0,144 [-]
Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1 o 2)		
Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela all'anima	$\rho_{Vz,red}$	0,13 [-]
Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela alle ali	$\rho_{Vy,red}$	0,00 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse maggiore	$M_{Vy,Rd}$	27,72 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{My - Vz}$	0,036 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse minore	$M_{Vz,Rd}$	13,91 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Mz - Vy}$	0,144 [-]
Resistenza a flessione, forza assiale e taglio		
<u>Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2</u>		
Parametri limite che valutano l'intensità della forza assiale	$N_{lim,1}$	179,19 [kN]
	$N_{lim,2}$	67,62 [kN]
	$N_{lim,3}$	135,24 [kN]
	n	0,005 [-]
	a	0,245 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Ny,Rd}$	27,72 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{N - My - pl}$	0,036 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Nz,Rd}$	13,91 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{N - Mz - pl}$	0,144 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo normale)	$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,145 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)	$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,180 [-]
<u>Calcolo elastico per sezioni in classe 3</u>		
Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	90,14 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore	$\rho_{\sigma,fs}$	ver. plastica [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore	$\tau_{Vy,Ed}$	0,63 [N/mm ²]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore	$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore	$\rho_{\sigma + \tau,fs}$	ver. plastica [-]
Tensione normale massima agente nell'ala inferiore	$\sigma_{x,Ed,fi}$	86,83 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma,fi}$	ver. plastica [-]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma + \tau,fi}$	ver. plastica [-]
Tensione normale agente nell'anima	$\sigma_{x,Ed,w}$	13,11 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima	$\rho_{\sigma,w}$	ver. plastica [-]

Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima	$\tau_{Vz,Ed}$	201,60 [N/mm ²]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima	$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima	$\rho_{\sigma x + \tau, w}$	ver. plastica [-]
<u>Calcolo elastico per sezioni in classe 4</u>		
Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	90,14 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x, fs}$	ver. plastica [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore	$\tau_{Vy,Ed}$	0,63 [N/mm ²]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore	$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x + \tau, fs}$	ver. plastica [-]
Tensione normale massima agente nell'ala inferiore	$\sigma_{x,Ed,fi}$	86,83 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x, fi}$	ver. plastica [-]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x + \tau, fi}$	ver. plastica [-]
Tensione normale agente nell'anima	$\sigma_{x,Ed,w}$	13,11 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima	$\rho_{\sigma x, w}$	ver. plastica [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima	$\tau_{Vz,Ed}$	201,60 [N/mm ²]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima	$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima	$\rho_{\sigma x + \tau, w}$	ver. plastica [-]

Verifiche di stabilità flessionale, torsionale e flesso - torsionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	2,16 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	β_y	0,10 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	β_z	0,10 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$L_{cr,y}$	216,30 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$L_{cr,z}$	216,30 [mm]

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A o A _{eff}	2120 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse maggiore	$N_{cr,y}$	154696 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse minore	$N_{cr,z}$	59274 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse maggiore	$\lambda_{ad,y}$	0,0697 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse minore	$\lambda_{ad,z}$	0,1127 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	0,96 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	8 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse maggiore	Curva _{y-y}	b [-]
Curva di instabilità attorno all'asse minore	Curva _{z-z}	c [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse maggiore	α_y	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse maggiore	ϕ_y	0,4803 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_z	0,49 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse minore	ϕ_z	0,4850 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse maggiore	χ_y	1,0000 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse minore	χ_z	1,0000 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse maggiore	$N_{by,Rd}$	716,76 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse minore	$N_{bz,Rd}$	716,76 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	 0,005 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità torsionale

Forza normale critica per instabilità torsionale	$N_{cr,T}$	52023 [kN]
Snellezza adimensionale per instabilità torsionale	$\lambda_{ad,T}$	0,1203 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_T	0,49 [-]

Coefficiente di instabilità	ϕ_T	0,4877 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza	χ_T	1,0000 [-]
Resistenza all'instabilità torsionale	$N_{bT,Rd}$	716,76 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità torsionale	$\rho_{buck, T}$	<input checked="" type="checkbox"/> 0,005 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità laterale o svergolamento o flessione - torsione

Momento critico con LT - Beam

Valore del momento critico elastico ottenuto dal software LT - Beam	$M_{cr,LTbeam}$	2470,00 [kNm]
---	-----------------	---------------

Momento critico con calcolo tradizionale

Lunghezza critica per instabilità laterale (distanza tra i ritegni laterali)	$L_{cr,LT}$	0,50 [m]
Distanza tra il baricentro della sezione ed il punto di applicazione del carico	z_g	300,00 [mm]

Nota: $z_g > 0$ se il carico è posizionato al di sopra del centro di taglio, $z_g = 0$ se il carico è posizionato nel centro di taglio, $z_g < 0$ se il carico è posizionato al di sotto del centro di taglio.

Coefficiente di vincolo relativo alla capacità di rotazione attorno a z - z	k_z	1,00 [-]
Coefficiente di vincolo relativo alla capacità di ingobbamento	k_w	1,00 [-]

Selezionare la tipologia di condizione al contorno, mutuamente esclusiva:

