



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Dipartimento
per lo Sport



PROGETTO

Parco dello Sport e dell'educazione Ambientale
Cluster 1 - Cittadella dello Sport

CLIENTE
Città di Torino
Dipartimento Manutenzioni e Servizi Tecnici
Divisione Manutenzioni
Servizio Infrastrutture per il Commercio e lo Sport
Dipartimento Grandi Opere, Infrastrutture e Mobilità
Divisione Verde e Parchi

RUP/CP
Arch.Maria Vitetta

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Determina D.D. N° 5381 DEL 27/09/2023

SOCIETA' MANDATARIA / Coordinatore del Gruppo di Progettazione / Progettista



1AX srl
Via F.Crispi, 69
67051 - Avezzano (AQ)
info@1ax.it

PROGETTISTA IMPIANTI



Proimpianti srl
Via Garibaldi, 89
67051 - Avezzano (AQ)
c.granata@proimpianti.it

GEOLOGO

Dott. Geologo Andrea Piano
Via Provenzale 6
14100 - Asti
andrea@actispianogeologi.it

CONSULENTI

PAESAGGIO
Arch.Paesaggista Diego Colonna
AMBIENTE
Studio Biosfera - Dott. Biologo Gianni Bettini
Myricae s.r.l.- Dott. Agronomo Giordano Fossi
Dott. Agronomo Tommaso Vai

CUP CODICE OPERA
C15B2200090006 5056

FASE PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

Relazione di calcolo strutturale - Passerella

CODICE ELABORATO		COD						DATA	SCALA
COD.LAVORO	FASE DI PROGETTAZIONE	AUTORE	AREA	LIVELLO	TIPO FILE	DISCIPLINA	N. DOCUMENTO		
104-1	DEFINITIVO	1AX	CLUSTER 1		word	STR	50	REV.	00

NOME FILE 104_1_DEF_5056_STR-REL.CALC.-50-00

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	7
2. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI.....	8
2.1. Elenco elaborati	8
2.2. Normative e documenti di riferimento	8
2.3. Codici di calcolo	9
2.3.1. Software per l'analisi strutturale – Strutture in acciaio.....	9
2.3.2. Software per le verifiche strutturali – Strutture in acciaio	9
2.3.3. Software per l'analisi e le verifiche strutturali – Strutture in cemento armato e giunzioni	9
2.4. Unità	10
2.5. Proprietà meccaniche dei materiali	10
2.5.1.1. Calcestruzzo armato	11
2.6. Classe d'esecuzione.....	14
2.7. Sistema di riferimento	15
2.7.1. Sistema di riferimento globale	15
2.7.2. Sistema di riferimento locale.....	15
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	16
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	16
4.1. Classe d'uso.....	16
4.2. Periodo di riferimento e di ritorno	17
4.3. Parametri sismici	18
5. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	19
6. DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM- PASSERELLA.....	23
6.1. Modellazione dei materiali	23
6.2. Modellazione dei profili	23
6.3. Schematizzazione delle azioni	23
6.4. Tipo di analisi	23
6.5. Criteri di verifica	23
6.5.1. Verifiche di resistenza.....	23
6.5.2. Verifiche di stabilità	24
6.6. Schematizzazione della struttura e dei vincoli	27
6.6.1. Vincoli e svincoli assegnati	32
6.6.2. Numerazione delle proprietà.....	34
6.6.3. Proprietà inerziali	36
7. CASI DI CARICO	37
7.1. Carichi permanenti	37
7.1.1. Peso proprio strutturale	37
7.1.2. Peso proprio delle strutture portate	37

