

COMUNE di MONTELUPONE

PROVINCIA DI MACERATA

RIQUALIFICAZIONE CAMPO DI CALCIO COMUNALE
REALIZZAZIONE NUOVI SPOGLIATOI
sito in via Alessandro Manzoni - Montelupone (MC)

PROGETTO ESECUTIVO



STATO DI PROGETTO - EDIFICIO SPOGLIATOI

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMITTENTE: **COMUNE DI MONTELUPONE**

Il Sindaco
ROLANDO PECORA

Il RUP
ANTONIO SPACCESI

PROGETTISTA: **Ing. GIACOMO COMITE**

iscritto albo Ing. FERMO n. A323



TAVOLA **B.2.b**

Integrazione AGOSTO 2022

Relazione di Calcolo

Su incarico del Comune di Montelupone (MC), con sede in P.zza del Comune, 1; di Montelupone (MC) rappresentata dal Sindaco Rolando Pecora e dal Rup Antonio Spaccesi, il sottoscritto Ing. Comite Giacomo, residente a Porto Sant'Elpidio (FM) in Via G. Verga, 3, Codice Fiscale CMTGCM69R20A912M, P. IVA 02314110780; iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Fermo al n° A323, ha ottenuto l'incarico per la progettazione definitiva ed esecutiva per la realizzazione degli Spogliatoi del Campo di Calcio sito in Via A. Manzoni in Montelupone (MC).

L'intervento in oggetto avrà una superficie coperta di circa 320mq a piano terra e di circa 148mq al piano primo oltre alla pergola di 75mq, esso verrà realizzato previo smantellamento e demolizione dell'attuale struttura, mentre la posizione viene leggermente modificata al fine di ottenere maggiore fluidità degli spazi.

Individuazione area Intervento



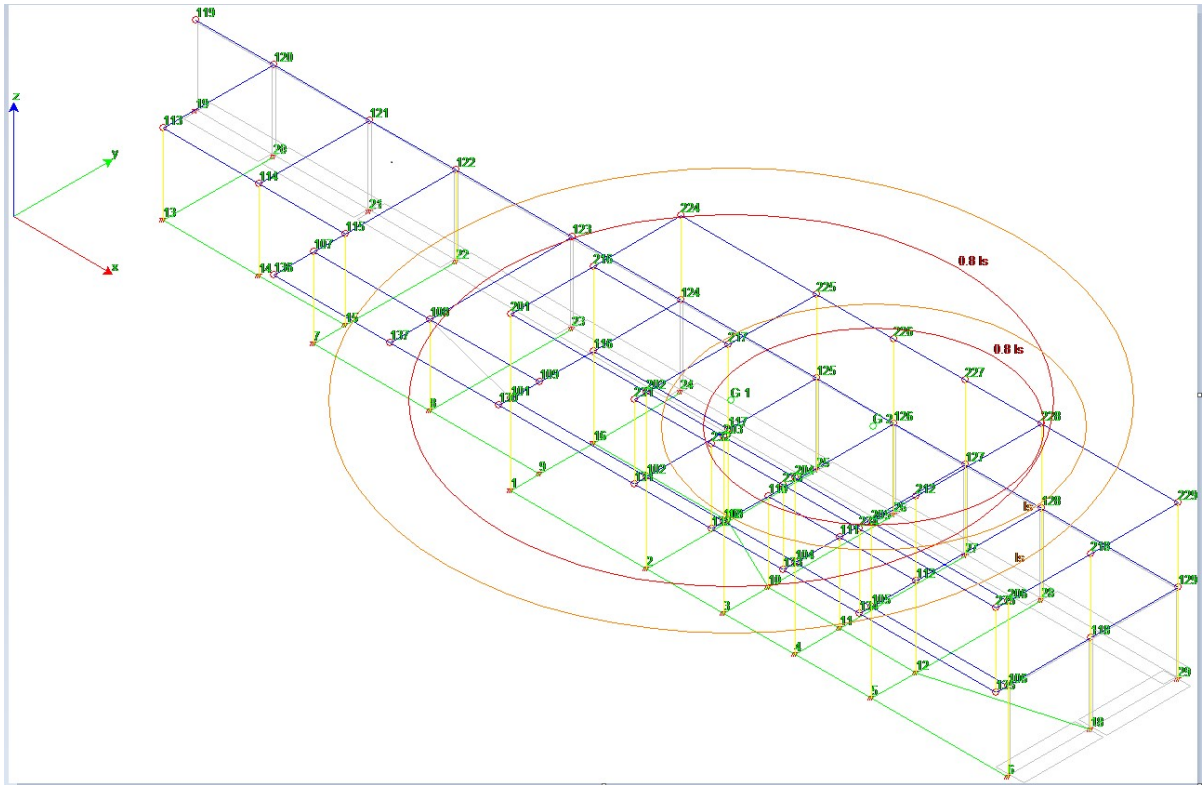
La tecnologia costruttiva è quella del cantiere a piè d'opera, con struttura portante realizzata con setti e telai in conglomerato cementizio armato, mentre i solai saranno realizzati in lastre prefabbricate tipo predaller, dello spessore di 25+5cm e 20+5cm, con fondazione costituita da una platea nervata in conglomerato cementizio armato.

Detti solai saranno realizzati mediante posa di dette lastre innestate sulla porzione in opera mediante apposita armatura e completate con getto del conglomerato (C25/30).

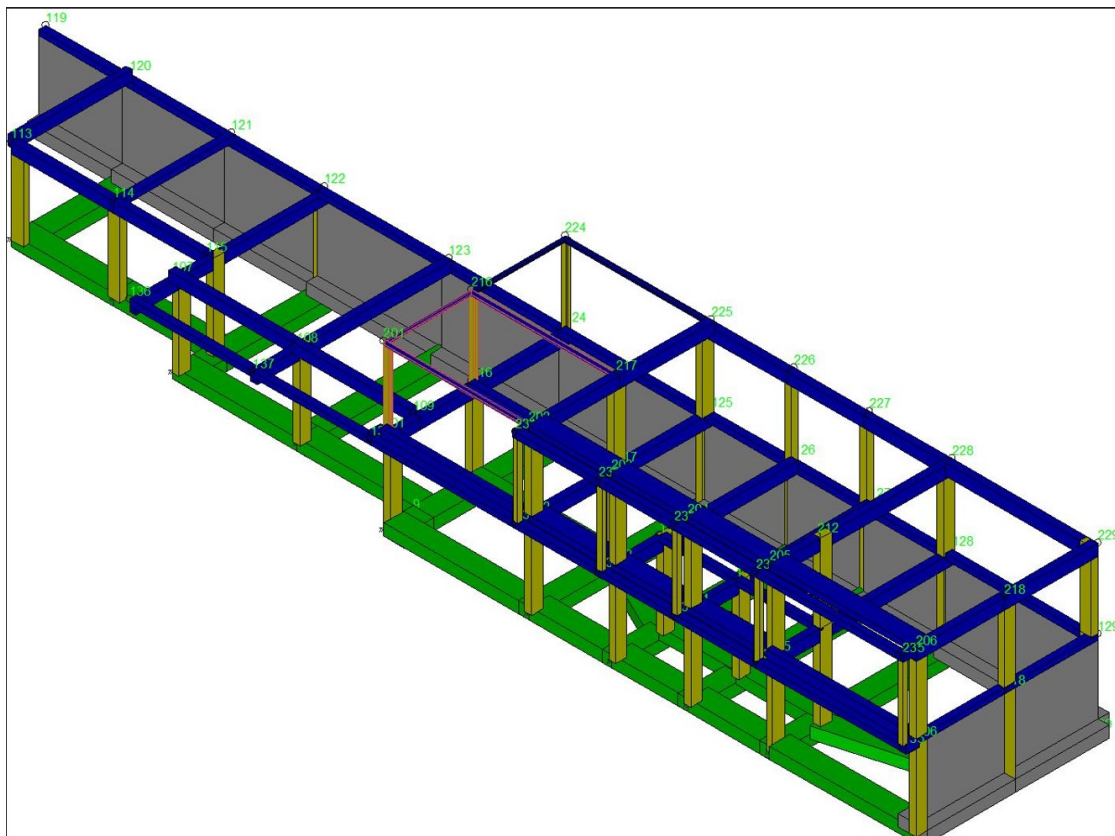
La struttura sarà realizzata su complessivi due livelli (terra e primo) ed i livelli verranno collegati dall'esterno mediante scala in conglomerato cementizio armato realizzata incassata nei setti in c.a., e

con sviluppo su due rampe interposte da pianerottolo di riposo, mentre l'interpiano netto tra i vari solai è del valore di 300cm (al netto dei massetti degli impianti e delle coibentazioni).

SCHEMA STATICO



MODELLO STRUTTURA



La pergola viene realizzata con elementi metallici costituiti da n. 3 montanti HEA200, da n. 3 travi IPE 200 e da n. 6 travi secondarie costituite da IPE 140, le quali saranno sormontate da pannelli autoportanti tipo Sandwich, la struttura si completa con una pensilina posta sul camminamento del marciapiede lato monte, anch'essa realizzata da profilati metallici tipo IPE 140 e pannelli Sandwich.

La struttura è da ritenersi, alla luce della nuova normativa tecnica, “irregolare” poiché presenta asimmetrie sia geometriche che strutturali, cosicché si ha una evidente distanza tra il centro delle masse di piano con i centri di rigidezza dei piani stessi.

Il tipo di analisi condotta è quella Statica e Dinamica per via statica equivalente.

- Dati generali relativi all'analisi dinamica
- Spettro in accordo con TU 2018
 - o Via A. MANZONI; MONTELUPONE (MC) Longitudine 13.5709 Latitudine 43.3463
 - o Tipo di Terreno C
 - o Coefficiente di amplificazione topografica (ST) 1.0000
 - o Vita nominale della costruzione (VN) 50.0 anni
 - o Classe d'uso II coefficiente CU 1.0
 - o Classe di duttilità impostata Bassa
 - o Fattore di duttilità α_u/α_1 per sisma orizzontale 1.00
 - o Fattore riduttivo regolarità in altezza KR 1.00
 - o Fattore riduttivo per la presenza di setti KW 1.00

La struttura viene realizzata con setti contro terra dello spessore di 30cm, con copri ferro delle armature non inferiore a 3.5cm, poi da pilastri verticali di dimensioni variabili da 30x30cm a 30x50cm, con copri ferro mai inferiore a 3.0cm; mentre le travi in c.a. saranno quasi tutte di tipo piatte con dimensioni da 70x25h a 60x25h, e da travi 30x50h e 30x45h oltre a cordoli di collegamento di varie dimensioni.

La tamponatura esterna viene realizzata mediante mattone semipieno dello spessore di 25cm, mentre per le superfici tamponate che superano i 15mq viene interposta una nervatura verticale (20x20h) costituita da montante in conglomerato cementizio armato, che ha la funzione oltre che di ridurre le superfici di inflessione, anche di perimetrale le stesse nelle porzioni a sbalzo.

Allo scopo di reperire dati di natura sia qualitativa che quantitativa sulla natura del terreno

interessato dalle fondazioni è stato dato incarico al Dott. Paolo Giacomelli di eseguire uno studio geologico tecnico, dai cui risultati si opta per una fondazione di tipo superficiale, ed in particolare per un reticolato di travi che fungono da nervature alla platea definitiva, per cui la struttura della fondazione risulta di elevata rigidità, dello spessore di 50cm oltre allo spessore del calcestruzzo magro non meno di 10cm, mediante la quale si riesce ad ottenere scarichi sul terreno inferiori a 0.4kg/cmq

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Ottobre 1978. "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. del 14 Febbraio 1992. "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Istruzioni per la valutazione delle: Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85)
- D.M. del 9 Gennaio 1996. "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Ordinanza n. 3316. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei

Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003

- D.M. del 14 Gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare del 02 Febbraio 2009 n. 617 “Consiglio Superiore Lavori Pubblici”.
- D.M. del 17 Gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Nuova Circolare del 21 Febbraio 2019 n. 7 “Consiglio Superiore Lavori Pubblici”.

Per ogni altro particolare si rimanda agli elaborati tecnici allegati.

Analisi dei carichi

Nota: SOLAIO PIANO PRIMO

1 ANALISI DEI CARICHI SOLAI

(Solaio a lastre Predalles modulo 120)

Alleggerimento in polistirene estruso H = 15 cm

□

- Larghezza lastra	cm	120
- Travetti per lastra	n°	3
- Larghezza travetto tipo	cm	14
- H tot. Solaio	cm	30
- Soletta inf.	cm	5
- Soletta sup.	cm	5

PESO PROPRIO [per zone piene]: **348** daN/m² q

Sovraccarico PERMANENTE:

- Massetto di completamento	5	^c m	x	1700	daN/mc	85
- Pavimento	0,8	^c m	x	1800	daN/mc	14.4
- Tramezzi			x		daN/mq	120
- Intonaco (malta di calce)	1,5	^c m	x	1800	daN/mc	27
- Impianti						5

Totale carichi permanenti per zone normali [per zone piene]: **251.6** daN/m² q

Categoria: **A** Ambienti: **Ambienti ad uso ricreativo**

Sovraccarico VARIABILE: **600** daN/m² q

Carico Accidentale: **400** daN/m² q

Nota: SOLAIO PIANO PRIMO TERRAZZA

2 ANALISI DEI CARICHI SOLAI - Larghezza lastra cm **12**

(Solaio a lastre Predalles modulo 120)	
Alleggerimento in polistirene estruso	H = 15 cm

- Travetti per lastra	n°	3
- Larghezza travetto tipo	cm	14
- H tot. Solaio	cm	25
- Soletta inf.	cm	5
- Soletta sup.	cm	5

PESO PROPRIO [per zone piene]: 348 daN/m² q

Sovraccarico PERMANENTE:						
-	Massetto di completamento	5	cm	x	1700 daN/mc	85
-	Pavimento	0,8	cm	x	1800 daN/mc	14.4
-	Intonaco (malta di calce)	1,5	cm	x	1800 daN/mc	27
-	Coibentazione					25

Totale carichi permanenti per zone normali [per zone piene]: 151.4 daN/m² q

Categoria:	A	Ambienti:	Ambienti ad uso ricreativo
Sovraccarico VARIABILE:			550 daN/m² q
Carico Variabile:	Montelupone (TA)		400 daN/m² q

Nota: SOLAIO PIANO DI COPERTURA

3 ANALISI DEI CARICHI SOLAI	
(Solaio a lastre Predalles modulo 120)	
Alleggerimento in polistirene estruso	H = 15 cm

- Larghezza lastra	cm	120
- Travetti per lastra	n°	3
- Larghezza travetto tipo	cm	14
- H tot. Solaio	cm	25
- Soletta inf.	cm	5
- Soletta sup.	cm	5

PESO PROPRIO [per zone piene]: 348 daN/m² q

Sovraccarico PERMANENTE:						
-	Massetto di completamento	5	cm	x	1700 daN/mc	85
-	Pannelli Fotovoltaici				daN/mq	30
-	Intonaco (malta di calce)	1,5	cm	x	1800 daN/mc	27

-	Coibentazione	25
---	---------------	----

Totale carichi permanenti per zone normali [per zone piene]: **16** daN/m
7 q

Categoria:	A	Ambienti:	Ambienti ad uso ricreativo
Sovraccarico VARIABILE:			450 daN/m q
Carico NEVE:	Montelupone (TA)		150 daN/m q

CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE STRUTTURE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. del 17 Gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Nuova Circolare del 21 Febbraio 2019 n. 7 “Consiglio Superiore Lavori Pubblici

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa.

I nodi vengono numerati, con riferimento a una sezione orizzontale, da sinistra a destra, dal basso verso l'alto e per quote crescenti.

L'impalcato di appartenenza di un nodo è definito, in generale, dalla prima delle tre cifre che ne definiscono il numero, possono tuttavia presentarsi casi in cui si hanno più di 100 nodi per solaio nel qual caso il solaio di appartenenza è specificato dall'ultimo valore stampato nella riga dei dati relativi al nodo.

La maschera dei vincoli è costituita dai valori 0 e 1. Il valore 1 indica che per il nodo in riferimento il grado di libertà correlativo è soppresso mentre il valore 0 indica che è libero.