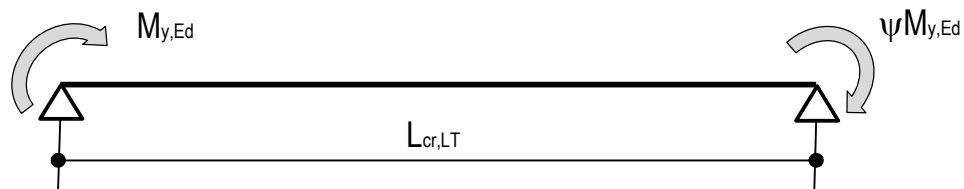
Membratura soggetta unicamente a momenti di estremità

selezionare per momenti di estremità

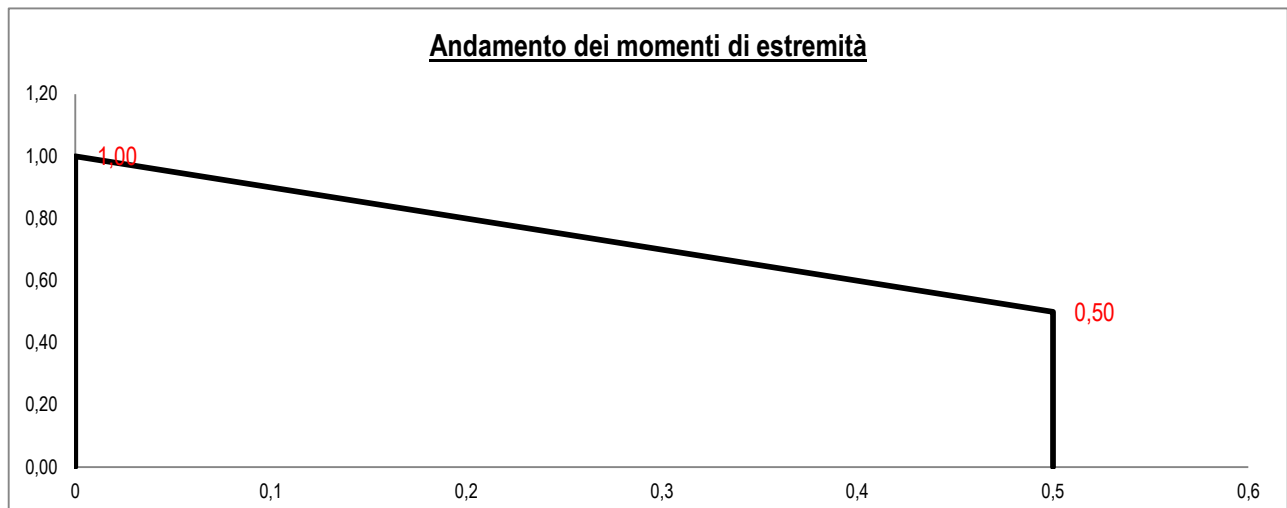
Membratura soggetta unicamente a carichi trasversali

selezionare per carichi trasversali

Membratura (o parte di essa) soggetta unicamente a momenti di estremità



Momento di estremità avente valore maggiore	$M_{y,Ed}$	1,00 [kNm]
Rapporto tra i momenti di estremità	ψ	0,50
Momento di estremità avente valore minore	$\psi M_{y,Ed}$	0,50 [kNm]
Coefficiente C_1	C_1	1,310 [-]



Membratura soggetta unicamente a carichi trasversali

Nota: i valori dei coefficienti C_1 e C_2 di seguito forniti, valgono unicamente nel caso in cui $k_z = 1$

Selezionare la tipologia di carico e di condizione di vincolo	Doppio appoggio - carico distribuito	
Coefficiente C_1	C_1	0,000 [-]
Coefficiente C_2	C_2	0,000 [-]
Momento critico elastico valutato secondo i metodi tradizionali	$M_{cr,trad.}$	698,38 [kNm]
<u>Verifica di stabilità</u>		
Momento critico elastico utilizzato nella verifica di stabilità	M_{cr}	2470,00 [kNm]
Snellezza adimensionale per instabilità laterale	$\lambda_{ad,LT}$	0,1092 [-]
Parametri limite per sezioni laminate	$\lambda_{LT,0}$	0,40 [-]
	β_{LT}	0,75 [-]
Curva di instabilità per fenomeni di flessione - torsione	Curva $_{LT}$	b [-]
Coefficiente di imperfezione per fenomeni di flessione - torsione	α_{LT}	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità per fenomeni di flessione - torsione	ϕ_{LT}	0,4550 [-]
Coefficienti di correzione, funzione del diagramma del momento	k_c	0,858 [-]
	f_{mod}	0,997 [-]
Coefficiente di riduzione per fenomeni di flessione - torsione	χ_{LT}	1,0000 [-]
Coefficiente di riduzione modificato	$\chi_{LT,mod}$	1,0000 [-]
Modulo di resistenza da utilizzare nelle verifiche di flessione - torsione	W_y	8,301E+04 [mm ³]
Resistenza all'instabilità flessione - torsionale	$M_{by,Rd}$	28,07 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessione - torsionale	$\rho_{buck, M}$	<input checked="" type="checkbox"/> 0,036 [-]

Verifiche di stabilità nel caso di presso - flessione biassiale - ANNEX B, EN 1993 - 1 - 1:2010

Nota: l'utente deve inserire i valori C_{my} , C_{mz} , C_{mLT} con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010, tenendo presente che utilizzando $C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 1.00$ la verifica sarà sempre "cautelativa".

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y	C_{my}	0,800 [-]
Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z	C_{mz}	0,714 [-]
Coefficiente di momento equivalente per instabilità flessione - torsionale	C_{mLT}	0,900 [-]


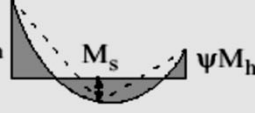
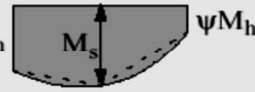
Coefficienti di interazione

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{yy,1-2}$	0,799 [-]
Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{yy,3-4}$	0,800 [-]
	k_{yy}	0,799 [-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{zz,1-2}$	0,713 [-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zz,3-4}$	0,714 [-]
	k_{zz}	0,713 [-]
Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{yz,1-2}$	0,428 [-]
Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{yz,3-4}$	0,713 [-]
	k_{yz}	0,428 [-]
Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{zy,1-2}$	0,713 [-]
Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zy,3-4}$	1,000 [-]
	k_{zy}	0,713 [-]

Verifiche di presso flessione biassiale

Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 1 o 2	$\rho_{buck, N - M - M}$	<input checked="" type="checkbox"/> 0,095 [-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	<input checked="" type="checkbox"/> 0,133 [-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 3	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 4	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]

Table B.3: Equivalent uniform moment factors C_m in Tables B.1 and B.2

Moment diagram	range		C_{my} and C_{mz} and C_{mLT}	
			uniform loading	concentrated load
 M to ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 M_h to ψM_h $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	
 M_h to ψM_h $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$

For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken $C_{my} = 0,9$ or $C_{Mz} = 0,9$ respectively.

C_{my} , C_{mz} and C_{mLT} should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:

moment factor	bending axis	points braced in direction
C_{my}	y-y	z-z
C_{mz}	z-z	y-y
C_{mLT}	y-y	y-y

Il presente foglio esegue le verifiche di resistenza e stabilità di membrature aventi sezioni trasversali a I o ad H, secondo q nella Norma EN 1993 - 1 - 1:2010 ed in accordo con il DM. 14/01/2008 e successiva Circolare Applicativa.

La classificazione delle sezioni è condotta secondo le prescrizioni della Norma EN 1993 - 1 - 5:2006, che tiene conto della contemporanea di Forza assiale e Momento Flettente Biassiale.

La verifica di presso flessione biassiale è condotta secondo l'Appendice B della Norma EN 1993 - 1 - 1:2010.

Fattori di momento equivalente

Diagramma del momento per calcolare C_{my}

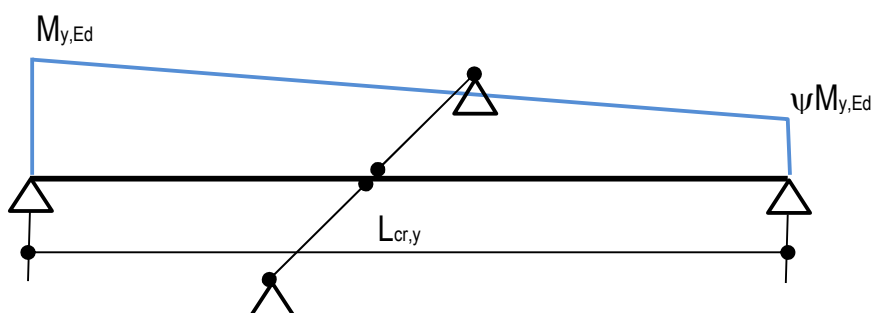


Diagramma del momento per calcolare C_{mLT}

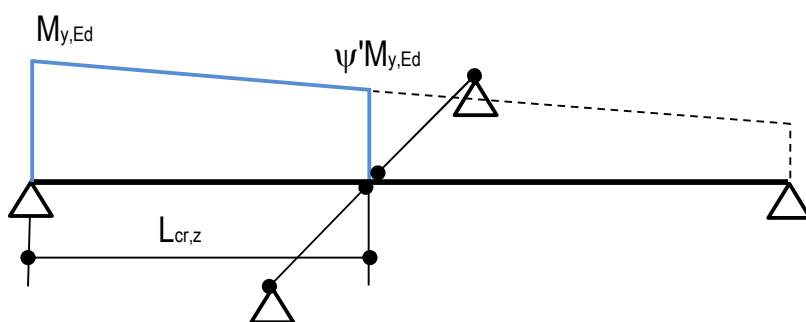
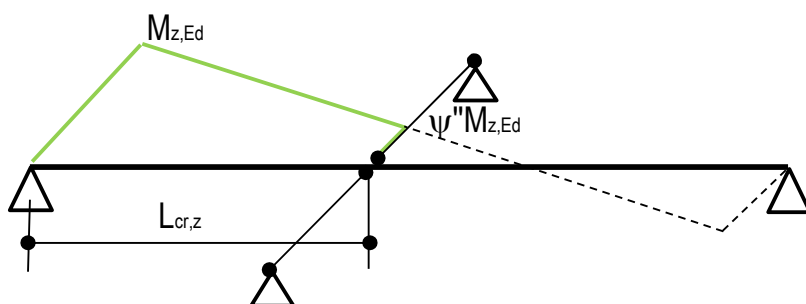


Diagramma del momento per calcolare C_{mz}



RESISTENZA E STABILITA' DELLE MEMBRATURE - Metodo B - EN 1993 - 1 - 1:2010
Materiali utilizzati

	S 355	
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	355 [N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	510 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1,25 [-]

Caratteristiche meccaniche del profilo

	IPN 600	
Altezza della sezione trasversale	h	600 [mm]
Larghezza della sezione trasversale	b_f	215 [mm]
Spessore dell'anima	t_w	21,6 [mm]
Spessore dell'ala	t_f	32,4 [mm]
Raggio di raccordo	r	21,6 [mm]
Area della sezione trasversale	A	25400 [mm ²]
Altezza della sezione trasversale al netto delle ali	h_w	486 [mm]
Altezza del pannello d'anima	c_w	486 [mm]
Diametro massimo consentito dei bulloni d'ala	$d_{bf,max}$	24 [mm]
Passo minimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,min}$	126 [mm]
Passo massimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,max}$	128 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	1,390E+09 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	4,630E+06 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	5,452E+06 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{V,z}$	13800 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	233,9 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	4,670E+07 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	4,340E+05 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	7,520E+05 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{V,y}$	14907 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	43,0 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	7,870E+06 [mm ⁴]
Costante di Warping	I_w	3,814E+12 [mm ⁶]