Nel caso di edifici civili multipiano l'asse z generale coincide con l'asse verticale rivolto verso l'alto.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

I coefficienti di sicurezza adottati sui materiali, secondo la normativa vigente, sono assunti pari a:

Stato limite	Acciaio γ_s	Calcestruzzo γ_c
ultimo	1.15	1.50
di esercizio	1.00	1.00

Di seguito sono tabulate le resistenze dei materiali così come definite dalla normativa vigente:

Descrizione	Fondazione	Elevazione
Classe di calcestruzzo	C25/30	C25/30 C28/35
Resistenza a compressione sui cubetti Rck [daN/cm ²]	300	300 350
Classe di consistenza	S3-S4	S4
Classe di esposizione	XC3	X0
Copriferro minimo [mm]	35	35
Massimo rapporto acqua/cemento	-----	-----
Dosaggio di cemento minimo [kg/m ³]	-----	-----
Impiego di additivi	No	No
Controllo di accettazione di tipo	A	A

Definita la classe di calcestruzzo adoperata, è possibile calcolare tutti i parametri di resistenza che ne caratterizzano il comportamento, sia a compressione che a trazione, come riportato nelle seguenti espressioni, in cui i parametri di resistenza vanno espressi in N/mm² :

- Rck = Resistenza cubica
 f_{ck} = 0.83 Rck = resistenza cilindrica
 f_{cm} = f_{ck} + 8 = Valore medio della resistenza cilindrica
 E = c 22000 [f_{cm} / 10] 0.3 = Modulo Elastico secante tra la tensione nulla e 0.40 f_{cm}
 f_{cd} = f_{ck} / c = Resistenza di calcolo a compressione, con c pari a 1.6
 f_{cd} = 0.85 f_{cd} = Resistenza di calcolo a compressione ridotta, per i carichi di lunga durata
 f_{ctm} = 0.30 f_{ck} 2/3 = Resistenza media a trazione
 f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = Resistenza caratteristica a trazione
 f_{cfk} = 1.2 f_{ctk} = Resistenza caratteristica a trazione per flessione
 f_{ctd} = f_{ctk} / c = Resistenza di calcolo a trazione
 f_{ctd} = f_{cfk} / c = Resistenza di calcolo a trazione per flessione

Descrizione	Fondazione	Elevazione
Tensione caratteristica di snervamento f _{yk} [daN/cm ²]	≥ 4500	≥ 4500
Tensione caratteristica di rottura f _{tk} [daN/cm ²]	≥ 5400	≥ 5400
Allungamento (Agt) _k [%]	≥ 7.5	≥ 7.5
Rapporto di sovraresistenza f _{tk} /f _{yk} [%]	1.15 ≤ f _{tk} /f _{yk} < 1.35	1.15 ≤ f _{tk} /f _{yk} < 1.35
Rapporto tens. effettiva/nominale (f _y /f _{ynom}) _k	≤ 1.25	≤ 1.25
Tensione di calcolo di snervamento [daN/cm ²]	3913	3913
Modulo Elastico Normale [daN/cm ²]	2100000	2100000

IMPUT DATI DI CALCOLO

La struttura principale è da ritenersi, alla luce della nuova normativa tecnica, “irregolare” poiché presenta asimmetrie sia geometriche che strutturali, cosicché si ha una evidente distanza tra il centro

delle masse di piano con i centri di rigidità dei piani stessi.

COMBINAZIONI

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del secondo ordine. In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u.

Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (deformazioni ecc.).

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera e in questo caso vengono considerati come carichi verticali uniformemente distribuiti.

Tutti gli altri carichi accidentali considerati sono il carico dovuto alla neve, del vento e l'azione dinamica dovuta al sisma.

Le azioni sollecitanti utilizzate sono state calcolate secondo le seguenti espressioni:

Combinazione fondamentale: stati limite ultimi (SLU)

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot \left[Q_{1k} + \sum (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right]$$

Combinazione caratteristica rara (SLE)

$$F_r = G_k + Q_{1k} + \sum (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazione frequente (SLE)

$$F_f = G_k + \psi_{11} \cdot Q_{1k} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazione quasi permanente (SLE)

dove:

G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;

Q_{1k} è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante (principale) di ogni combinazione;

Q_{kj} sono i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti e che possono agire contemporaneamente a quella dominante;

γ_g = coefficiente parziale per le azioni permanenti = 1,3
(1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

γ_q = coefficiente parziale per le azioni variabili = 1,5
(0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

Il programma di calcolo utilizza nelle combinazioni di carico un valore finale di moltiplicatore della

condizione che discende dal prodotto dei coefficienti $\gamma \cdot \Psi$ che il programma stabilisce in base alla categoria di carico selezionata (Permanente, Variabile, ecc.).

Alle configurazioni delle azioni di tipo statico si aggiungono quelle sismiche.

$$F^{SISMICA} = E + G + \sum_{j=1}^n (\psi_{1,j} \cdot Q_{K,j})$$

L'azione sismica in X (denominata "Ex") e quella in Y (denominata "Ey") vengono considerate agenti contemporaneamente nelle possibili combinazioni del 100% dell'una con il 30% dell'altra.

Considerando anche i due possibili versi di ciascuna azione sismica abbiamo quindi queste situazioni:

Ex+0.3Ey	Ex-0.3Ey	-Ex+0.3Ey	-Ex-0.3Ey
0.3Ex+Ey	0.3Ex-Ey	-0.3Ex+Ey	-0.3Ex-Ey

VALIDAZIONE CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo utilizzato è WinStrand della ditta produttrice: En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna).

EnExSys InForma, supporto Tecnico ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati a seguente link:
<http://www.enexsys.com/Informa/BenchmarkHTML/Benchmark.htm>

Campo di applicazione: analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Il controllo della affidabilità delle analisi numeriche è stato condotto su una serie di esempi di letteratura la cui soluzione sia esprimibile in forma chiusa, allo scopo di verificare l'affidabilità del software.

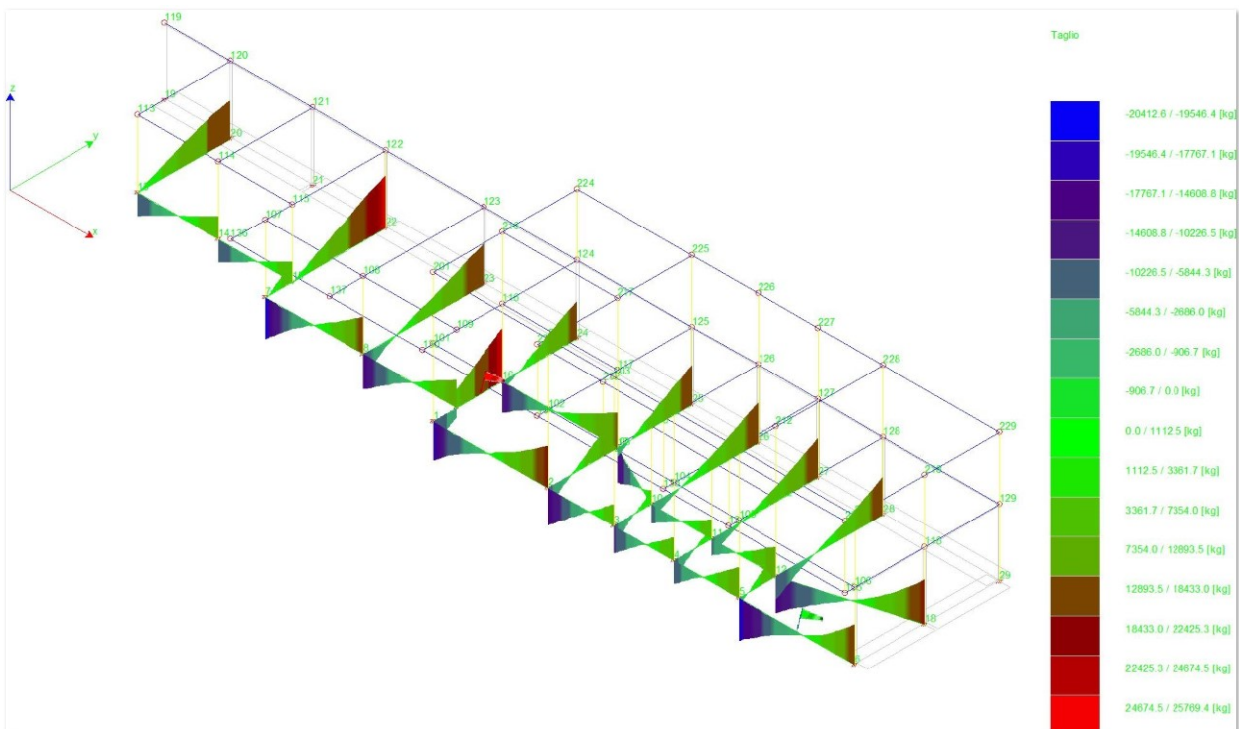
Gli esempi condotti, corredati della fonte di riferimento, dei risultati numerici e dei file dati permettono la riproduzione integrale degli stessi da parte degli utenti.

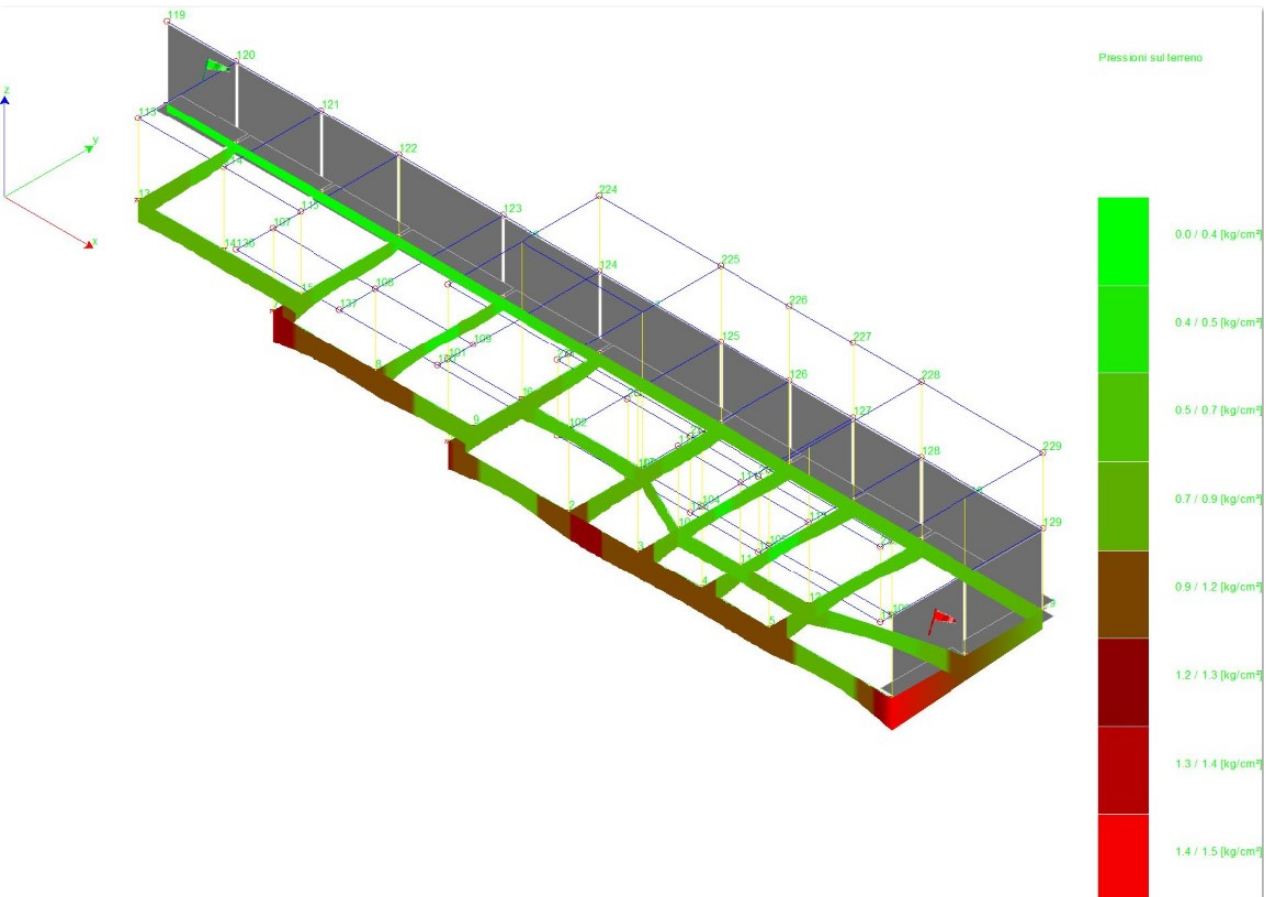
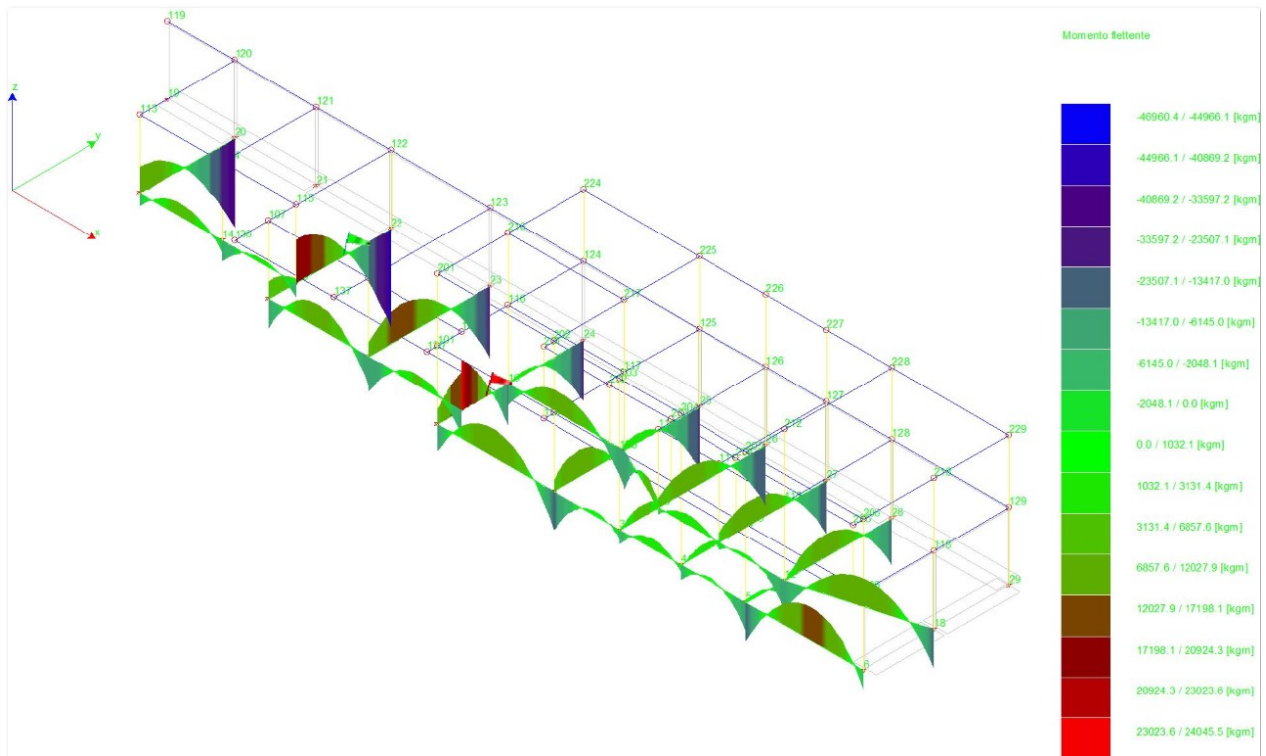
- [1. Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata](#)
- [2. Frequenze naturali di vibrazione di una trave a mensola](#)
- [3. Frequenza naturale di vibrazione di un oscillatore semplice](#)
- [4. Trave piana con estremi incastrati](#)
- [5. Sistema piano di aste sospese](#)