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

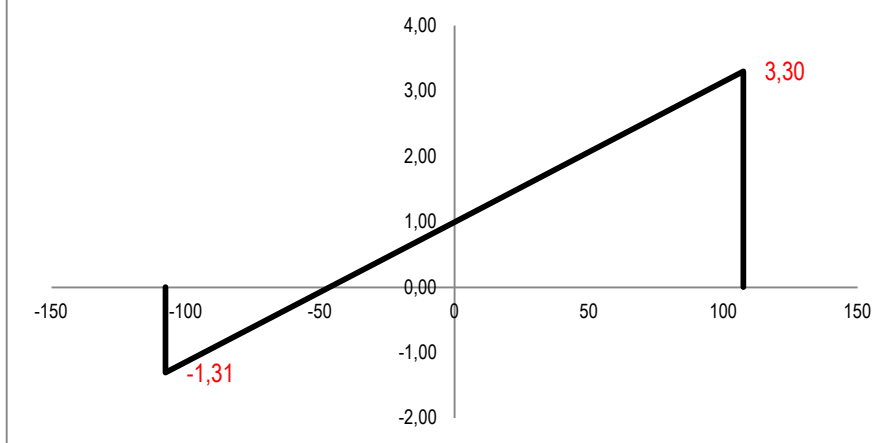
Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	7,50 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	2,00 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	2,00 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	3,25 [kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	1,00 [kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	0,00 [kNm]

Classificazione della sezione trasversale di verifica
Determinazione dello stato tensionale dovuto a N - M_y - M_z

Distribuzione delle tensioni normali nei punti salienti della sezione trasversale

Tensioni elastiche per CL < 4

Tensioni normali nell'ala superiore

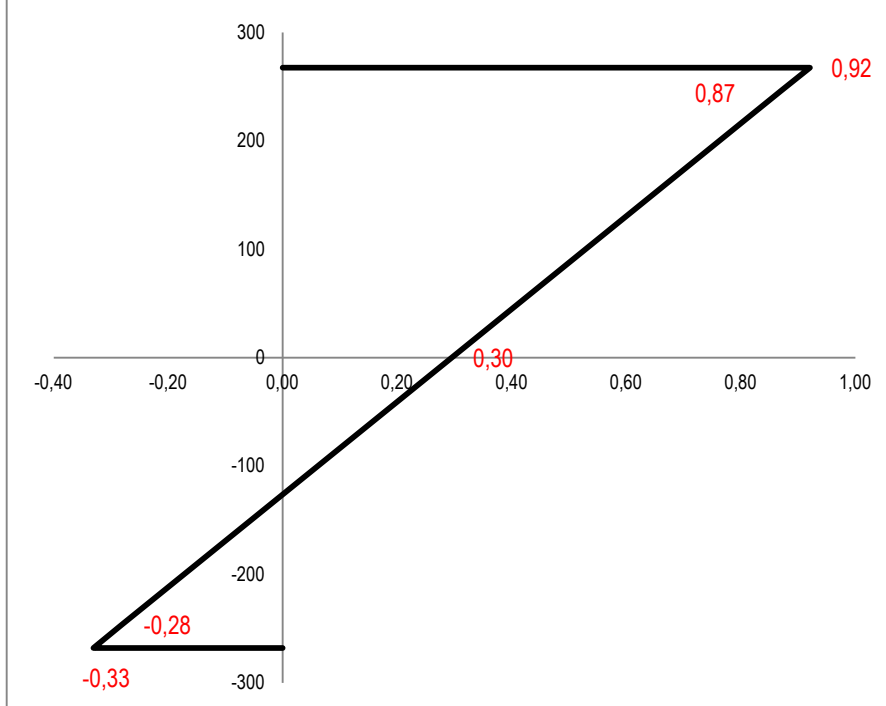


σ_A	3,30	[N/mm ²]
σ_B	1,00	[N/mm ²]
σ_C	-1,31	[N/mm ²]
σ_D	3,22	[N/mm ²]
σ_E	-1,38	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{A,eff}$	3,30	[N/mm ²]
$\sigma_{B,eff}$	1,00	[N/mm ²]
$\sigma_{C,eff}$	-1,31	[N/mm ²]
$\sigma_{D,eff}$	3,22	[N/mm ²]
$\sigma_{E,eff}$	-1,38	[N/mm ²]

Tensioni normali nell'anima



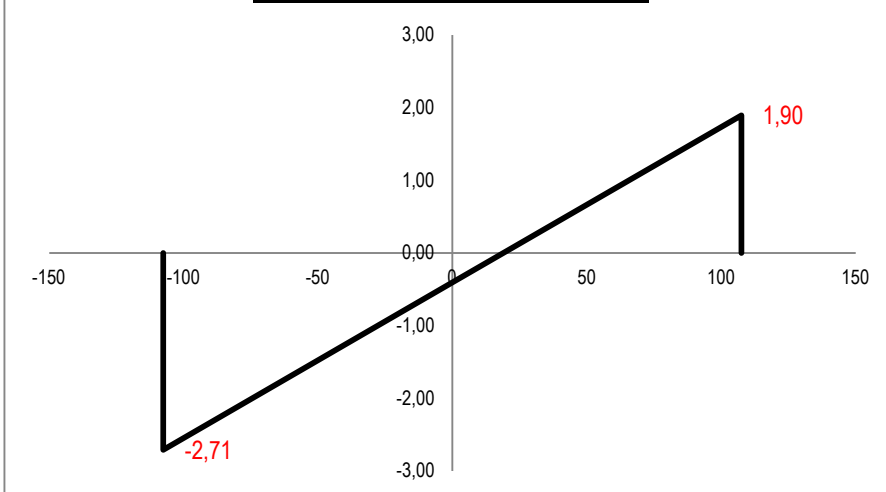
Tensioni elastiche per CL < 4

σ_F	0,92	[N/mm ²]
σ'_F	0,87	[N/mm ²]
σ_G	0,30	[N/mm ²]
σ'_H	-0,28	[N/mm ²]
σ_H	-0,33	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{F,eff}$	0,92	[N/mm ²]
$\sigma'_{F,eff}$	0,87	[N/mm ²]
$\sigma_{G,eff}$	0,30	[N/mm ²]
$\sigma'_{H,eff}$	-0,28	[N/mm ²]
$\sigma_{H,eff}$	-0,33	[N/mm ²]

Tensioni normali nell'ala inferiore



Tensioni elastiche per CL < 4

σ_I	1,97	[N/mm ²]
σ_L	-2,63	[N/mm ²]
σ_M	1,90	[N/mm ²]
σ_N	-0,41	[N/mm ²]
σ_O	-2,71	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{I,eff}$	1,97	[N/mm ²]
$\sigma_{L,eff}$	-2,63	[N/mm ²]
$\sigma_{M,eff}$	1,90	[N/mm ²]
$\sigma_{N,eff}$	-0,41	[N/mm ²]
$\sigma_{O,eff}$	-2,71	[N/mm ²]

Classificazione della sezione nel caso di pura compressione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio

ϵ 0,814 [-]

Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore

ρ_{web} 22,49 [-]

Larghezza del pannello d'ala

c_f 75,10 [mm]

Spessore del pannello d'ala

t_f 32,40 [mm]

Rapporto tra la dimensione del pannello d'ala ed il suo spessore	ρ_{flange}	2,32 [-]
Classificazione del pannello d'anima	$CL_{N,web}$	1
Classificazione del pannello d'ala	$CL_{N,flange}$	1
Classificazione della sezione per compressione pura	CL_N	1
<u>Classificazione della sezione nel caso di pura flessione</u>		
Classificazione del pannello d'anima	$CL_{My,web}$	1
Classificazione del pannello d'ala	$CL_{My,flange}$	1
Classificazione della sezione per pura flessione attorno a y - y	CL_{My}	1
Classificazione della sezione per pura flessione attorno a z - z	CL_{Mz}	1
<u>Classificazione del pannello d'anima nel caso di presso/tenso flessione</u>		
<i>Nota: il presente metodo di classificazione si basa sull'effettiva distribuzione delle tensioni normali all'interno della sezione trasversale dovuta alla presenza contemporanea di forza assiale e momento flettente, secondo la EN1993 - 1 - 5:2006</i>		
Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio	ε	0,814 [-]
Altezza del pannello d'anima	c_w	485,80 [mm]
Spessore del pannello d'anima	t_w	21,60 [mm]
Tensione normale al lembo superiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,1}$	0,87 [N/mm ²]
Tensione normale al lembo inferiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,2}$	-0,28 [N/mm ²]
Rapporto tra le tensioni presenti nel pannello d'anima	ψ_{web}	-0,322 [-]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore	ρ_{web}	22,49 [-]
Limite del rapporto che divide la classe 3 dalla classe 4	$\rho_{web_34_A}$	60,60 [-]
	$\rho_{web_34_B}$	0,00 [-]
	ρ_{web_34}	60,60 [-]
Classificazione dell'anima soggetta a presso/tenso flessione	$CL_{NM,web}$	< 4
<u>Dimensioni efficaci del pannello d'anima</u>		
Fattore di imbozzamento del pannello d'anima	k_{σ,web_A}	0,00 [-]
	k_{σ,web_B}	0,00 [-]
	k_{σ,web_C}	0,00 [-]
	k_{σ,web_D}	10,84 [-]
	k_{σ,web_E}	0,00 [-]
	k_{σ,web_F}	0,00 [-]
	$k_{\sigma,web}$	10,84 [-]
Snellezza adimensionale del pannello d'anima	$\lambda_{p,web}$	0,296 [-]
Snellezza adimensionale limite del pannello d'anima	$\lambda_{p,web,lim}$	0,820 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	$\rho_{p,web}$	1,000 [-]
Altezza efficace del pannello d'anima	$c_{w,eff}$	485,80 [mm]
Dimensioni efficaci del pannello d'anima	c_{w1}	194,32 [mm]
	c_{w2}	291,48 [mm]
Porzione dell'anima non efficace	s_w	0,00 [mm]
Baricentro della porzione non efficace	z_{sw}	248,32 [mm]
<u>Caratteristiche meccaniche efficaci della sezione trasversale</u>		
Area efficace della sezione trasversale	A_{eff}	25400,00 [mm ²]
Eccentricità tra il baricentro della sez. integra e quello della sez. efficace	e_{Nz}	0,000 [mm]
Momento d'inerzia attorno all'asse maggiore della sez. efficace	$I_{eff,y}$	1,390E+09 [mm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse minore della sez. efficace	$I_{eff,z}$	4,670E+07 [mm ⁴]
Moduli di resistenza efficaci attorno all'asse maggiore	$W_{eff,y,1}$	4,633E+06 [mm ³]
	$W_{eff,y,2}$	4,633E+06 [mm ³]
	$W_{eff,y,min}$	4,633E+06 [mm ³]
Modulo di resistenza efficace attorno all'asse minore	$W_{eff,z}$	4,344E+05 [mm ³]

Costruzione del dominio di transizione di classe

Punto 1:

Forza assiale	N_1	0,00 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_{y1}	1935,46 [kNm]
Angolo	θ_1	1,571 [rad]

Punto 2:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_2	1,179 [-]
Forza assiale	N_2	5057,87 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_2	1101,41 [kNm]
Angolo	θ_2	0,214 [rad]

Punto 3:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_3	1,346 [-]
Forza assiale	N_3	6301,80 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_3	640,71 [kNm]
Angolo	θ_3	0,101 [rad]

Punto 4:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	ψ_4	2,574 [-]
Forza assiale	N_4	16112,78 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_4	-1293,44 [kNm]
Angolo	θ_4	0,000 [rad]

Punto 5:

Snellezza adimensionale del pannello d'anima per compressione pura	λ_5	0,487 [-]
Snellezza limite del pannello d'anima per compressione pura	$\lambda_{5,lim}$	0,673 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	ρ_5	1,000 [-]
Area efficace della sezione nel caso di pura compressione	A_5	25400,00 [mm ²]
Forza assiale	N_5	9017,00 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_5	0,00 [kNm]
Angolo	θ_5	0,000 [rad]

Classificazione della sezione trasversale nel caso di presso/tenso flessione biassiale

Nota: nel caso di presenza di forza assiale di compressione e momento flettente attorno all'asse minore si adotta, in favore di sicurezza, la classificazione della sezione per pura compressione.