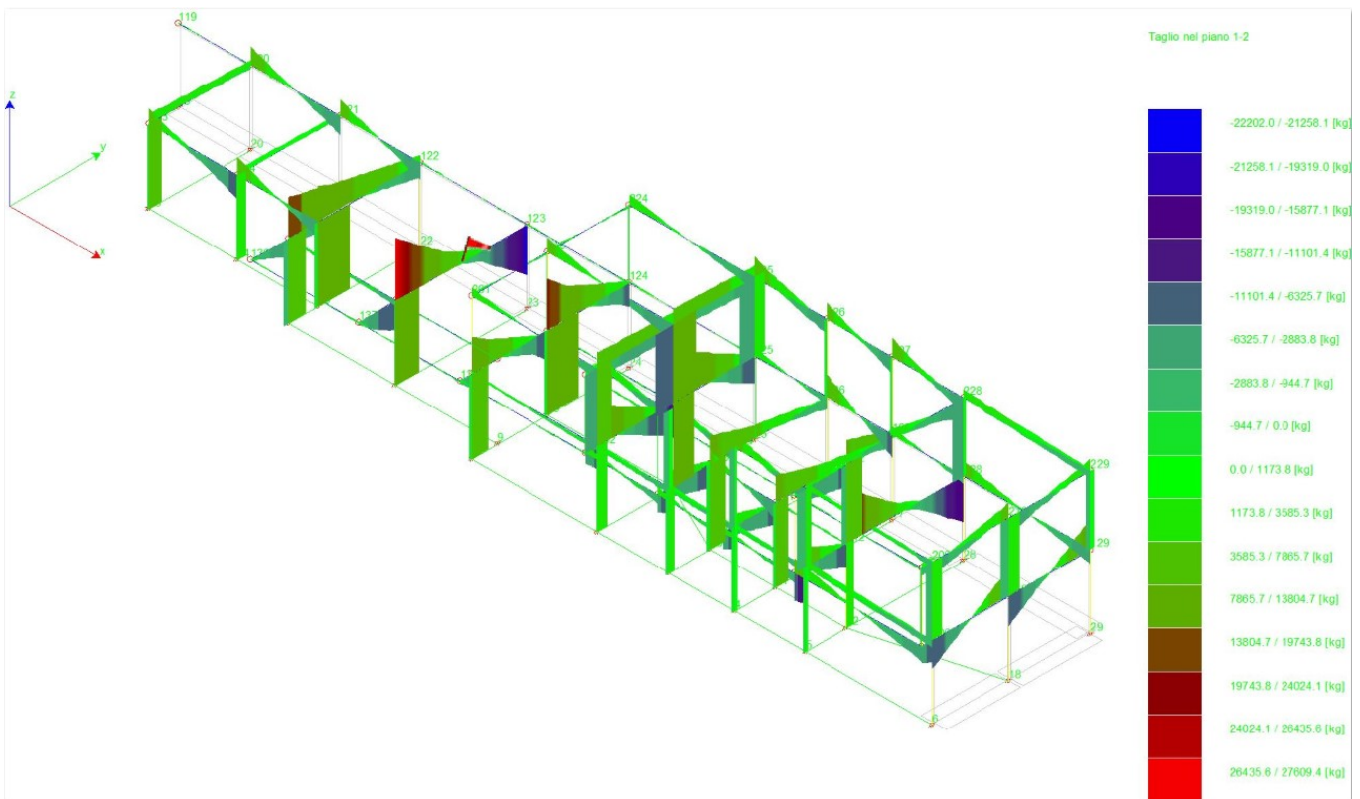
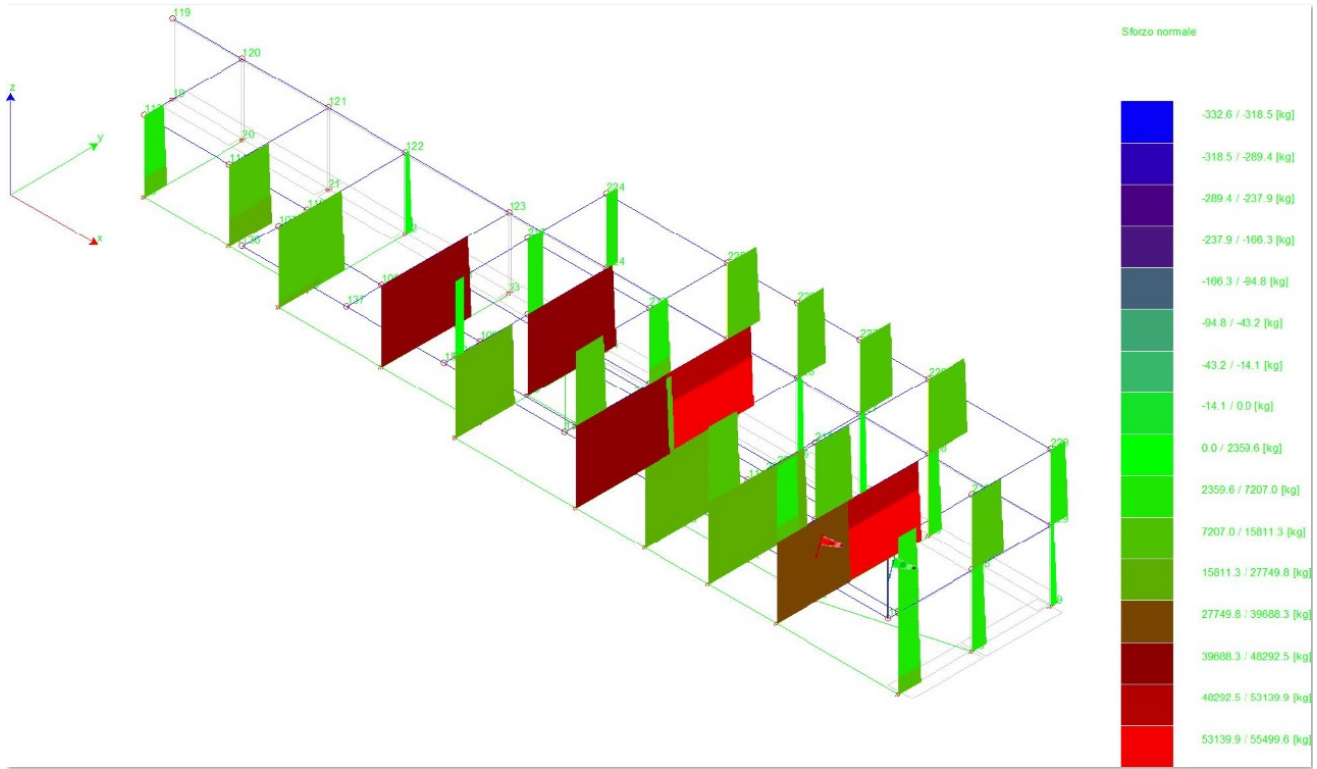
6. [Stato tensionale di una trave inflessa](#)
7. [Stato tensionale di una trave inflessa](#)
8. [Sistema piano di aste sospese](#)
9. [Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato](#)
10. [Telaio piano](#)
11. [Trave reticolare piana](#)
12. [Controllo dell'analisi condotta considerando il comportamento monolatero degli elementi biella - trave](#)
13. [Aste piane e carico termico](#)
14. [Flessione in una piastra circolare](#)
15. [Diaframma spessore 40 cm, altezza 10 m di cui 3 m a sbalzo](#)
16. [Pannello in muratura ordinaria: controllo verifiche statiche e sismiche](#)
17. [Portale in legno: controllo verifiche trasverso inflesso](#)
18. [Stabilità asta compressa: calcolo carico critico \(buckling\)](#)

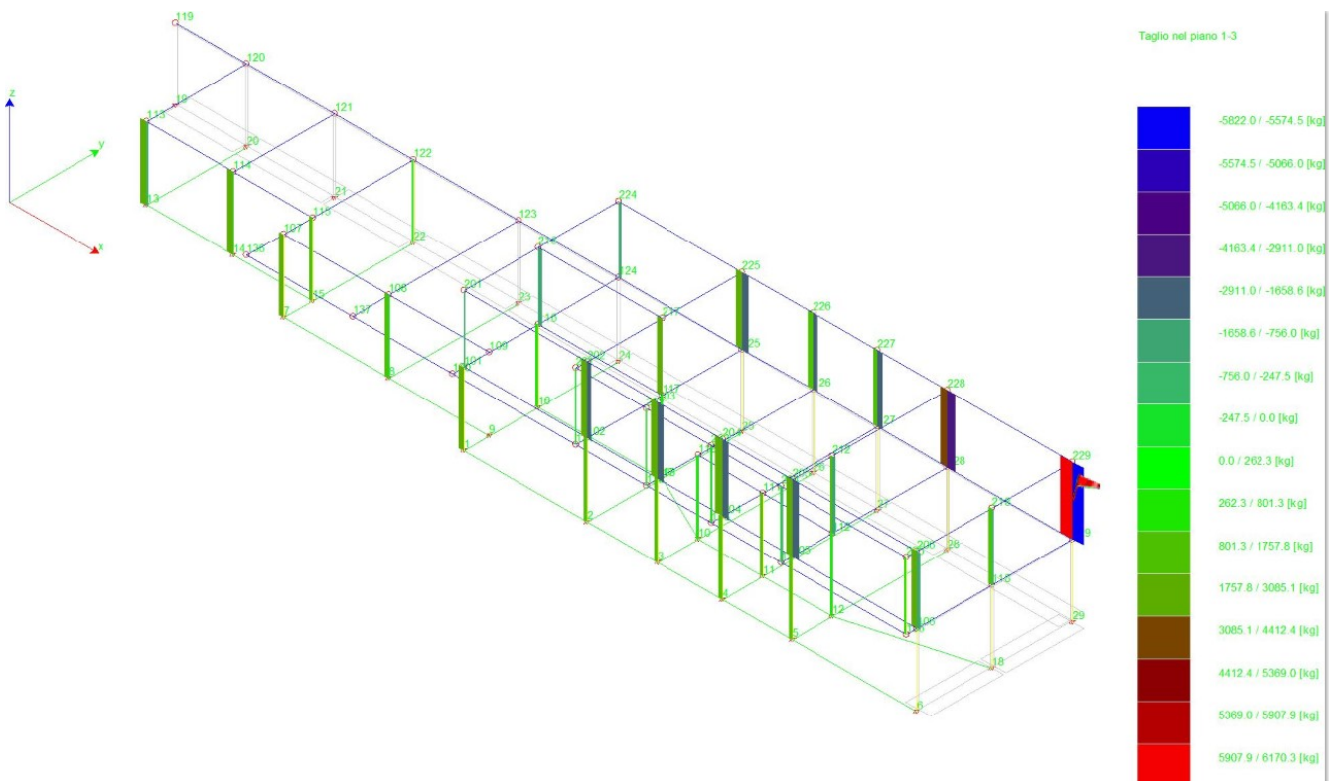
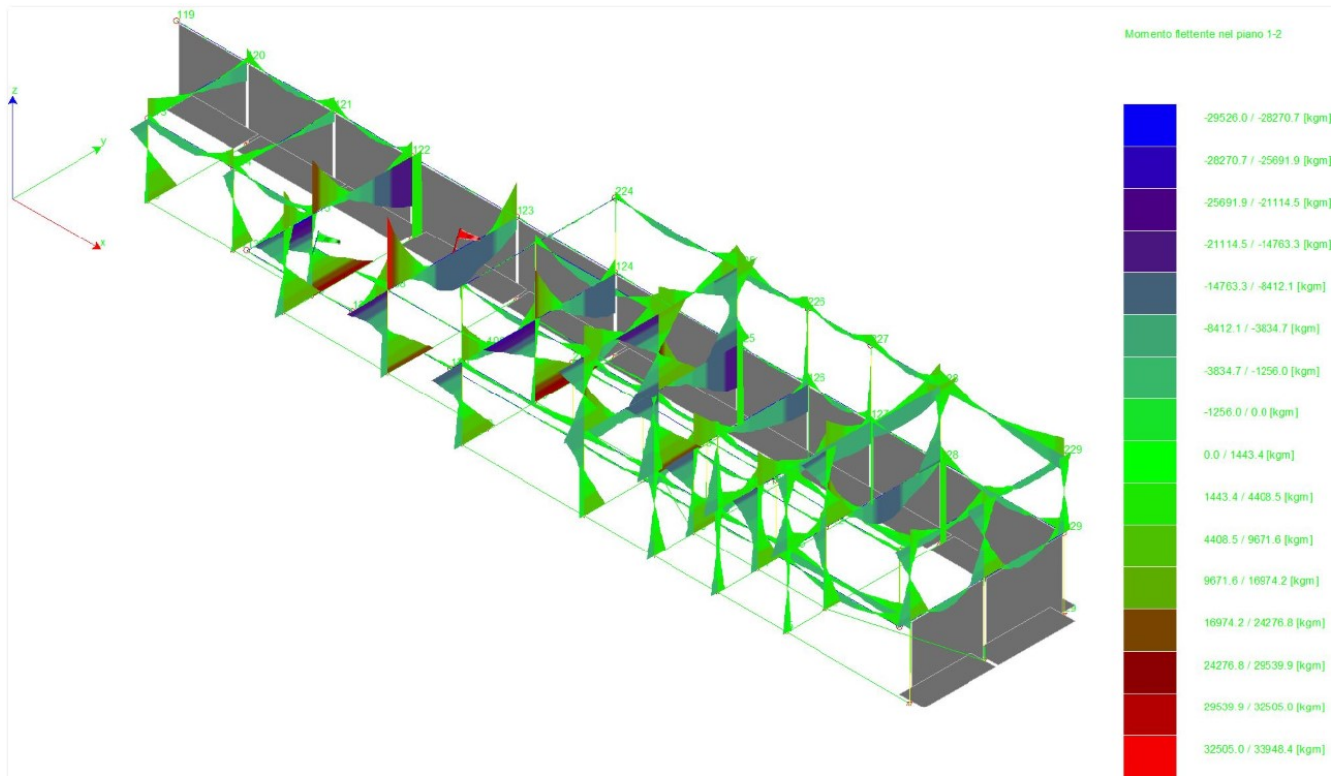
Il sottoscritto ha nel tempo (22 anni di professione) più volte verificato l'attendibilità del software, in primis verificando i risultati su strutture tipo con risultati noti e poi eseguendo dei calcoli a mano su semplici strutture (sia isostatiche che iperstatiche) e confrontando i risultati, ottenendo valori praticamente analoghi.

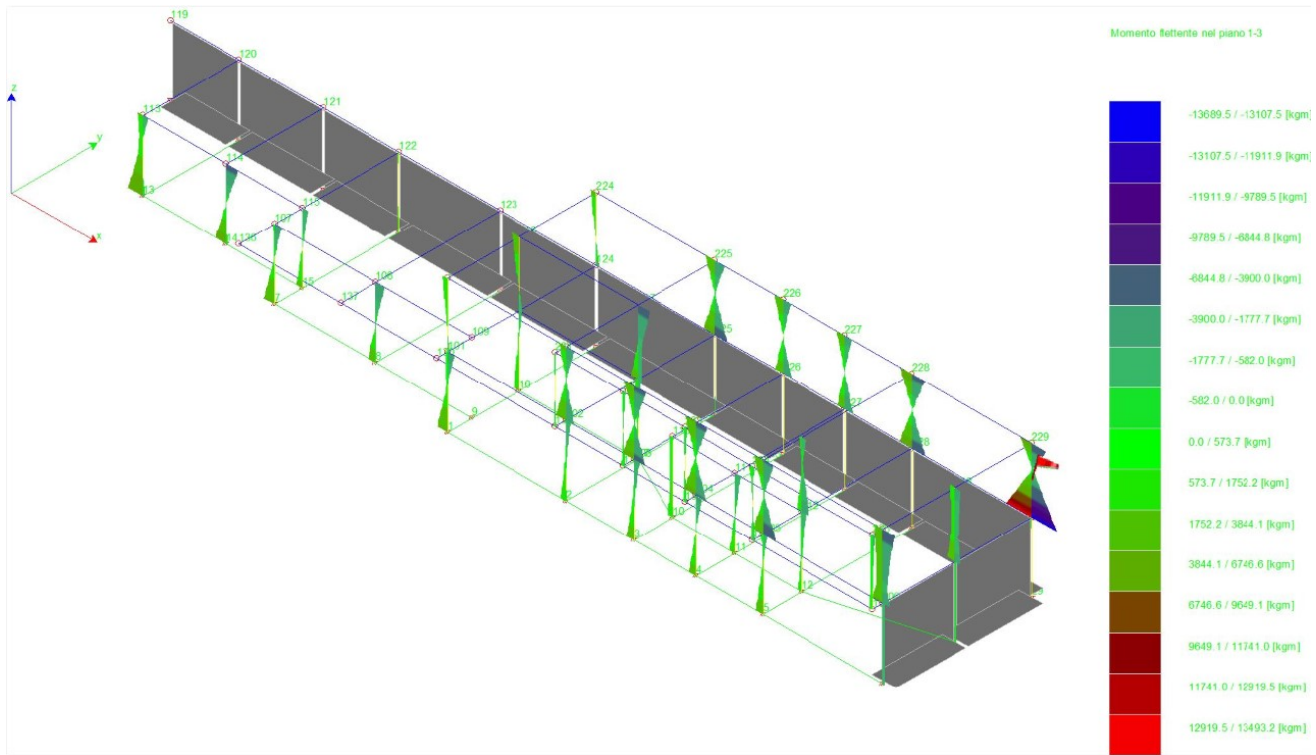
PRINCIPALI RISULTATI











PRINCIPALI VERIFICHE

Sezioni Impiegate:

SOLETTA SCALA (Trave100x15H)

Sezione	Inf	Dim	Criterio	Rb	f_{cd}	σ_{ur}	σ_{mR}	σ_{mF}	σ_{mQ}	Rb	σ_{Ap}	σ_{dx}	f_{cd}	σ_{ur}	σ_{mR}	σ_{mF}	σ_{mQ}	Acciaio	f_{yd}	σ_{mR}	σ_{mF}	σ_{mQ}	Coferro	Coferro
Numero		ni			[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]
1	Rett.	B100	Vert	300	132.3	2.8	124.5	99.6	99.6	FeB44k	373	430	430	430	430	430	430	2.50	2.50	0	0	0	0	0
		[cm]	rav																					
		H15																						
		[cm]																						

EC2. 4.3.2.4.4. Verifica a taglio con il metodo dell'inclinazione variabile del traliccio. $\cotg \theta = 1.00$

Fattore di sovraresistenza Travi $\gamma_{R,d}=1.00$

Fattore di sovraresistenza Fondazioni $\gamma_{R,d}=1.10$

- Verifiche Travate :

- Travata: 101 Travata 101 102

Nodo	x	A_{fe}	A_{fi}	q_T	M_{rif}	M_{de}	M_{re}	x/d	M_{di}	M_{ri}	x/d	σ_{abe}	σ_{abi}	σ_{afe}	σ_{afi}
	[m]	[cm ²]	[cm ²]	[kg/m]	[kgm]	[kgm]	[kgm]		[kgm]	[kgm]		[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]	[kg/c]

Trave Sez. 1 Rett. 100x15 [cm] Afi & t Afe/2

101	0.096	3.46	3.93				644	1715	0.23	0		-1837	0.23		
Camp.	2.809	3.93	3.93	373	724	0		1857	0.24	-723		-1857	0.24		
102	5.521	3.39	3.83				996	1684	0.23	0		-1798	0.23		

Da	A	Dx	VSd	Vrd _c	VRd _{max}	Vrd _s	Staffe
[m]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	

Trave 101 102 Sez. 1 Rett. 100x15 [cm] max ammesso

0.096	0.346	0.250	944	5483	35701	44005	
0.346	5.271	4.925	988	5483	35701	23469	
5.271	5.521	0.250	1081	5483	35701	44005	

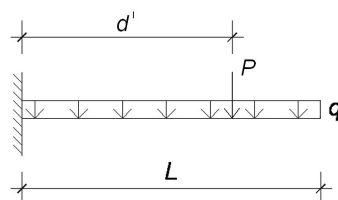
Calcolo Sbalzi

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

base	b= 110	cm
altezza	h= 15	cm
copriferro	c= 3	cm
altezza utile	d= 12	cm
lunghezza di calcolo	L= 120	cm

ANALISI DEI CARICHI

Peso proprio	Pp= 412,5	Kg/m
Carico permanente distribuito	q _{perm} = 150	Kg/m ²
Carico permanente lineare	q _{perm} = 165	Kg/m
Totale Permanenti	G= 577,5	Kg/m
Carico concentrato	P= 100	Kg
distanza del carico	d'= 1,2	m
Sovraccarico accidentale	Q= 400	Kg/m



SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI STATICHE SLU

$$q = 1.4 \times G + 1.5 \times Q = 1408,5 \text{ Kg/m}$$

$$p = 1.4 \times P = 140 \text{ Kg}$$

$$M_{stat} = q \times L^2 / 2 + p \times d' = 1182 \text{ Kgm}$$

$$T_{stat} = q \times L + p = 1830 \text{ Kg}$$

SPETTRO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE VERTICALE DELL'AZIONE SISMICA