Forza assiale di progetto	N_{Ed}	7,50 [kN]
Momento flettente di progetto attorno all'asse maggiore	$M_{y,Ed}$	3,25 [kNm]
Momento flettente di progetto attorno all'asse minore	$M_{z,Ed}$	1,00 [kNm]
Angolo	θ_{Ed}	0,409 [rad]
Classificazione nel caso di assenza di forza normale	$CL_{N=0}$	1
Classificazione nel caso di tenso flessione biassiale	$CL_{N<0}$	1
Classificazione nel caso di presso flessione biassiale	$CL_{N>0}$	1
Classificazione della sezione trasversale	CL	1

Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a trazione pura

Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	8587,62 [kN]
Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0,000 [-]

Resistenza a compressione pura

Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	8587,62 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0,001 [-]

Resistenza a taglio

Tensioni tangenziali nell'ala dovute al momento torcente
 Tensioni tangenziali nell'anima dovute al momento torcente
 Verifica tensionale per pura torsione
 Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima
 Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima
 Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima
 Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali
 Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima, ridotta per T_{Ed}
 Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali, ridotta per T_{Ed}
 Verifica a taglio - torsione in direzione parallela all'anima
 Verifica a taglio - torsione in direzione parallela alle ali

$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
ρ_T	0,000 [-]
$A_{vz,eff}$	13800,00 [mm ²]
$V_{pl,z,Rd}$	2693,75 [kN]
$A_{vy,eff}$	13932,00 [mm ²]
$V_{pl,y,Rd}$	2719,52 [kN]
$V_{pl,T,z,Rd}$	2693,75 [kN]
$V_{pl,T,y,Rd}$	2719,52 [kN]
ρ_{Vz}	0,001 [-]
ρ_{Vy}	0,001 [-]

Resistenza a flessione

Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse maggiore
 Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore
 Verifica flessionale attorno all'asse maggiore
 Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse minore
 Resistenza a flessione attorno all'asse minore
 Verifica flessionale attorno all'asse minore

W_y	5,45E+06 [mm ³]
$M_{cy,Rd}$	1843,30 [kNm]
ρ_{My}	0,002 [-]
W_z	7,52E+05 [mm ³]
$M_{cz,Rd}$	254,25 [kNm]
ρ_{Mz}	0,004 [-]

Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1 o 2)

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela all'anima
 Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela alle ali
 Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse maggiore
 Verifica flessionale attorno all'asse maggiore
 Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse minore
 Verifica flessionale attorno all'asse minore

$\rho_{Vz,red}$	0,00 [-]
$\rho_{Vy,red}$	0,00 [-]
$M_{Vy,Rd}$	1843,30 [kNm]
$\rho_{My - Vz}$	0,002 [-]
$M_{Vz,Rd}$	254,25 [kNm]
$\rho_{Mz - Vy}$	0,004 [-]

Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2

Parametri limite che valutano l'intensità della forza assiale

$N_{lim,1}$	2146,90 [kN]
$N_{lim,2}$	1773,86 [kN]
$N_{lim,3}$	3547,73 [kN]

Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore ridotta per effetto di N_{Ed}
 Verifica flessionale attorno all'asse maggiore
 Resistenza a flessione attorno all'asse minore ridotta per effetto di N_{Ed}
 Verifica flessionale attorno all'asse minore
 Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo normale)
 Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)

n	0,001 [-]
a	0,451 [-]
$M_{Ny,Rd}$	1843,30 [kNm]
$\rho_{N - My - pl}$	0,002 [-]
$M_{Nz,Rd}$	254,25 [kNm]
$\rho_{N - Mz - pl}$	0,004 [-]
$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,004 [-]
$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,006 [-]

Calcolo elastico per sezioni in classe 3

Tensione normale massima agente nell'ala superiore
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore
 Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore
 Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore
 Tensione normale massima agente nell'ala inferiore
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore
 Tensione normale agente nell'anima
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima

$\sigma_{x,Ed,fs}$	3,30 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma,fs}$	ver. plastica [-]
$\tau_{Vy,Ed}$	0,14 [N/mm ²]
$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma + \tau,fs}$	ver. plastica [-]
$\sigma_{x,Ed,fi}$	2,71 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma,fi}$	ver. plastica [-]
$\rho_{\sigma + \tau,fi}$	ver. plastica [-]
$\sigma_{x,Ed,w}$	0,92 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma,w}$	ver. plastica [-]


Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima
 Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima
[Calcolo elastico per sezioni in classe 4](#)
 Tensione normale massima agente nell'ala superiore
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore
 Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore
 Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore
 Tensione normale massima agente nell'ala inferiore
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore
 Tensione normale agente nell'anima
 Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima
 Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima
 Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima
 Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima

$\tau_{Vz,Ed}$	0,13 [N/mm ²]
$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x + \tau, w}$	ver. plastica [-]
$\sigma_{x,Ed,fs}$	3,30 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x, fs}$	ver. plastica [-]
$\tau_{Vy,Ed}$	0,14 [N/mm ²]
$\tau_{tf,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x + \tau, fs}$	ver. plastica [-]
$\sigma_{x,Ed,fi}$	2,71 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x, fi}$	ver. plastica [-]
$\rho_{\sigma x + \tau, fi}$	ver. plastica [-]
$\sigma_{x,Ed,w}$	0,92 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x, w}$	ver. plastica [-]
$\tau_{Vz,Ed}$	0,13 [N/mm ²]
$\tau_{tw,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
$\rho_{\sigma x + \tau, w}$	ver. plastica [-]