Dati zona sismica

ag	= 0,24	g
S	= 1	
q	= 1,5	
$S_{vd} = 0.9 \times a_g \times S \times 3/q$	= 0,432	
ψ_{2i}	= 0,3	

Massa sismica carichi distribuiti

$$W_q = (G + \psi_{2i} \times Q) \times b \times L = 921 \text{ Kg}$$

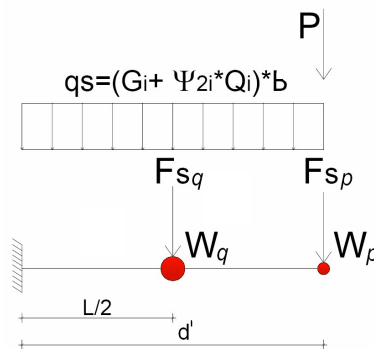
Massa sismica carichi concentrati

$$W_p = P = 100 \text{ Kg}$$

Forze ststiche equivalenti

$$F_{sq} = S \times W_q / g = 398 \text{ Kg}$$

$$F_{sp} = S \times W_p / g = 43 \text{ Kg}$$



SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE

$$q_s = (G + \psi_{2i} \times Q) \times b = 767,25 \text{ Kg/m}$$

$$M_{sism}^+ = q_s \times L^2 / 2 + p \times d' + F_q \times L / 2 + F_p \times L = 963 \text{ Kgm}$$

$$M_{sism}^- = q_s \times L^2 / 2 + p \times d' - F_q \times L / 2 - F_p \times L = 382 \text{ Kgm}$$

$$T_{sism}^+ = q_s \times L + P + F_q + F_p = 1462 \text{ Kg}$$

$$T_{sism}^- = q_s \times L + P - F_q - F_p = 580 \text{ Kg}$$

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CLS

Rck	=	300	Kg/cmq
fck =	=	249	Kg/cmq
f'cd = fck/γm	=	155,63	Kg/cmq
fcd = 0,85f'cd	=	132,28	Kg/cmq
fctm = 0,27*(Rck) ^{2/3}	=	26,07	Kg/cmq
fctd = 0,7*fctm/γm	=	11,40	Kg/cmq
fctk,05 =	=	17,91	Kg/cmq
τ _{rd} = 0,25*fctd	=	2,85	Kg/cmq
Ec	=	314472	Kg/cmq

ACCIAIO FeB44K

ftk	=	5400	Kg/cmq
fyk	=	4300	Kg/cmq
fsd	=	3739	Kg/cmq
Es	=	2000000	Kg/cmq

VERIFICHE SLU

Mmax	=	1182	Kgm
numero barre zona tesa	=	3	
∅ medio zona tesa	=	1,60	cm
numero barre zona compressa	=	3	
∅ medio zona compressa	=	1,60	cm

VERIFICA A TAGLIO

$\rho_s = A_s / bd < 0.02$	=	0,005	
A _s	=	6,0288	cm ²
$k = 1.6 - d > 1$	=	1,48	
$V_{rd1} = 0.25 \times b \times d \times f_{ctd} \times k \times (1 + 50 \rho_s) =$	6842	> T _{max}	1830 verificato

SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO - RARE

$q_r = 1.0 \times G + 1.0 \times Q$	=	977,5	Kg/m
$p_r = 1.0 \times P$	=	100	Kg
$M_r = q_r \times L^2 / 2 + p_r \times d'$	=	824	Kgm
$T_r = q_r \times L + P_r$	=	1273	Kg
numero barre zona tesa	=	3	
∅ medio zona tesa	=	1,60	cm
numero barre zona compressa	=	3	
∅ medio zona compressa	=	1,60	cm

VARIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Determinazione della tensione acciaio sezione fessurata:

Fattore parziale di sicurezza cls	=	0,573	
Fattore parziale di sicurezza acciaio	=	0,8	
b	=	110	cm
d	=	12	cm

c	= 3,00	cm
n	= 15	
M _A	= 823,80	KNm
A _s	= 6,03	cm ²
A's	= 6,03	cm ²
A _{st}	= 12,06	cm ²
δ	= 7,50	cm

$$y = \frac{n \cdot (A_s + A_s')}{b} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A_s' \cdot c')}{n \cdot (A_s + A_s')^2}} \right] = 3,59 \quad \text{cm}$$

$$J = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s' \cdot (x - c')^2 + n \cdot A_s \cdot (d - x)^2 = 8124 \quad \text{cm}^4$$

$\sigma_c = M / J \times y$	= 36,37	<	142,68	Kg/cm ²	verificato
$\sigma_s = n \times (M / J \times y) \times (d - y)$	= 1279,63	<	3440	Kg/cm ²	verificato

VERIFICA A DEFORMABILITA'

freccia istantanea f _{ist}	= 0,122	< f _{lim} =	0,240	cm	verificato
-------------------------------------	---------	----------------------	-------	----	------------

SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO - FREQUENTI

$q_{fr} = 1.0 \times G + 0.5 \times Q$	= 777,5	Kg/m
$p_{fr} = 1.0 \times P$	= 100	Kg

$M_{fr} = q_{fr} \times L^2 / 2 + p_{fr} \times d'$	= 680	Kgm
$T_{fr} = q_{fr} \times L + P_{fr}$	= 1033	Kg

numero barre zona tesa	= 3	
∅ medio zona tesa	= 1,60	cm
numero barre zona compressa	= 3	
∅ medio zona compressa	= 1,60	cm

VARIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Determinazione della tensione acciaio sezione fessurata:

Fattore parziale di sicurezza cls	= 0,446	
Fattore parziale di sicurezza acciaio	= 0,8	
b	= 110	cm
d	= 12	cm
c	= 3,00	cm
n	= 15	
M _A	= 679,80	KNm
A _s	= 6,03	cm ²
A's	= 6,03	cm ²
A _{st}	= 12,06	cm ²
δ	= 7,50	cm

$$y = \frac{n \cdot (A_s + A_s')}{b} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A_s' \cdot c')}{n \cdot (A_s + A_s')^2}} \right] = 3,59 \quad \text{cm}$$

$$J = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s' \cdot (x - c')^2 + n \cdot A_s \cdot (d - x)^2 = 8124 \quad \text{cm}^4$$

$$\sigma_c = M / J \times y = 30,02 < 111,05 \quad \text{Kg/cm}^2 \quad \text{verificato}$$

$$\sigma_s = n \times (M / J \times y) \times (d - y) = 1055,95 < 3440 \quad \text{Kg/cm}^2 \quad \text{verificato}$$

VERIFICA A FESSURAZIONE

$$c' = 2,20 \quad \text{cm}$$

$$\text{deff1} = 14,2 \quad \text{cm}$$

$$\text{deff2} = 5,71 \quad \text{cm}$$

$$\text{deff} = 5,7 \quad \text{cm}$$

$$\text{resistenza a trazione cls} = 1,2 \times f_{ctm} = 31,28 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$g \text{ posizione baricentro} = 7,50 \quad \text{cm}$$

$$J \text{ stato non fessurato} = 34600 \quad \text{cm}^4$$

$$= h \cdot b \cdot \left[\frac{h^2}{12} + \left(y_c - \frac{h}{2} \right)^2 \right] + n \cdot A_s \cdot (y_c' - c)^2 + n \cdot A_s' \cdot (y_c - c')^2$$

$$W \text{ stato non fessurato} = 4613 \quad \text{cm}^3$$

$$M_{fess} = W \times 1.2 f_{ctm} = 1443 \quad \text{Kgm}$$

$$\sigma_{cr} = M / J \times y = 63,72 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{sr} = n \times (M / J \times y) \times (d - y) = 2242 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] < 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$= 0,032\%$$

$$\text{distanza fra le barre } s = 25 \quad \text{cm}$$

$$\text{distanza fra le barre di calcolo} = 22,4 \quad \text{cm}$$

$$k_2 = 0,4$$

$$k_3 = 0,125$$

$$A_{c,eff} = b \cdot \min \left\{ c + 7,5 \cdot \phi; \frac{h \cdot x}{2} \right\} = 628 \quad \text{cm}^2$$

$$\rho_r = 0,010$$

$$s_{rm} = 17,21 \quad \text{cm}$$

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta s_m$$

$$w_k = w_d = 1,7 w_m = 0,000 < w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{verificato}$$

wk = 0 quando Mfess > MA

Tabella 5.1-X

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

$$W_1 = 0.2 \quad \text{mm}$$

$$W_2=0.3 \quad \text{mm}$$

$$W_3=0.4 \quad \text{mm}$$

SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO - QUASI PERMANENTE

$$q_{QP} = 1.0 \times G + 0.3 \times Q = 697,5 \quad \text{Kg/m}$$

$$p_{QP} = 1.0 \times P = 100 \quad \text{Kg}$$

$$M_{QP} = q_{QP} \times L^2/2 + p_{QP} \times d' = 622 \quad \text{Kgm}$$

$$T_{QP} = q_{QP} \times L + P_{qp} = 937 \quad \text{Kg}$$

numero barre zona tesa = 3

∅ medio zona tesa = 1,60 cm

numero barre zona compressa = 3

∅ medio zona compressa = 1,60 cm

VARIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Fattore parziale di sicurezza cls = 0,446

Fattore parziale di sicurezza acciaio = 0,8

b = 110 cm

d = 12 cm

c = 3,00 cm

n = 15

M_A = 622,20 KNm

A_s = 6,03 cm²

A'_s = 6,03 cm²

A_{st} = 12,06 cm²

δ = 7,50 cm

$$y = \frac{n \cdot (A_s + A_s')}{b} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A_s' \cdot c')}{n \cdot (A_s + A_s')^2}} \right] = 3,59 \quad \text{cm}$$

$$J = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s' \cdot (x - c')^2 + n \cdot A_s \cdot (d - x)^2 = 8124 \quad \text{cm}^4$$

$\sigma_c = M / J \times y = 27,47 < 111,05 \text{ Kg/cm}^2$ **verificato**

$\sigma_s = n \times (M / J \times y) \times (d - y) = 966,48 < 3440 \text{ Kg/cm}^2$ **verificato**

VERIFICA A FESSURAZIONE

c' = 2,20 cm

deff1 = 14,2 cm

deff2 = 5,71 cm

deff = 5,71 cm

resistenza a trazione cls = 1,2 x f_{ctm} = 31,28 Kg/cm²

g posizione baricentro = 7,50 cm

J stato non fessurato = 34600 cm⁴

$$= h \cdot b \cdot \left[\frac{h^2}{12} + \left(y_c - \frac{h}{2} \right)^2 \right] + n \cdot A_s \cdot (y_c' - c)^2 + n \cdot A_s' \cdot (y_c - c')^2$$

W stato non fessurato = 4613 cm³

M_{fess} = W x 1.2 f_{ctm} = 1443 Kgm

$$\sigma_{cr} = M / J \times y = 63,72 \text{ Kg/cmq}$$

$$\sigma_{sr} = n \times (M / J \times y) \times (d - y) = 2242 \text{ Kg/cmq}$$

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] = 0,029\% < 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\text{distanza fra le barre } s = 25 \text{ cm}$$

$$\text{distanza fra le barre di calcolo} = 22,4 \text{ cm}$$

$$k_2 = 0,4$$

$$k_3 = 0,125$$

$$A_{c,eff} = b \cdot \min \left\{ c + 7,5 \cdot \phi; \frac{h \cdot x}{2} \right\} = 628 \text{ cm}^2$$

$$\rho_r = 0,010$$

$$s_{rm} = 17,21 \text{ cm}$$

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta s_m$$

$$w_k = 0,000 < w_{lim} = 0,2 \text{ mm} \quad \text{verificato}$$

$w_k = 0$ quando $M_{fess} > M_A$

Tabella 5.1-X

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$$W_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$W_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$W_3 = 0.4 \text{ mm}$$

VERIFICA A DEFORMABILITA' t = inf

$$\text{modulo di Young } t = \text{inf} = 104824$$

$$\text{freccia a tempo infinito } f_{inf} = 0,280 < f_{lim} = 0,48 \text{ cm} \quad \text{verificato}$$

Verifica IPE 200

RESISTENZA E STABILITA' DELLE MEMBRATURE

Materiali utilizzati

S 275

Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	275	[N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	430	[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

IPE 200

Altezza della sezione trasversale	h	200	[mm]
Larghezza della sezione trasversale	b_f	100	[mm]
Spessore dell'anima	t_w	5,6	[mm]
Spessore dell'ala	t_f	8,5	[mm]
Raggio di raccordo	r	12	[mm]
Area della sezione trasversale	A	2850	[mm ²]
Altezza della sezione trasversale al netto delle ali	h_w	183	[mm]
Altezza del pannello d'anima	c_w	159	[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	1,943E+07	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	1,943E+05	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	2,206E+05	[mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{V,z}$	1400	[mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	82,6	[mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	1,424E+06	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	2,847E+04	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	4,461E+04	[mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{V,y}$	1825	[mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	22,4	[mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	6,980E+04	[mm ⁴]
Costante di Warping	I_w	1,299E+10	[mm ⁶]

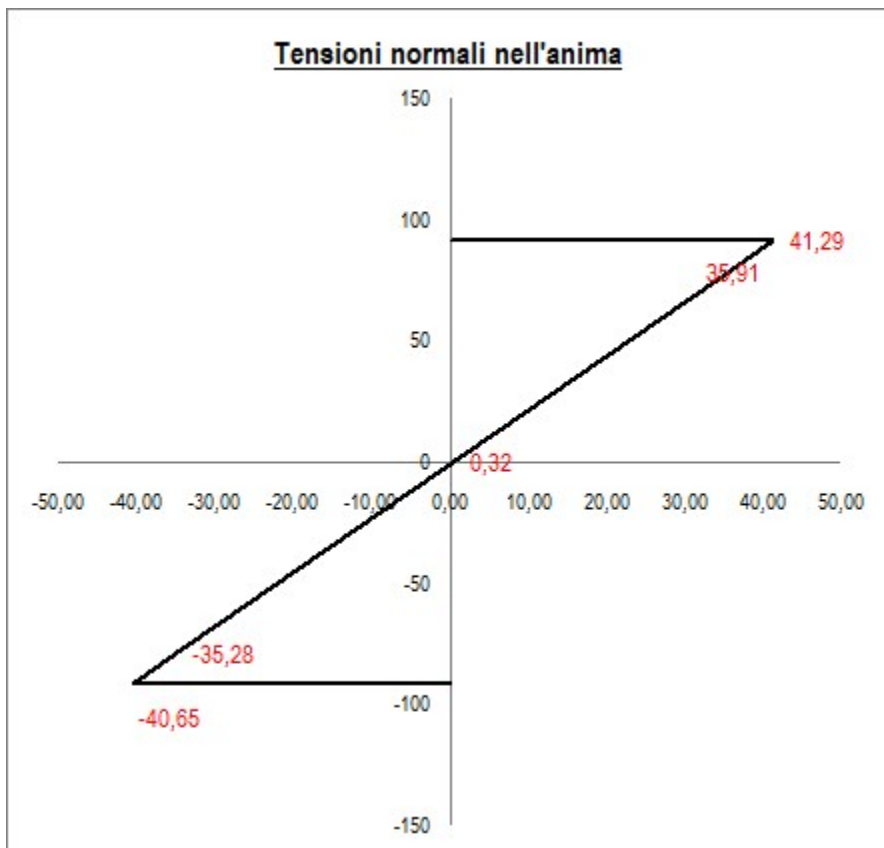
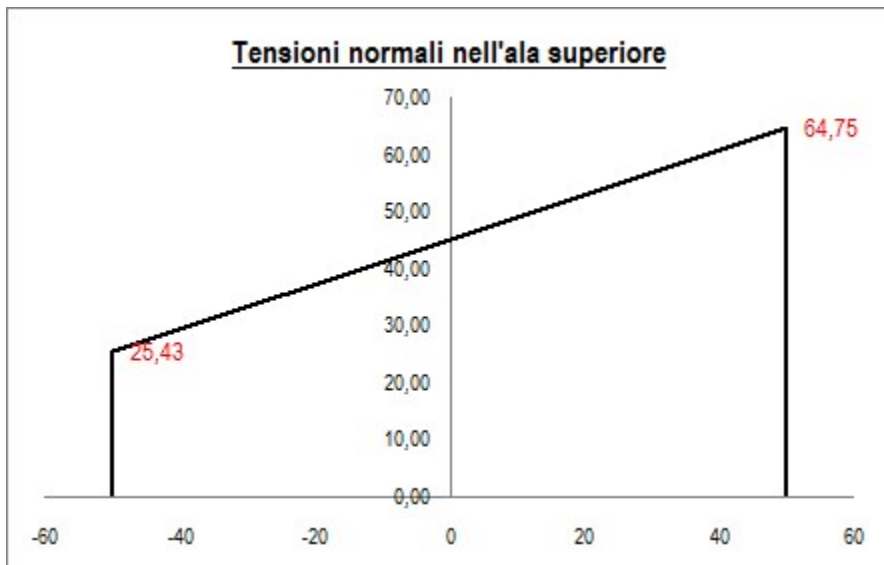
Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	0,90	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	7,50	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	0,20	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	8,70	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	0,56	[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

σ_A	64,75	[N/mm ²]
σ_B	45,09	[N/mm ²]
σ_C	25,43	[N/mm ²]
σ_D	60,95	[N/mm ²]
σ_E	21,62	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{A,eff}$	64,75	[N/mm ²]
$\sigma_{B,eff}$	45,09	[N/mm ²]
$\sigma_{C,eff}$	25,43	[N/mm ²]
$\sigma_{D,eff}$	60,95	[N/mm ²]
$\sigma_{E,eff}$	21,62	[N/mm ²]

Tensioni elastiche per CL < 4

σ_F	41,29	[N/mm ²]
$\sigma'_{F'}$	35,91	[N/mm ²]
σ_G	0,32	[N/mm ²]
$\sigma'_{H'}$	-35,28	[N/mm ²]
σ_H	-40,65	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL =

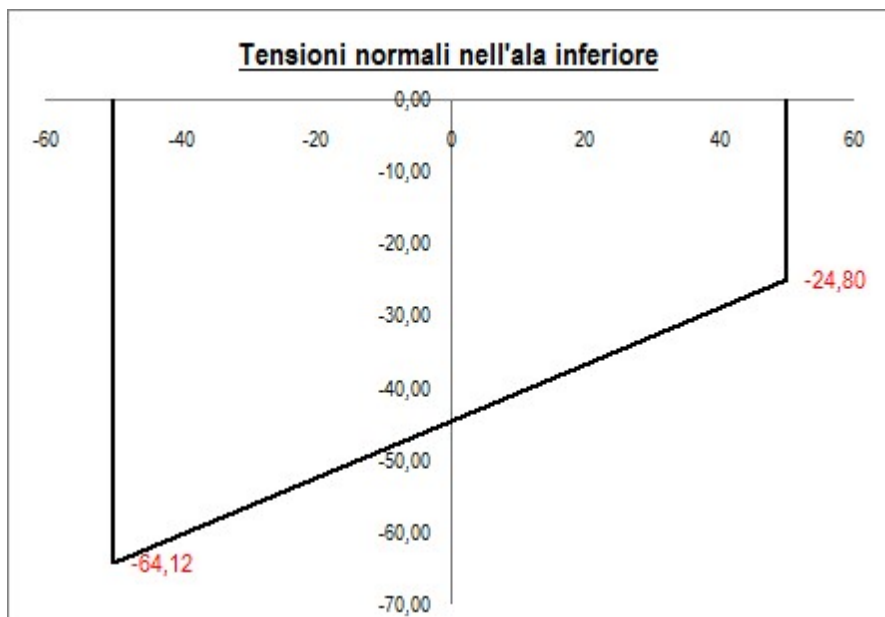
	4	
$\sigma_{F,eff}$	41,29	[N/mm ²]
$\sigma'_{F,eff}$	35,91	[N/mm ²]
$\sigma_{G,eff}$	0,32	[N/mm ²]
$\sigma'_{H,eff}$	-35,28	[N/mm ²]
$\sigma_{H,eff}$	-40,65	[N/mm ²]

Tensioni elastiche per CL < 4

σ_I	-20,99	[N/mm ²]
σ_L	-60,32	[N/mm ²]
σ_M	-24,80	[N/mm ²]
σ_N	-44,46	[N/mm ²]
σ_O	-64,12	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL =

	4	
$\sigma_{I,eff}$	-20,99	[N/mm ²]
$\sigma_{L,eff}$	-60,32	[N/mm ²]
$\sigma_{M,eff}$	-24,80	[N/mm ²]
$\sigma_{N,eff}$	-44,46	[N/mm ²]
$\sigma_{O,eff}$	-64,12	[N/mm ²]



Classificazione della sezione nel caso di pura compressione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio

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

Larghezza del pannello d'ala

Spessore del pannello d'ala

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

Classificazione del pannello d'anima

Classificazione del pannello d'ala

Classificazione della sezione per compressione pura

Classificazione della sezione nel caso di pura flessione

Classificazione del pannello d'anima

ϵ	0,924	[-]
ρ_{web}	28,39	[-]
c_f	35,20	[mm]
t_f	8,50	[mm]
ρ_{flange}	4,14	[-]
$CL_{N,web}$	1	
$CL_{N,flange}$	1	
CL_N	1	
$CL_{My,web}$	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

Classificazione del pannello d'anima nel caso di presso/tenso flessione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio	ε	0,924 [-]
Altezza del pannello d'anima	C_w	159,00 [mm]
Spessore del pannello d'anima	t_w	5,60 [mm]
Tensione normale al lembo superiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,1}$	35,91 $\frac{[N/mm^2]}{}$
Tensione normale al lembo inferiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,2}$	-35,28 $\frac{[N/mm^2]}{}$
Rapporto tra le tensioni presenti nel pannello d'anima	ψ_{web}	-0,982 [-]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore	ρ_{web}	28,39 [-]
Limite del rapporto che divide la classe 3 dalla classe 4	$\rho_{web_34_A}$	112,28 [-]
	$\rho_{web_34_B}$	0,00 [-]
	ρ_{web_34}	112,28 [-]

Classificazione dell'anima soggetta a presso/tenso flessione	$CL_{NM,web}$	< 4
--	---------------	-----

Dimensioni efficaci del pannello d'anima

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}	23,43 [-]
	k_{σ,web_E}	0,00 [-]
	k_{σ,web_F}	0,00 [-]
	$k_{\sigma,web}$	23,43 [-]
Snellezza adimensionale del pannello d'anima	$\lambda_{p,web}$	0,223 [-]
Snellezza adimensionale limite del pannello d'anima	$\lambda_{p,web,lim}$	0,873 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	$\rho_{p,web}$	1,000 [-]
Altezza efficace del pannello d'anima	$C_{w,eff}$	159,00 [mm]
Dimensioni efficaci del pannello d'anima	C_{w1}	63,60 [mm]
	C_{w2}	95,40 [mm]
Porzione dell'anima non efficace	S_w	0,00 [mm]
Baricentro della porzione non efficace	Z_{sw}	84,10 [mm]

Caratteristiche meccaniche efficaci della sezione trasversale

Area efficace della sezione trasversale	A_{eff}	2850,00 [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	$I_{eff,y}$	1,943E+07 [mm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse minore della sez. efficace	$I_{eff,z}$	1,424E+06 [mm ⁴]
Moduli di resistenza efficaci attorno all'asse maggiore	$W_{eff,y,1}$	1,943E+05 [mm ³]
	$W_{eff,y,2}$	1,943E+05 [mm ³]
	$W_{eff,y,min}$	1,943E+05 [mm ³]
Modulo di resistenza efficace attorno all'asse minore	$W_{eff,z}$	2,848E+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}	60,67 [kNm]
Angolo	θ_1	1,571 [rad]

Punto 2:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_2	1,069 [-]
Forza assiale	N_2	278,50 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_2	48,07 [kNm]
Angolo	θ_2	0,171 [rad]

Punto 3:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_3	1,219 [-]
Forza assiale	N_3	352,09 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_3	40,54 [kNm]
Angolo	θ_3	0,115 [rad]

Punto 4:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	ψ_4	2,113 [-]
Forza assiale	N_4	1220,08 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_4	-29,75 [kNm]
Angolo	θ_4	0,000 [rad]

Punto 5:

Snellezza adimensionale del pannello d'anima per compressione pura	λ_5	0,541 [-]
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	2850,00 [mm ²]
Forza assiale	N_5	783,75 [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

Forza assiale di progetto	N_{Ed}	0,90 [kN]
Momento flettente di progetto attorno all'asse maggiore	$M_{y,Ed}$	8,70 [kNm]
Momento flettente di progetto attorno all'asse minore	$M_{z,Ed}$	0,56 [kNm]
Angolo	θ_{Ed}	1,468 [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	$N_{t,Rd}$	746,43 [kN]
--------------------------------	------------	-------------

Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0,000 [-]
Resistenza a compressione pura		
Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	746,43 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0,001 [-]
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	$A_{vz,eff}$	1400,00 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima	$V_{pl,z,Rd}$	211,70 [kN]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vy,eff}$	1700,00 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali	$V_{pl,y,Rd}$	257,06 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,z,Rd}$	211,70 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,y,Rd}$	257,06 [kN]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela all'anima	ρ_{Vz}	0,035 [-]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela alle ali	ρ_{Vy}	0,001 [-]
Resistenza a flessione		
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse maggiore	W_y	2,21E+05 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore	$M_{cy,Rd}$	57,78 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	ρ_{My}	0,151 [-]
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse minore	W_z	4,46E+04 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	$M_{cz,Rd}$	11,68 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	ρ_{Mz}	0,048 [-]
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	$\rho_{Vz,red}$	0,00 [-]
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	$M_{Vy,Rd}$	57,78 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{My - Vz}$	0,151 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse minore	$M_{Vz,Rd}$	11,68 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Mz - Vy}$	0,048 [-]
Resistenza a flessione, forza assiale e taglio		
<i>Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2</i>		
Parametri limite che valutano l'intensità della forza assiale	$N_{lim,1}$	186,61 [kN]
	$N_{lim,2}$	134,20 [kN]
	$N_{lim,3}$	268,40 [kN]
	n	0,001 [-]
	a	0,404 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Ny,Rd}$	57,78 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{N - My - pl}$	0,151 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Nz,Rd}$	11,68 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{N - Mz - pl}$	0,048 [-]

Verifica di presso/tenso flessione biassiale (*metodo normale*)

Verifica di presso/tenso flessione biassiale (*metodo cautelativo*)

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

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

$\rho_{N-My-Mz-pl}$	0,071	[-]
$\rho_{N-My-Mz-pl}$	0,199	[-]

$\sigma_{x,Ed,fs}$	64,75	[N/mm ²]
--------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,fs}$	ver. plastica	[-]
--------------------	----------------------	-----

$\tau_{Vy,Ed}$	0,12	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\tau_{tf,Ed}$	0,00	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\rho_{\sigma+\tau,fs}$	ver. plastica	[-]
-------------------------	----------------------	-----

$\sigma_{x,Ed,fi}$	64,12	[N/mm ²]
--------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,fi}$	ver. plastica	[-]
--------------------	----------------------	-----

$\rho_{\sigma+\tau,fi}$	ver. plastica	[-]
-------------------------	----------------------	-----

$\sigma_{x,Ed,w}$	41,29	[N/mm ²]
-------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,w}$	ver. plastica	[-]
-------------------	----------------------	-----

$\tau_{Vz,Ed}$	5,61	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\tau_{tw,Ed}$	0,00	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\rho_{\sigma+\tau,w}$	ver. plastica	[-]
------------------------	----------------------	-----

$\sigma_{x,Ed,fs}$	64,75	[N/mm ²]
--------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,fs}$	ver. plastica	[-]
--------------------	----------------------	-----

$\tau_{Vy,Ed}$	0,12	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\tau_{tf,Ed}$	0,00	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\rho_{\sigma+\tau,fs}$	ver. plastica	[-]
-------------------------	----------------------	-----

$\sigma_{x,Ed,fi}$	64,12	[N/mm ²]
--------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,fi}$	ver. plastica	[-]
--------------------	----------------------	-----

$\rho_{\sigma+\tau,fi}$	ver. plastica	[-]
-------------------------	----------------------	-----

$\sigma_{x,Ed,w}$	41,29	[N/mm ²]
-------------------	-------	----------------------

$\rho_{\sigma,w}$	ver. plastica	[-]
-------------------	----------------------	-----

$\tau_{Vz,Ed}$	5,61	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\tau_{tw,Ed}$	0,00	[N/mm ²]
----------------	------	----------------------

$\rho_{\sigma+\tau,w}$	ver.	[-]
------------------------	-------------	-----

Verifiche di stabilità flessionale, torsionale e flesso - torsionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	3,55	[m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	β_y	1,00	[-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	β_z	0,33	[-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$L_{cr,y}$	3550,00	[mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$L_{cr,z}$	1183,33	[mm]

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A o A_{eff}	2850	[mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse maggiore	$N_{cr,y}$	3195	[kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse minore	$N_{cr,z}$	2108	[kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse maggiore	$\lambda_{ad,y}$	0,4952	[-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse minore	$\lambda_{ad,z}$	0,6098	[-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	2,00	[-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	8,5	[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	0,6536	[-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_z	0,34	[-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse minore	ϕ_z	0,7556	[-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse maggiore	χ_y	0,9257	[-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse minore	χ_z	0,8321	[-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse maggiore	$N_{by,Rd}$	691,00	[kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse minore	$N_{bz,Rd}$	621,11	[kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	0,001	[-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità torsionale

Forza normale critica per instabilità torsionale	$N_{cr,T}$	3395	[kN]
Snellezza adimensionale per instabilità torsionale	$\lambda_{ad,T}$	0,4805	[-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_T	0,34	[-]
Coefficiente di instabilità	ϕ_T	0,6631	[-]
Coefficiente di riduzione di resistenza	χ_T	0,8928	[-]
Resistenza all'instabilità torsionale	$N_{bT,Rd}$	666,38	[kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità torsionale	$\rho_{buck, T}$	0,001	[-]

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

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)	$L_{cr,LT}$	3,30	[m]
Distanza tra il baricentro della sezione ed il punto di applicazione del carico	z_g	300,00	[mm]
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:

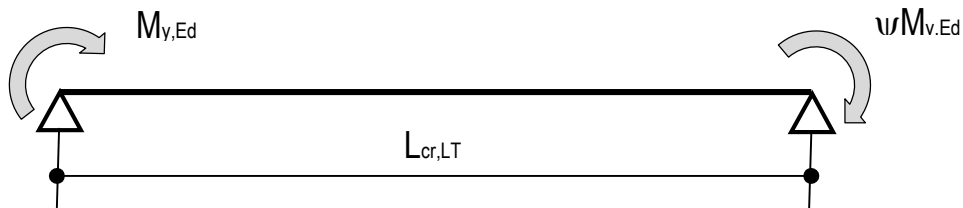
Membratura soggetta unicamente a momenti di estremità

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

$M_{y,Ed}$ 8,70 [kNm]

Rapporto tra i momenti di estremità

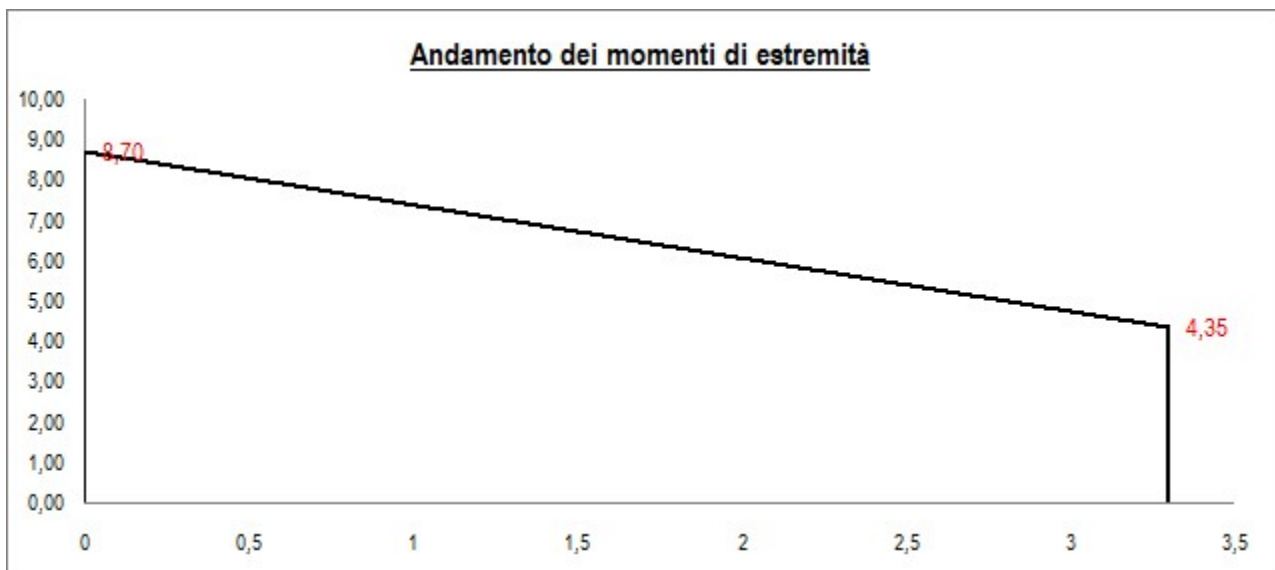
ψ 0,50

Momento di estremità avente valore minore

$\psi M_{y,Ed}$ 4,35 [kNm]

Coefficiente C_1

C_1 1,310 [-]



Membratura soggetta unicamente a carichi trasversali

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

$M_{cr,trad.}$ 61,42 [kNm]

Verifica di stabilità

Momento critico elastico utilizzato nella verifica di stabilità

M_{cr} 2470,00 [kNm]

Snellezza adimensionale per instabilità laterale	$\lambda_{ad,LT}$	0,1567 [-]
Parametri limite per sezioni laminate	$\lambda_{LT,0}$	0,40 [-]
	β_{LT}	0,75 [-]
Curva di instabilità per fenomeni di flesso - torsione	Curva _{LT}	b [-]
Coefficiente di imperfezione per fenomeni di flesso - torsione	α_{LT}	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità per fenomeni di flesso - torsione	ϕ_{LT}	0,4679 [-]
Coefficienti di correzione, funzione del diagramma del momento	k_c	0,858 [-]
	f_{mod}	0,988 [-]
Coefficiente di riduzione per fenomeni di flesso - torsione	χ_{LT}	1,0000 [-]
Coefficiente di riduzione modificato	$\chi_{LT,mod}$	1,0000 [-]
Modulo di resistenza da utilizzare nelle verifiche di flesso - torsione	W_y	2,206E+05 [mm ³]
Resistenza all'instabilità flesso - torsionale	$M_{by,Rd}$	57,78 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flesso - torsionale	$\rho_{buck, M}$	0,151 [-]

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

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 flesso - 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	$k_{zz,1-2}$	0,715 [-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zz,3-4}$	0,714 [-]
	k_{zz}	0,715 [-]
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	$k_{yz,3-4}$	0,715 [-]
	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	$\rho_{buck, N - M - M}$	0,142 [-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	0,186 [-]
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	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]
	$\rho_{buck, N - M - M}$	[-]