Verifiche di stabilità flessionale, torsionale e flesso - torsionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	34,00 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	β_y	0,10 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	β_z	0,10 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$L_{cr,y}$	3400,00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$L_{cr,z}$	3400,00 [mm]

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A o A _{eff}	25400 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse maggiore	$N_{cr,y}$	249216 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse minore	$N_{cr,z}$	8373 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse maggiore	$\lambda_{ad,y}$	0,1902 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse minore	$\lambda_{ad,z}$	1,0377 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	2,79 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	32,4 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse maggiore	Curva _{y-y}	a [-]
Curva di instabilità attorno all'asse minore	Curva _{z-z}	b [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse maggiore	α_y	0,21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse maggiore	ϕ_y	0,5171 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_z	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse minore	ϕ_z	1,1809 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse maggiore	χ_y	1,0000 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse minore	χ_z	0,5733 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse maggiore	$N_{by,Rd}$	8587,62 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse minore	$N_{bz,Rd}$	4922,98 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	 0,002 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità torsionale

Forza normale critica per instabilità torsionale	$N_{cr,T}$	23329 [kN]
Snellezza adimensionale per instabilità torsionale	$\lambda_{ad,T}$	0,6217 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_T	0,34 [-]

Coefficiente di instabilità	ϕ_T	0,7649 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza	χ_T	0,8260 [-]
Resistenza all'instabilità torsionale	$N_{bT,Rd}$	7093,57 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità torsionale	$\rho_{buck, T}$	<input checked="" type="checkbox"/> 0,001 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità laterale o svergolamento o flessione - torsione

Momento critico con LT - Beam

Valore del momento critico elastico ottenuto dal software LT - Beam	$M_{cr,LTbeam}$	2470,00 [kNm]
---	-----------------	---------------

Momento critico con calcolo tradizionale

Lunghezza critica per instabilità laterale (distanza tra i ritegni laterali)	$L_{cr,LT}$	0,50 [m]
Distanza tra il baricentro della sezione ed il punto di applicazione del carico	z_g	300,00 [mm]

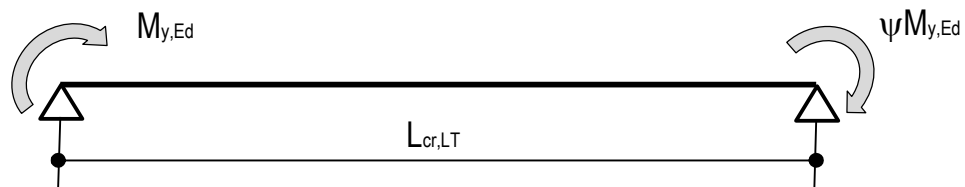
Nota: $z_g > 0$ se il carico è posizionato al di sopra del centro di taglio, $z_g = 0$ se il carico è posizionato nel centro di taglio, $z_g < 0$ se il carico è posizionato al di sotto del centro di taglio.

Coefficiente di vincolo relativo alla capacità di rotazione attorno a z - z	k_z	1,00 [-]
Coefficiente di vincolo relativo alla capacità di ingobbamento	k_w	1,00 [-]

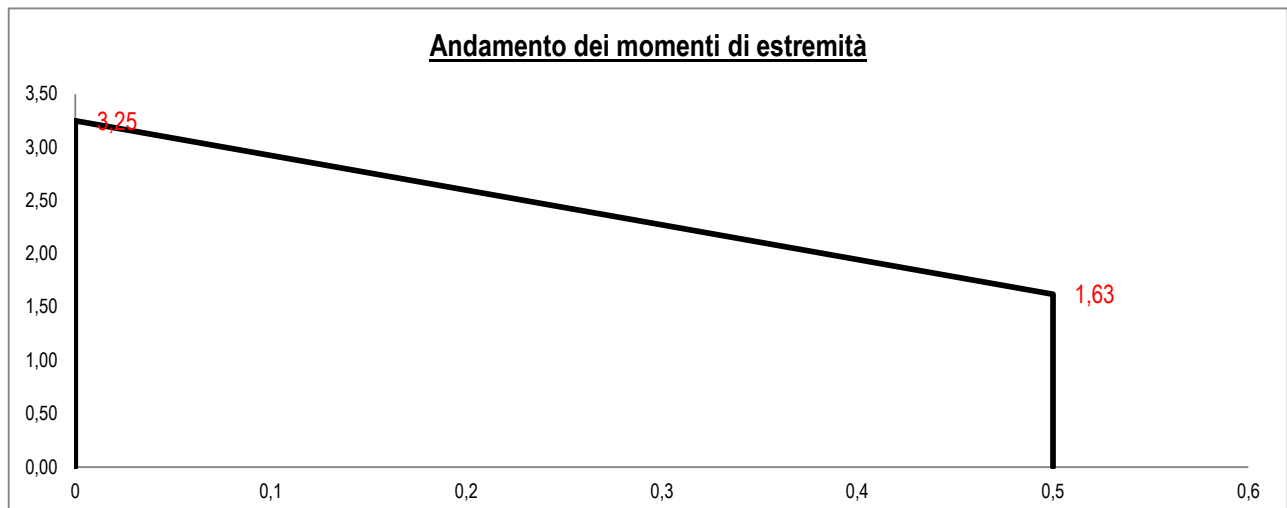
Selezionare la tipologia di condizione al contorno, mutuamente esclusiva:

- Membratura soggetta unicamente a momenti di estremità selezionare per momenti di estremità
- Membratura soggetta unicamente a carichi trasversali selezionare per carichi trasversali

Membratura (o parte di essa) soggetta unicamente a momenti di estremità



Momento di estremità avente valore maggiore	$M_{y,Ed}$	3,25 [kNm]
Rapporto tra i momenti di estremità	ψ	0,50
Momento di estremità avente valore minore	$\psi M_{y,Ed}$	1,63 [kNm]
Coefficiente C_1	C_1	1,310 [-]