Verifica IPE 140

RESISTENZA E STABILITA' DELLE MEMBRATURE

Materiali utilizzati

		S 275	
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	275	[N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	430	[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

		IPE 140	
Altezza della sezione trasversale	h	140	[mm]
Larghezza della sezione trasversale	b_f	73	[mm]
Spessore dell'anima	t_w	4,7	[mm]
Spessore dell'ala	t_f	6,9	[mm]
Raggio di raccordo	r	7	[mm]
Area della sezione trasversale	A	1640	[mm ²]
Altezza della sezione trasversale al netto delle ali	h_w	126	[mm]
Altezza del pannello d'anima	c_w	112	[mm]
Diametro massimo consentito dei bulloni d'ala	$d_{bf,max}$	0	[mm]
Passo minimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,min}$	0	[mm]
Passo massimo trasversale tra i bulloni d'ala	$p_{b,max}$	0	[mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	5,412E+06	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	7,732E+04	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	8,834E+04	[mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{V,z}$	764	[mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	57,4	[mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	4,492E+05	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	1,231E+04	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	1,925E+04	[mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{V,y}$	1047	[mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	16,5	[mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	2,450E+04	[mm ⁴]
Costante di Warping	I_w	1,980E+09	[mm ⁶]

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

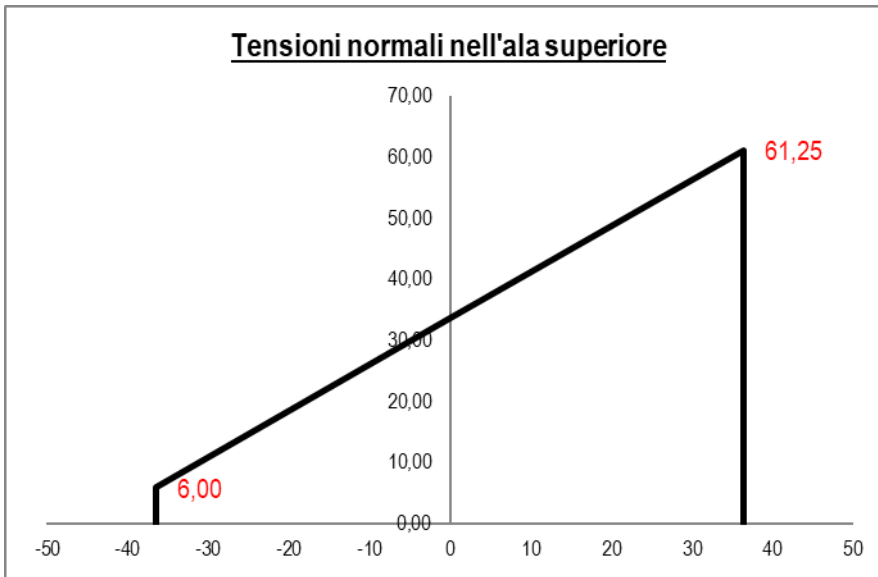
Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	0,21	[kN]
---	----------	------	------

Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	2,60	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	0,05	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	2,59	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	0,34	[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

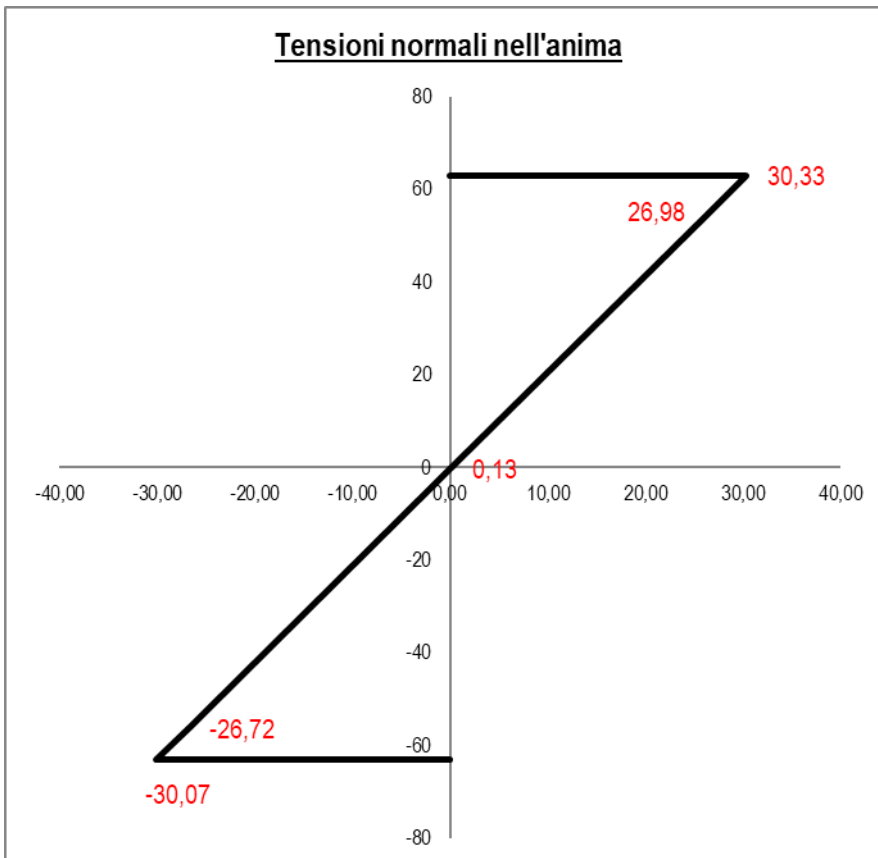


Tensioni elastiche per CL < 4

σ_A	61,25	[N/mm²]
σ_B	33,63	[N/mm²]
σ_C	6,00	[N/mm²]
σ_D	57,95	[N/mm²]
σ_E	2,70	[N/mm²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{A,eff}$	61,25	[N/mm²]
$\sigma_{B,eff}$	33,63	[N/mm²]
$\sigma_{C,eff}$	6,00	[N/mm²]
$\sigma_{D,eff}$	57,95	[N/mm²]
$\sigma_{E,eff}$	2,70	[N/mm²]



Tensioni elastiche per CL < 4

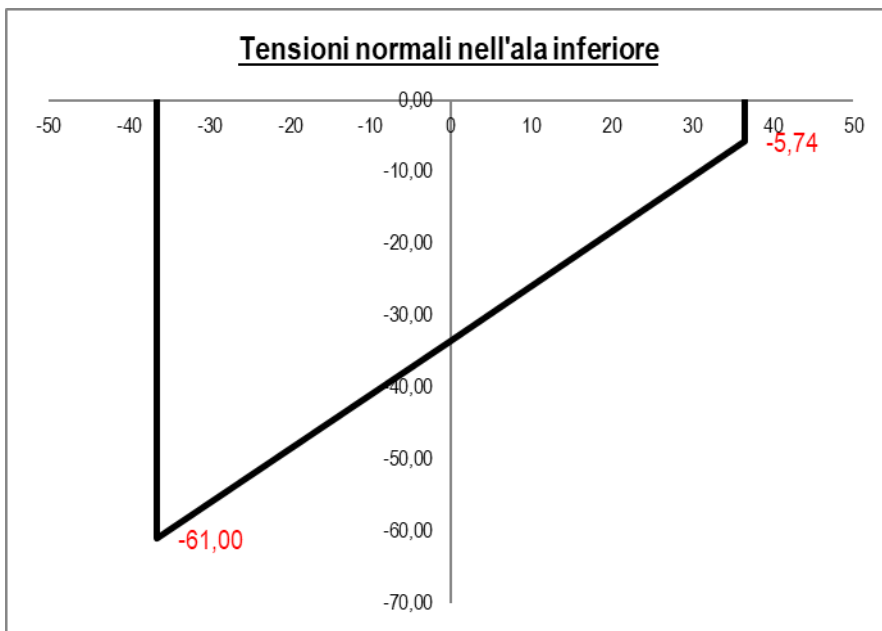
σ_F	30,33	[N/mm²]
$\sigma'_{F'}$	26,98	[N/mm²]
σ_G	0,13	[N/mm²]
$\sigma'_{H'}$	-26,72	[N/mm²]
σ_H	-30,07	[N/mm²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{F,eff}$	30,33	[N/mm²]
$\sigma'_{F',eff}$	26,98	[N/mm²]
$\sigma_{G,eff}$	0,13	[N/mm²]
$\sigma'_{H',eff}$	-26,72	[N/mm²]
$\sigma_{H,eff}$	-30,07	[N/mm²]

Tensioni elastiche per CL < 4

σ_I	-2,44	[N/mm²]
------------	-------	---------



σ_L	-57,70	[N/mm ²]
σ_M	-5,74	[N/mm ²]
σ_N	-33,37	[N/mm ²]
σ_O	-61,00	[N/mm ²]

Tensioni efficaci per CL = 4

$\sigma_{l,eff}$	-2,44	[N/mm ²]
$\sigma_{L,eff}$	-57,70	[N/mm ²]
$\sigma_{M,eff}$	-5,74	[N/mm ²]
$\sigma_{N,eff}$	-33,37	[N/mm ²]
$\sigma_{O,eff}$	-61,00	[N/mm ²]

Classificazione della sezione nel caso di pura compressione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio	ϵ	0,924 [-]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore	ρ_{web}	23,87 [-]
Larghezza del pannello d'ala	C_f	27,15 [mm]
Spessore del pannello d'ala	t_f	6,90 [mm]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'ala ed il suo spessore	ρ_{flange}	3,93 [-]
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

Classificazione della sezione nel caso di pura flessione

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

Classificazione del pannello d'anima nel caso di presso/tenso flessione

Coefficiente dipendente dal tipo di acciaio	ϵ	0,924 [-]
Altezza del pannello d'anima	C_w	112,20 [mm]
Spessore del pannello d'anima	t_w	4,70 [mm]
Tensione normale al lembo superiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,1}$	26,98 [N/mm ²]
Tensione normale al lembo inferiore del pannello d'anima	$\sigma_{web,2}$	-26,72 [N/mm ²]
Rapporto tra le tensioni presenti nel pannello d'anima	ψ_{web}	-0,991 [-]
Rapporto tra la dimensione del pannello d'anima ed il suo spessore	ρ_{web}	23,87 [-]
Limite del rapporto che divide la classe 3 dalla classe 4	$\rho_{web_34_A}$	113,15 [-]
	$\rho_{web_34_B}$	0,00 [-]
	ρ_{web_34}	113,15 [-]

Classificazione dell'anima soggetta a presso/tenso flessione	$CL_{NM,web}$	< 4
--	---------------------------------	---------------

Dimensioni efficaci del pannello d'anima

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}	23,64 [-]
	k_{σ,web_E}	0,00 [-]
	k_{σ,web_F}	0,00 [-]
	<hr/>	
	$k_{\sigma,web}$	23,64 [-]
Snellezza adimensionale del pannello d'anima	$\lambda_{p,web}$	0,187 [-]
Snellezza adimensionale limite del pannello d'anima	$\lambda_{p,web,lim}$	0,873 [-]
Fattore di riduzione di altezza del pannello d'anima	$\rho_{p,web}$	1,000 [-]
Altezza efficace del pannello d'anima	$C_{w,eff}$	112,20 [mm]
Dimensioni efficaci del pannello d'anima	C_{w1}	44,88 [mm]
	C_{w2}	67,32 [mm]
Porzione dell'anima non efficace	S_w	0,00 [mm]
Baricentro della porzione non efficace	Z_{sw}	58,78 [mm]

Caratteristiche meccaniche efficaci della sezione trasversale

Area efficace della sezione trasversale	A_{eff}	1640,00 [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	$I_{eff,y}$	5,412E+06 [mm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse minore della sez. efficace	$I_{eff,z}$	4,492E+05 [mm ⁴]
Moduli di resistenza efficaci attorno all'asse maggiore	$W_{eff,y,1}$	7,731E+04 [mm ³]
	$W_{eff,y,2}$	7,731E+04 [mm ³]
	$W_{eff,y,min}$	7,731E+04 [mm ³]
Modulo di resistenza efficace attorno all'asse minore	$W_{eff,z}$	1,231E+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}	24,29 [kNm]
Angolo	θ_1	1,571 [rad]

Punto 2:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_2	1,256 [-]
Forza assiale	N_2	219,41 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_2	14,98 [kNm]
Angolo	θ_2	0,068 [rad]

Punto 3:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	α_3	1,435 [-]
Forza assiale	N_3	271,25 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_3	10,06 [kNm]
Angolo	θ_3	0,037 [rad]

Punto 4:

Profondità adimensionale dell'asse neutro	ψ_4	2,898 [-]
---	----------	-----------

Forza assiale	N_4	879,03 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	M_4	-20,18 [kNm]
Angolo	θ_4	0,000 [rad]
<u>Punto 5:</u>		
Snellezza adimensionale del pannello d'anima per compressione pura	λ_5	0,455 [-]
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	1640,00 [mm ²]
Forza assiale	N_5	451,00 [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

Forza assiale di progetto	N_{Ed}	0,21 [kN]
Momento flettente di progetto attorno all'asse maggiore	$M_{y,Ed}$	2,59 [kNm]
Momento flettente di progetto attorno all'asse minore	$M_{z,Ed}$	0,34 [kNm]
Angolo	θ_{Ed}	1,490 [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	$N_{t,Rd}$	429,52 [kN]
Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0,000 [-]

Resistenza a compressione pura

Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	429,52 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0,000 [-]

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	$A_{vz,eff}$	764,00 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima	$V_{pl,z,Rd}$	115,53 [kN]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vy,eff}$	1007,40 [mm ²]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali	$V_{pl,y,Rd}$	152,33 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,z,Rd}$	115,53 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali, ridotta per T_{Ed}	$V_{pl,T,y,Rd}$	152,33 [kN]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela all'anima	ρ_{vz}	0,023 [-]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela alle ali	ρ_{vy}	0,000 [-]

Resistenza a flessione

Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse maggiore	W_y	8,83E+04 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore	$M_{cy,Rd}$	23,14 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	ρ_{My}	0,112 [-]
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse minore	W_z	1,93E+04 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	$M_{cz,Rd}$	5,04 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	ρ_{Mz}	0,067 [-]

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	$\rho_{Vz,red}$	0,00 [-]
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	$M_{Vy,Rd}$	23,14 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{My - Vz}$	0,112 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse minore	$M_{Vz,Rd}$	5,04 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Mz - Vy}$	0,067 [-]

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	$N_{lim,1}$	107,38 [kN]
	$N_{lim,2}$	77,67 [kN]
	$N_{lim,3}$	155,35 [kN]
	n	0,000 [-]
	a	0,386 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Ny,Rd}$	23,14 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{N - My - pl}$	0,112 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore ridotta per effetto di N_{Ed}	$M_{Nz,Rd}$	5,04 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{N - Mz - pl}$	0,067 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (<i>metodo normale</i>)	$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,080 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (<i>metodo cautelativo</i>)	$\rho_{N - My - Mz - pl}$	0,179 [-]

Calcolo elastico per sezioni in classe 3

Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	61,25 [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	$\tau_{Vy,Ed}$	0,05 [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	$\sigma_{x,Ed,fi}$	61,00 [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	$\sigma_{x,Ed,w}$	30,33 [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	$\tau_{Vz,Ed}$	3,43 [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 [-]

Calcolo elastico per sezioni in classe 4

Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	61,25 [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	$\tau_{Vy,Ed}$	0,05 [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	$\sigma_{x,Ed,fi}$	61,00 [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	$\sigma_{x,Ed,w}$	30,33 [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	$\tau_{Vz,Ed}$	3,43 [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	3,55 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	β_y	1,00 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	β_z	0,33 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$L_{cr,y}$	3550,00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$L_{cr,z}$	1183,33 [mm]

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A o A_{eff}	1640 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse maggiore	$N_{cr,y}$	890 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse minore	$N_{cr,z}$	665 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse maggiore	$\lambda_{ad,y}$	0,7118 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse minore	$\lambda_{ad,z}$	0,8236 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	1,92 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	6,9 [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	0,8071 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_z	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse minore	ϕ_z	0,9452 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse maggiore	χ_y	0,8421 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse minore	χ_z	0,7098 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse maggiore	$N_{by,Rd}$	361,71 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse minore	$N_{bz,Rd}$	304,87 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	0,001 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità torsionale

Forza normale critica per instabilità torsionale	$N_{cr,T}$	1376 [kN]
Snellezza adimensionale per instabilità torsionale	$\lambda_{ad,T}$	0,5724 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	α_T	0,34 [-]
Coefficiente di instabilità	ϕ_T	0,7271 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza	χ_T	0,8507 [-]

Resistenza all'instabilità torsionale $N_{bT,Rd}$ 365,38 [kN]

Verifica nei confronti dell'instabilità torsionale $\rho_{buck,T}$ 0,001 [-]

Resistenza nei confronti dell'instabilità laterale o svergolamento o flesso - 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)	$L_{cr,LT}$	3,30 [m]
Distanza tra il baricentro della sezione ed il punto di applicazione del carico	z_g	300,00 [mm]
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:

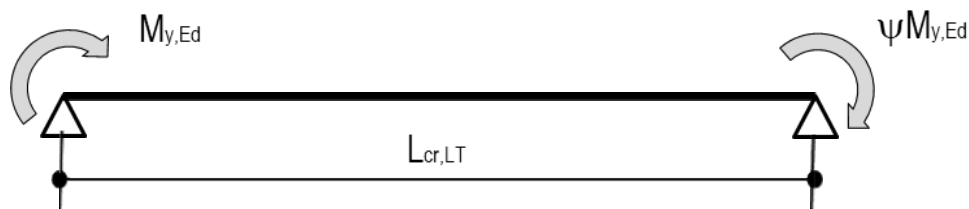
Membratura soggetta unicamente a momenti di estremità