Membratura soggetta unicamente a carichi trasversali

Nota: i valori dei coefficienti C_1 e C_2 di seguito forniti, valgono unicamente nel caso in cui $k_z = 1$

Selezionare la tipologia di carico e di condizione di vincolo	Doppio appoggio - carico distribuito ▼	
Coefficiente C_1	C_1	0,000 [-]
Coefficiente C_2	C_2	0,000 [-]
Momento critico elastico valutato secondo i metodi tradizionali	$M_{cr,trad.}$	146393,27 [kNm]
<u>Verifica di stabilità</u>		
Momento critico elastico utilizzato nella verifica di stabilità	M_{cr}	2470,00 [kNm]
Snellezza adimensionale per instabilità laterale	$\lambda_{ad,LT}$	0,8852 [-]
Parametri limite per sezioni laminate	$\lambda_{LT,0}$	0,40 [-]
	β_{LT}	0,75 [-]
Curva di instabilità per fenomeni di flessione - torsione	Curva $_{LT}$	c [-]
Coefficiente di imperfezione per fenomeni di flessione - torsione	α_{LT}	0,49 [-]
Coefficiente di instabilità per fenomeni di flessione - torsione	ϕ_{LT}	0,9127 [-]
Coefficienti di correzione, funzione del diagramma del momento	k_c	0,858 [-]
	f_{mod}	0,930 [-]
Coefficiente di riduzione per fenomeni di flessione - torsione	χ_{LT}	0,7102 [-]
Coefficiente di riduzione modificato	$\chi_{LT,mod}$	0,7635 [-]
Modulo di resistenza da utilizzare nelle verifiche di flessione - torsione	W_y	5,452E+06 [mm ³]
Resistenza all'instabilità flessione - torsionale	$M_{by,Rd}$	1407,31 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessione - torsionale	$\rho_{buck, M}$	✓ 0,002 [-]

Verifiche di stabilità nel caso di presso - flessione biassiale - ANNEX B, EN 1993 - 1 - 1:2010

Nota: l'utente deve inserire i valori C_{my} , C_{mz} , C_{mLT} con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010, tenendo presente che utilizzando $C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 1.00$ la verifica sarà sempre "cautelativa".

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y	C_{my}	0,800 [-]
Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z	C_{mz}	0,714 [-]
Coefficiente di momento equivalente per instabilità flessione - torsionale	C_{mLT}	0,900 [-]

Coefficienti di interazione

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{yy,1-2}$	0,800 [-]
Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{yy,3-4}$	0,800 [-]
	k_{yy}	0,800 [-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{zz,1-2}$	0,716 [-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zz,3-4}$	0,715 [-]
	k_{zz}	0,716 [-]
Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{yz,1-2}$	0,429 [-]
Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{yz,3-4}$	0,716 [-]
	k_{yz}	0,429 [-]
Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 1 o 2	$k_{zy,1-2}$	1,000 [-]
Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zy,3-4}$	1,000 [-]
	k_{zy}	1,000 [-]

Verifiche di presso flessione biassiale

Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 1 o 2	$\rho_{buck, N - M - M}$	✓ 0,004 [-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	✓ 0,007 [-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 3	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 4	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]

Il presente foglio esegue le verifiche di resistenza e stabilità di membrature aventi sezioni trasversali a I o ad H, secondo q nella Norma EN 1993 - 1 - 1:2010 ed in accordo con il DM. 14/01/2008 e successiva Circolare Applicativa.

La classificazione delle sezioni è condotta secondo le prescrizioni della Norma EN 1993 - 1 - 5:2006, che tiene conto della contemporanea di Forza assiale e Momento Flettente Biassiale.

La verifica di presso flessione biassiale è condotta secondo l'Appendice B della Norma EN 1993 - 1 - 1:2010.

L'utente dovrà compilare unicamente le celle azzurre contornate con bordi tratteggiati, unitamente alla corretta selezione d tendina.

Fattori di momento equivalente

Diagramma del momento per calcolare C_{my}

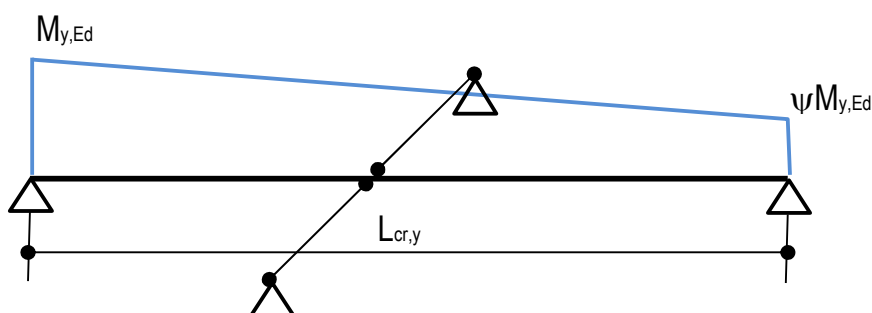


Diagramma del momento per calcolare C_{mLT}

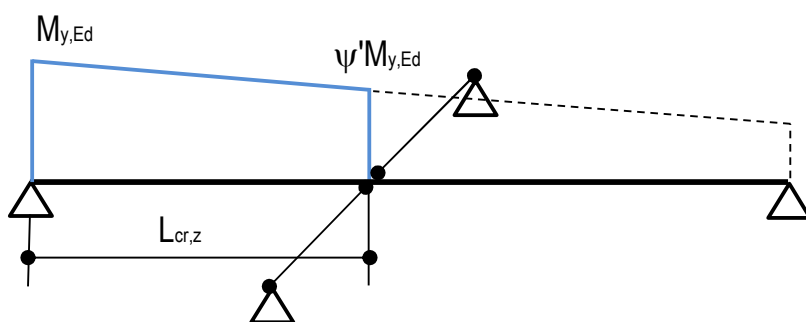


Diagramma del momento per calcolare C_{mz}