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 $M_{y,Ed}$ 2,59 [kNm]

Rapporto tra i momenti di estremità ψ 0,50

Momento di estremità avente valore minore $\psi M_{y,Ed}$ 1,30 [kNm]

Coefficiente C_1 1,310 [-]

0	0,00
0,00	2,59
3,30	1,30
3,30	0



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

Coefficiente C_1	C_1	0,000 [-]
Coefficiente C_2	C_2	0,000 [-]
Momento critico elastico valutato secondo i metodi tradizionali	$M_{cr,trad.}$	18,59 [kNm]

Verifica di stabilità

Momento critico elastico utilizzato nella verifica di stabilità	M_{cr}	2470,00 [kNm]
Snellezza adimensionale per instabilità laterale	$\lambda_{ad,LT}$	0,0992 [-]
Parametri limite per sezioni laminare	$\lambda_{LT,0}$	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}	0,4525 [-]
Coefficienti di correzione, funzione del diagramma del momento	k_c	0,858 [-]
	f_{mod}	0,999 [-]
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	8,834E+04 [mm ³]
Resistenza all'instabilità flessione - torsionale	$M_{by,Rd}$	23,14 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessione - torsionale	$\rho_{buck, M}$	0,112 [-]

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

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	$k_{zz,1-2}$	0,715	[-]
Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 o 4	$k_{zz,3-4}$	0,714	[-]
	k_{zz}	0,715	[-]
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	$k_{yz,3-4}$	0,715	[-]
	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	$\rho_{buck, N-M-M}$	0,119	[-]
	$\rho_{buck, N-M-M}$	0,161	[-]

ELEMENTI NON STRUTTURALI

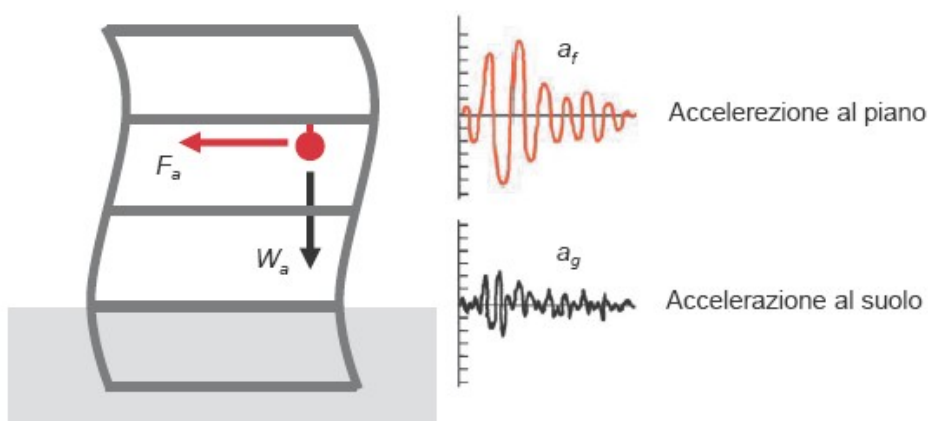
Le strutture di sostegno degli impianti e le opere accessorie che non costituiscono parte della struttura dell'edificio sono descritte come elementi non strutturali. Esempi di elementi non strutturali sono i rivestimenti degli edifici, le facciate ed i soffitti sospesi, ma anche le installazioni e le apparecchiature quali condutture, apparecchiature, macchinari e installazioni fotovoltaiche.

Se gli elementi non strutturali devono essere progettati e protetti per resistere agli eventi sismici, il fattore decisivo per la progettazione e il dimensionamento sismico non è esclusivamente il movimento del suolo (massima accelerazione al suolo a_g), ma soprattutto quello dell'edificio o del solaio sul quale l'elemento è installato. In questo caso il fattore fondamentale è l'accelerazione al piano a_f , la cui magnitudo e frequenza dipendono dalla struttura dell'edificio attraverso il quale le scosse vengono trasmesse. L'edificio agisce da filtro di frequenza, che amplifica le scosse del terremoto nell'area della frequenza naturale dell'edificio. Sull'elemento strutturale stesso agisce anche l'amplificazione dinamica. In questo caso, il fattore decisivo è il comportamento di vibrazione naturale dell'elemento stesso, le sue caratteristiche di smorzamento e la sua capacità di dissipare l'energia attraverso la deformazione plastica.

ANALISI STATICA EQUIVALENTE

Le considerazioni contenute nel punto precedente comprendono processi dinamici relativamente complessi che possono essere misurati utilizzando calcoli dinamici elaborati. Tuttavia questo tipo di simulazioni sono in genere costose, per cui questa tecnica è utilizzata soltanto per verificare la resistenza sismica di elementi non strutturali in casi eccezionali.

Gli elementi non strutturali vengono misurati di norma utilizzando il cosiddetto metodo della forza statica equivalente. In questo caso, si stabilisce una forza statica equivalente F_a (forza sismica) agente sul centro di gravità dell'elemento. Si prendono in considerazione le vibrazioni dell'edificio e degli elementi ma anche la capacità dell'elemento di assorbire energia tramite la deformazione (dissipazione di energia) utilizzando alcuni fattori (coefficienti).



FATTORI DI STRUTTURA PER ELEMENTI NON STRUTTURALI

Di seguito si riporta la tabella 7.2.1 con i valori q_a per elementi non strutturali

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti	1,0
Insegne e pannelli pubblicitari	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	
Pareti interne ed esterne	2,0
Tramezzature e facciate	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa	
Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

IL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA SECONDO LE NTC 2018

Il calcolo dell'azione sismica sugli elementi non strutturali, descritta all'interno delle NTC 2008 – Paragrafo 7.2.3, viene determinata attraverso la seguente formula:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

dove:

- F_a forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nelle direzione più sfavorevole
 W_a peso dell'elemento
 S_a accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrispondente allo stato limite in esame
 q_a fattore di struttura dell'elemento

L'accelerazione massima S_a è

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = \alpha \cdot S \cdot \left[\left(1 + \frac{Z}{H} \right) \cdot A_a - 0.5 \right]$$

oppure

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\left(1 + \frac{Z}{H} \right) \cdot A_a - 0.5 \right] \quad \text{avendo semplicemente imposto} \quad A_a = \frac{3}{1 + (1 - T_a/T_1)^2}$$

dove:

- α rapporto tra l'accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g
 S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
 T_a periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale
 T_1 periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata
 Z quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione
 H altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione

Il coefficiente S relativo al suolo ed alla topografia si ottiene da

$$S = S_g \cdot S_T$$

essendo S_g il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

VERIFICA MURATURE DI TAMPONAMENTO

Si conduce la valutazione secondo quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 degli elementi non strutturali e in particolare dei paramenti murari in laterizio. Gli effetti dell'azione sismica su tali elementi costruttivi è definibile tramite la relazione:

$F_a = (S_a W_a) / q_a$ Dove per:

$q_a = 2$ come da Tab. 7.2.1 delle NTC 2018

$S_a = \alpha S \left[\frac{3(1+Z/H)}{1+(1-T_a/T_1)^2} - 0,5 \right]$

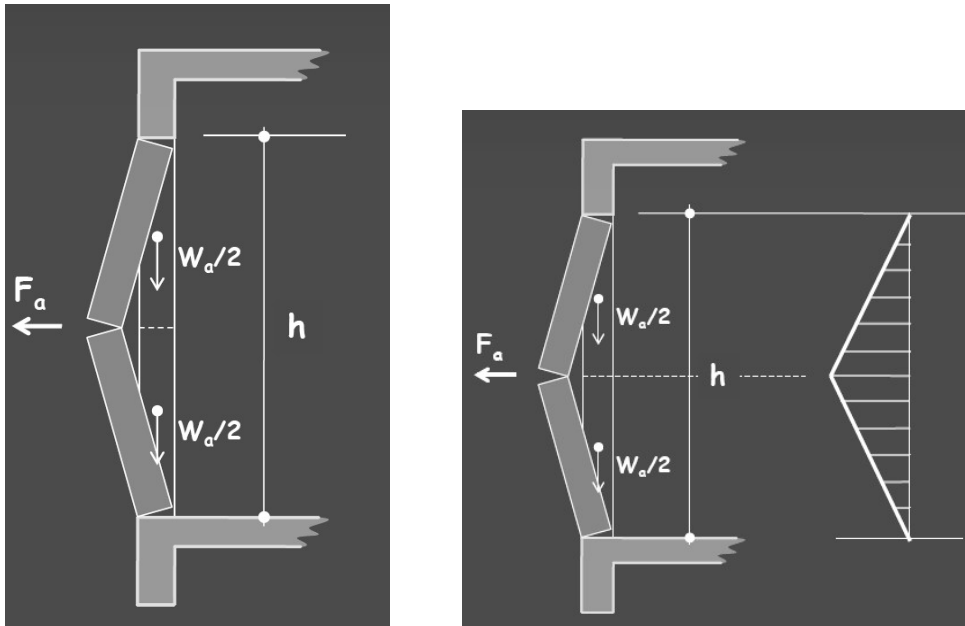
$S = 1$ categoria del sottosuolo e condizioni topografiche

$T_a =$ periodo fondamentale dell'elemento non strutturale

T_1 = periodo fondamentale di vibrazione costruzione nella direzione considerata

$Z = 4.50$ quota baricentro elemento non strutturale misurata dal piano di fondazione

$H = 6.5$ altezza costruzione a partire dal piano fondazione



Il progetto prevede una muratura con parete in blocchi di laterizio sp. 25 cm ,

per cui avremo:

QUOTA	Fa	Ma	Mrd	Verifica
4.50	618	314	374	SI

essendo il momento agente < del momento resistente del pannello la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA IMPIANTI

La verifica sismica relativa agli elementi di sostegno e collegamento i componenti gli impianti e tra gli impianti e la struttura dell'edificio, richiede la suddivisione in tre elementi di indagine:

- Unità trattamento aria, gruppi frigo e collettori con relative pompe
- Connessioni tra le apparecchiature indicate e le linee di distribuzione
- Connessioni tra tubazioni delle linee di distribuzione e strutture

L'effetto dell'azione sismica sull'impianto, in assenza di determinazioni più precise, può essere

valutato considerando una forza (F_a) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto. Ciascun elemento di un impianto che ecceda il 30% del carico permanente totale del solaio su cui è collocato o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura richiede uno specifico studio. Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì debbono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto debbono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di vincolo.”

CONNESSIONE TUBAZIONI E STRUTTURE

Per tali connessioni si impiegheranno dei sistemi di connessione e controvento del tipo Hilti o Fischer che consentano l'assorbimento delle azioni orizzontali sia longitudinali che trasversali all'asse della tubazione.

Il diametro massimo delle tubazioni presenti è pari a DN90 sp. 4 mm Le tubazioni sono in polietilene, quindi con modulo elastico assunto pari a:

$$E = 10000 \text{ daN/cm}^2$$

Si dispongono i punti fissi ogni 2.5 m

L'azione sismica per gli elementi non strutturali è valutabile applicando la forza orizzontale così data: $F_a = (S_a W_a) / q_a$

$$\text{Dove: } W_a = 3,03 \text{ daN/m} \times 2.5 \text{ m} = 7.575 \text{ daN}$$

$$S_a = \alpha S [(3(1+Z/H)/(1+(1-T_a/T_1)^2)-0,5)]$$

Con:

$$\alpha = 0.154$$

$$S = S_S \times S_T = 1.469$$

$$Z = \text{quota baricentro dell'elemento a partire dal piano di fondazione} = 4.5 \text{ m}$$

$$H = \text{altezza costruzione a partire da piano di fondazione} = 6 \text{ m}$$

$$T_a = \text{periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento strutturale}$$

$$\text{Per cui per azione trasversale all'asse della tubazione abbiamo } S_a = 0.161$$

$$\text{Da cui una forza applicata al singolo connettore pari a: } F_{aT} = 0.452 \text{ daN valore irrilevante}$$

DISPOSITIVI ANTISISMICI PER IMPIANTI

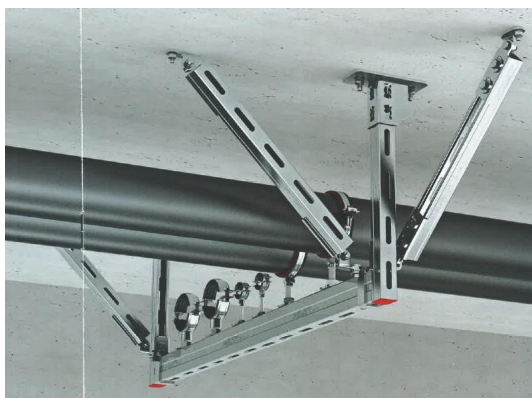
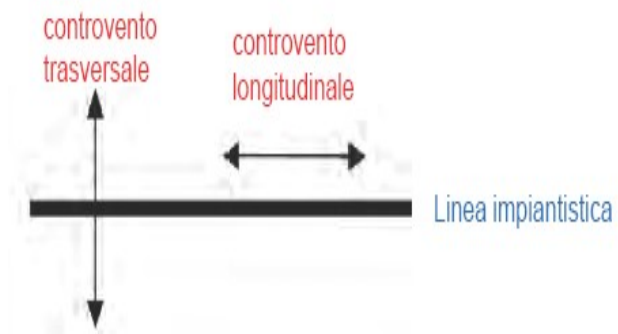
CONNESSIONE LINEE IDRAULICHE CON APPARECCHIATURE

Per la connessione delle linee idrauliche e dei canali dell'aria alle apparecchiature è previsto l'utilizzo di giunti elastici in acciaio.

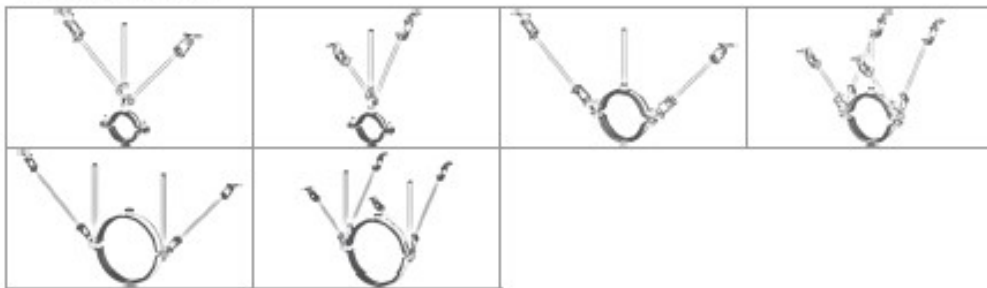


Questi elementi rendono indipendente l'apparecchiatura dalle linee alle quali è collegata e si differenziano in base al tipo di connessione (filettata o flangiata) ed al tipo di collegamento (ad angolo retto oppure in asse).

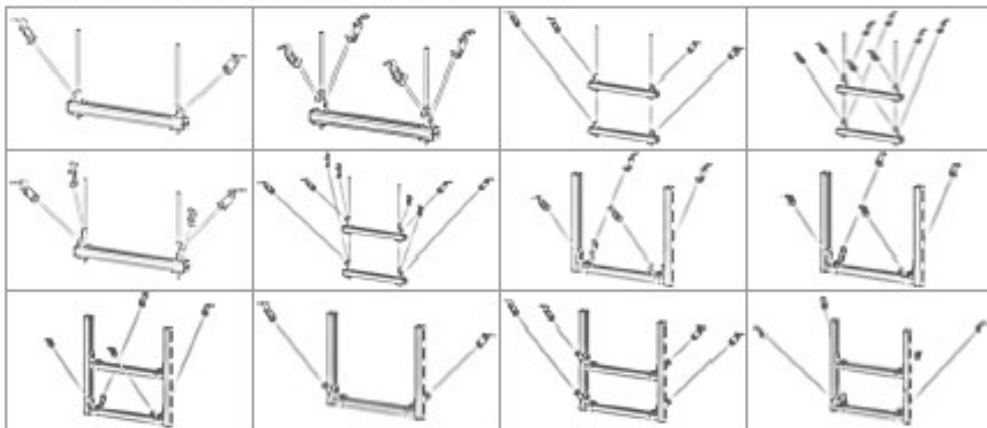
CONTROVENTI



Singola tubazione



Trapezio controventato con barre filettate



Trapezio controventato con binari



Mensola a parete



Singolo Tubo Controvento Trasversale

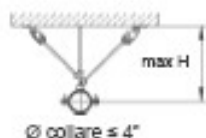
Carico max. di progetto
(sismico orizzontale) in [N]

Longitudinale [Y]

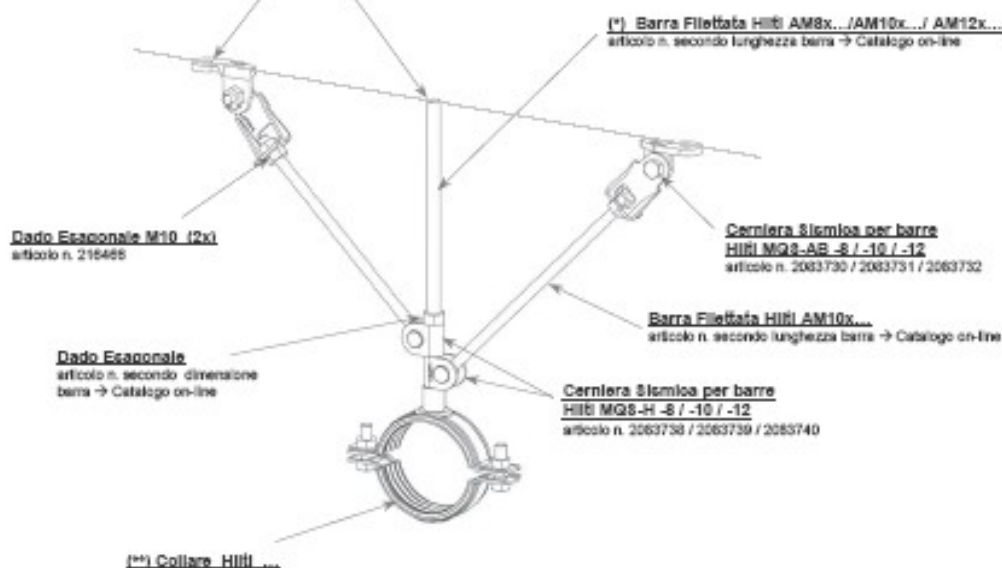
Trasversale [X]

- 0 -

- 800 -



VEDI L'ALLEGATO A PER LE CONNESSIONI STRUTTURALI
DEI SUPPORTI E L'ANCORAGGIO DEI CONTROVENTI

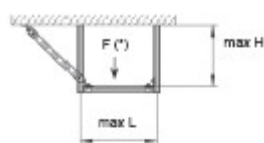


Nota Generali:

I carichi ammissibili riportati in questa pagina sono in funzione delle seguenti condizioni:

- (*) utilizzo di barre filettate M10 o M12. Per applicazioni con barre M8 contattare il Servizio Tecnico Hilti
- (**) per i relativi collari – vedi Allegato B
- max. altezza H – dal solaio al centro tubo: 800 mm
- angolo del controvento: 45° – tutti o parte dei controventi possono essere installati utilizzando l'intera variazione ammessa dell'angolo, per poter soddisfare le condizioni reali in sito – vedi Allegato C
- ancoraggio strutturale dei controventi e delle staffe – vedi Allegato A

<h2>Trapezio con Binari Controvento Trasversale</h2>	Carico max. di progetto (sismico orizzontale) in [N]	
	Longitudinale [Y]	Trasversale [X]
	Vedi Allegato E	



Cerniera Sismica per binari Hilti MQ8-AC-10 / MQ8-AC-12

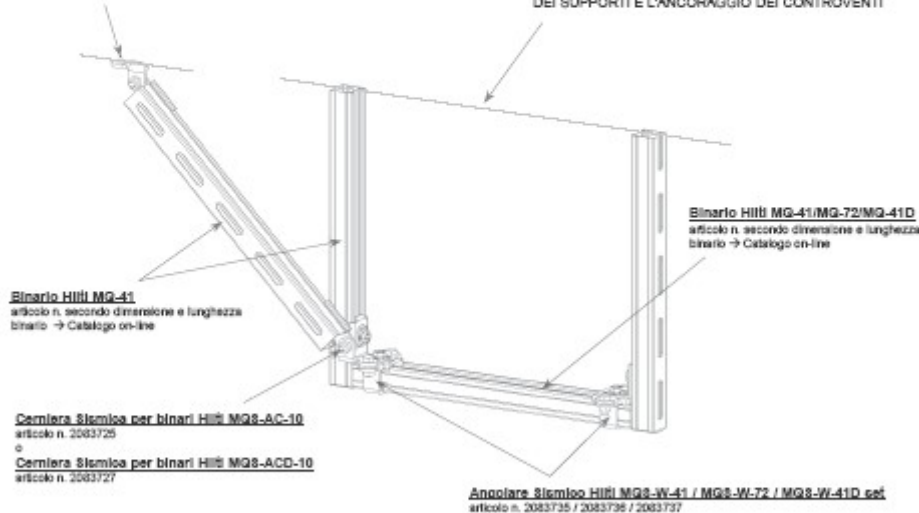
articolo n. 2083726 / 2083726

o

Cerniera Sismica per binari Hilti MQ8-ACD-10 / MQ8-ACD-12

articolo n. 2083727 / 2083728

VEDI L'ALLEGATO A PER LE CONNESSIONI STRUTTURALI
DEI SUPPORTI E L'ANCORAGGIO DEI CONTROVENTI



Nota Generali:

I carichi ammissibili riportati in questa pagina sono in funzione delle seguenti condizioni:

- max. altezza H – dal solaio alla parte superiore del binario orizzontale: 800 mm; max. lunghezza L – 1600 mm
- angolo del controvento: 45° - tutti o parte dei controventi possono essere installati utilizzando l'intera variazione ammessa dell'angolo, per poter soddisfare le condizioni reali in sito – vedi Allegato C
- ancoraggio strutturale dei controventi e delle staffe – vedi Allegato A
- resistenza per casi particolari di carico – vedi Allegato E "Tabelle di selezione" o si utilizzi PROFIS Installation (disponib. dal 4.14)
- F(°): per le applicazioni in base al tipo d'impianto (tubazioni, canaline elettriche, condotte d'aerazione) – vedi Allegato B

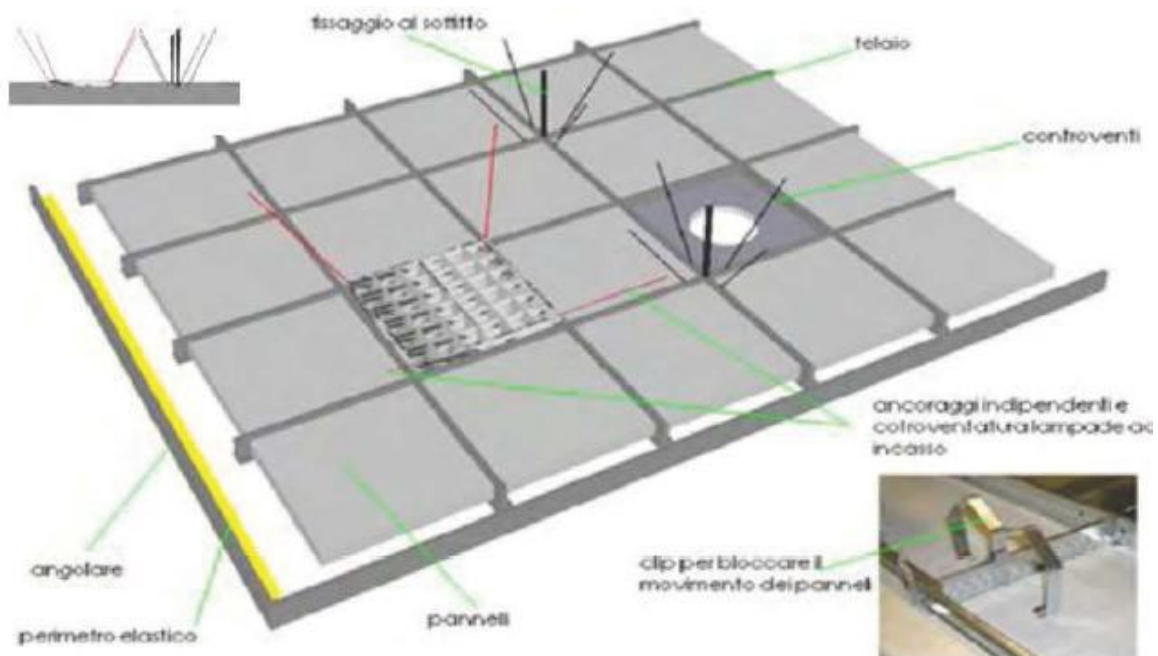
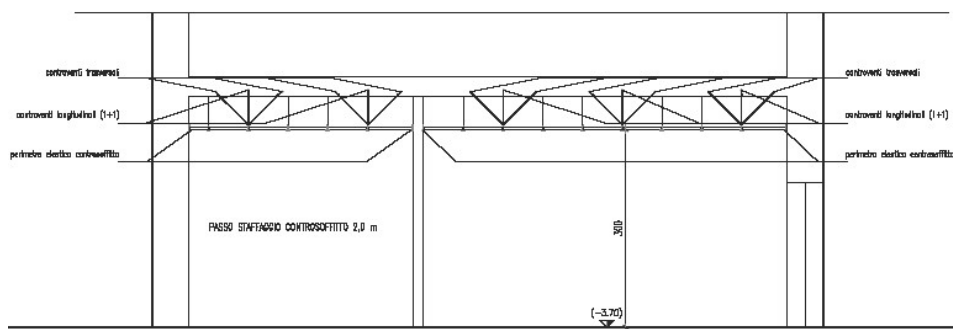
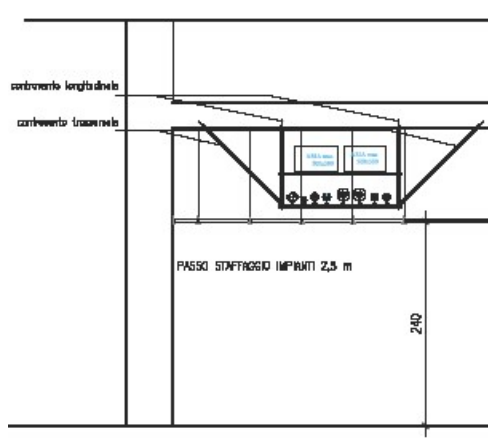
VERIFICA CONTROSOFFITTI

Sarà predisposta un'opportuna controventatura dell'elemento, creando un perimetro elastico agli angolari, per evitare concentrazioni localizzate di tensioni vista l'impossibilità di eliminare il moto orizzontale del controsoffitto ed al fine di evitare che si verifichino eccessivi spostamenti.

Fondamentale infatti risulta la presenza dei controventi che hanno la funzione di rendere l'intero controsoffitto un sistema rigidamente connesso al solaio sovrastante. Infatti, la forza sismica orizzontale che agisce nel piano del controsoffitto, viene trasmessa dai controventi, disposti lungo le due direzioni, al solaio o alla struttura portante posta sopra il controsoffitto. Il dimensionamento del numero dei controventi viene eseguito in modo tale che nei profili longitudinali e trasversali, che sostengono il controsoffitto, lo sforzo sia inferiore al carico ammissibile supportabile dal gancio di testa dei profili.

Nella parte superiore dei controventi andranno fissate, tramite viti, adeguate le staffe per

l'ancoraggio del sistema sismico al solaio.



CORPI ILLUMINANTI

Tutti i corpi illuminanti dovranno essere autoportanti dotati di una propria controventatura indipendente dal controsoffitto al fine di ridurre i fenomeni di martellamento causati da oscillazioni

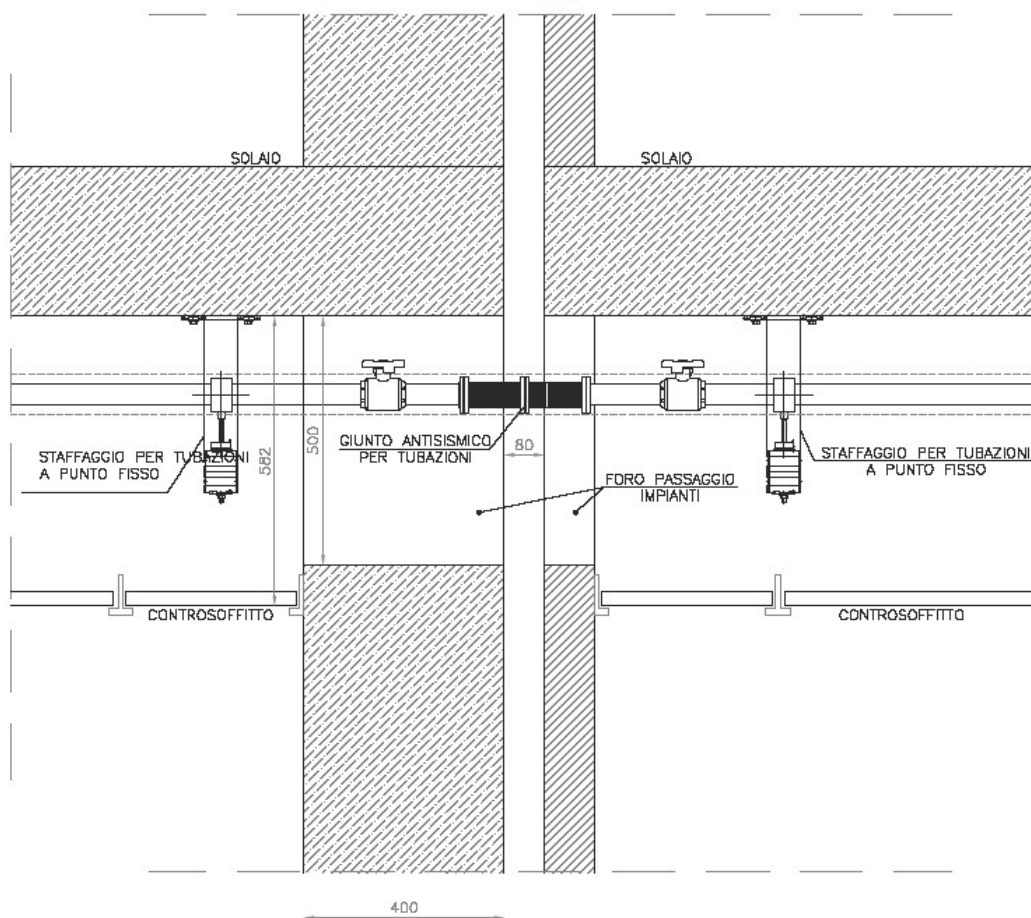
che asseconi le oscillazioni causate dal sisma.

GIUNTI

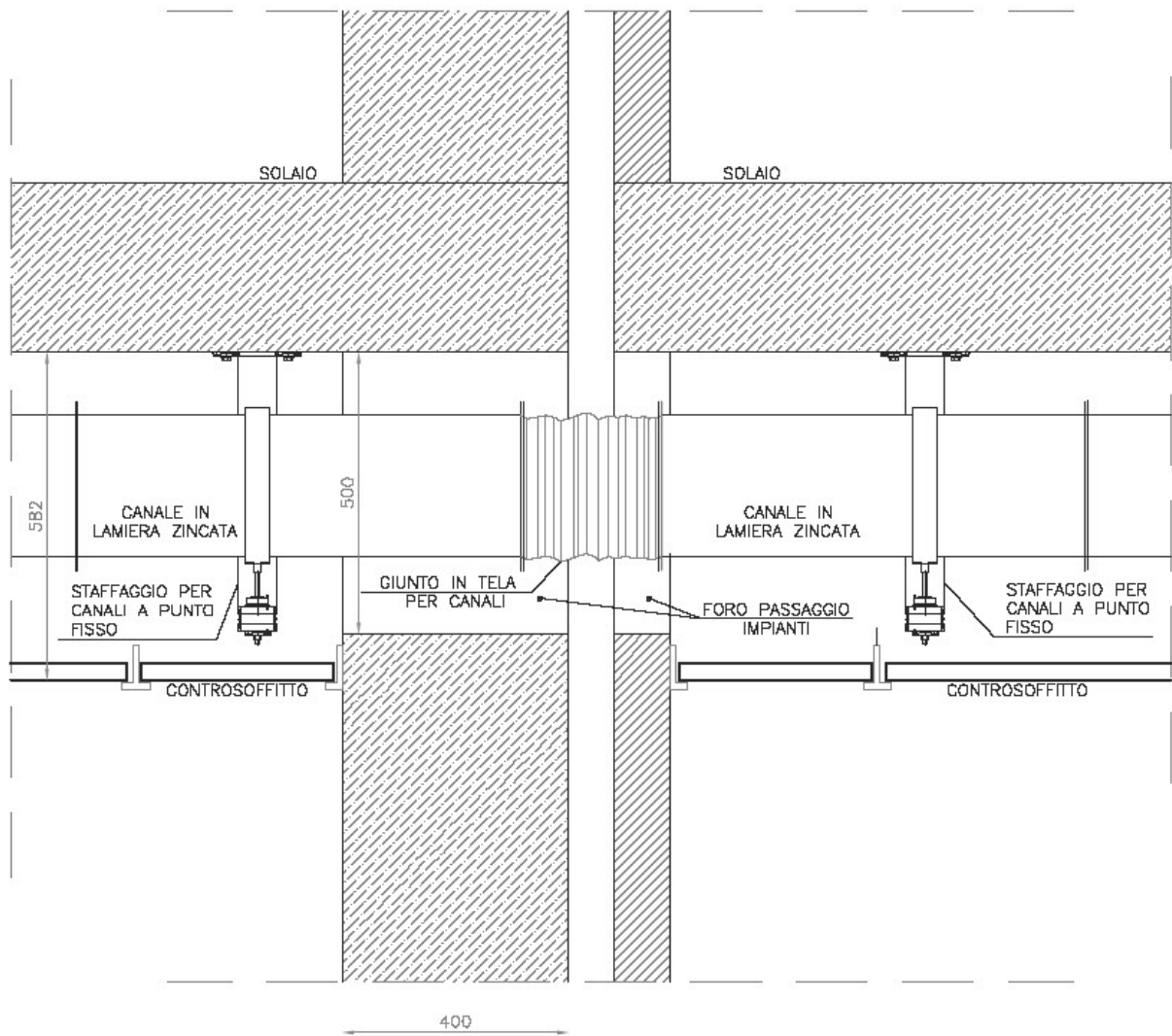
I giunti saranno in gomma flessibile (compensatore di dilatazione) in cui la parte elastica è costituita da una mescola in gomma, a base di elastomeri sintetici con aggiunte di particolari componenti e che è stata sottoposta a vulcanizzazione.

I componenti sono scelti per avere determinati effetti sulle caratteristiche finali della mescola risultante: ammorbidente, protettivo, antiossidante, antiozonante, anti-invecchiante, riempitivo, ecc.

Per resistere alle sollecitazioni dovute alla pressione ed alla temperatura a cui saranno sottoposti in esercizio, i giunti in gomma saranno rinforzati internamente da più strati di fibre tessili e da fili d'acciaio opportunamente disposti.



PARTICOLARE GIUNTO ANTISISMICO PER TUBAZIONI Scala 1:10



PARTICOLARE GIUNTO ANTISISMICO PER CANALI Scala 1:10