7.1.2.1.	Carichi su camminamento	37
7.2.	Carichi variabili	38
7.2.1.	Carico operativo	38
7.2.2.	Carico neve	38
7.2.3.	Carico vento	39
7.2.3.1.	Dati generali	39
7.2.3.2.	Carico vento su impalcato	41
7.2.3.3.	Carico vento sulla reticolare del sovrappasso	42
7.2.3.4.	Vento longitudinale	44
7.2.4.	Deformazione termica	45
7.3.	Azione sismica	48
7.3.1.	Carichi sismici	50
8.	COMBINAZIONI DI CARICO	52
8.1.	Combinazioni delle azioni e coefficienti	52
9.	VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITÀ – SLU E SISMICHE	55
9.1.	Verifica degli elementi trave – SLU/SLV	55
10.	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI	57
11.	VERIFICHE DI FREQUENZA	61
12.	VERIFICA PALI A VITE TIPO TITA	62
12.1.	Dati generali	62
12.1.1.	Dati del progetto	62
12.1.1.1.	Tipi di palo	62
12.1.1.2.	Stratigrafia	62
12.1.1.3.	Prove penetrometriche	63
12.2.	Verifica pali configurazione 1	64
12.2.1.	Punti maglia	64
12.2.2.	Fondazione	64
12.2.3.	Vista in pianta della palificata	65
12.2.3.1.	Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione	65
12.2.4.	Descrizione dei metodi di calcolo utilizzati	65
12.2.4.1.	Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la portata laterale	65
12.2.4.2.	Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per il modulo di reazione orizzontale	65
12.2.4.3.	Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la resistenza trasversale laterale	65
12.2.5.	Verifiche geotecniche	71
12.2.5.1.	Verifica: Capacità portante	71
12.2.5.2.	Verifica: Resistenza trasversale	72
12.2.6.	Verifiche strutturali	72
12.2.6.1.	Verifica: Acciaio: tensione ideale	73
13.	CONCLUSIONI	74

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive le scelte progettuali, i dati di input e le verifiche delle strutture costituenti l'impalcato della passerella ciclopedonale in progetto presso il parco del Meisino, sito in provincia di Torino(TO).

Il manufatto in oggetto fa parte di un più ampio progetto di rinnovo del parco e ha lo scopo di collegare due aree che attualmente vengono percepite dai fruitori come elementi separati, in quanto non vi è un collegamento diretto che permetta all'utente di superare Corso Don Luigi Sturzo.



Area del parco oggetto degli interventi

2. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

2.1. Elenco elaborati

Questo documento è collegato e riferito agli elaborati seguenti:

49	REL.CALC.	Relazione di calcolo strutturale - tettoia	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-REL.CALC.-49-00-Relazione di calcolo strutturale - tettoia
50	REL.CALC.	Relazione di calcolo strutturale - passerella	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-REL.CALC.-50-00-Relazione di calcolo strutturale - passerella
51	REL.CALC.	Relazione di calcolo strutturale - percorsi area umida	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-REL.CALC.-51-00-Relazione di calcolo strutturale - percorsi area umida
52	ELAB. GRAF.	Passerella blocco 1 - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-52-00-Passerella blocco 1 - piante, viste e sezioni
53	ELAB. GRAF.	Passerella blocco 2 - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-53-00-Passerella blocco 2 - piante, viste e sezioni
54	ELAB. GRAF.	Passerella blocco 3 - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-54-00-Passerella blocco 3 - piante, viste e sezioni
55	ELAB. GRAF.	Passerella blocco 4 - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-55-00-Passerella blocco 4 - piante, viste e sezioni
56	ELAB. GRAF.	Passerella blocco 5 - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-56-00-Passerella blocco 5 - piante, viste e sezioni
61	ELAB. GRAF.	Percorsi area umida - Tracciamento fondazioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-61-00-Percorsi area umida - Tracciamento fondazioni
62	ELAB. GRAF.	Percorsi area umida - piante, viste e sezioni	00	11/2023	104_1_DEF_5056_STR-ELAB. GRAF.-62-00-Percorsi area umida - piante, viste e sezioni

2.2. Normative e documenti di riferimento

L'analisi della struttura in oggetto verrà condotta utilizzando i metodi usuali della Scienza delle Costruzioni ed in conformità alle normative e leggi vigenti in Europa:

- CNR-DT207/2008 - Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- UNI EN 1990:2006 – Eurocode 0: Basis of structural design
- UNI EN 1991-1-1:2004: Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings
- UNI EN 1991-1-4:2010: Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions
- UNI EN 1992-1-1:2015: Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
- UNI EN 1993-1-1:2014: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
- UNI EN 1993-1-8:2005: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints
- UNI EN 1993-1-9:2005: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue
- UNI EN 1998-1:2013: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
- Eurocode's National annexes
- D.M. 17 gennaio 2018: Norme Tecniche Per le Costruzioni
- Circolare Esplicativa 21 gennaio 2019 n°7/C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

2.3. Codici di calcolo

2.3.1. Software per l'analisi strutturale – Strutture in acciaio

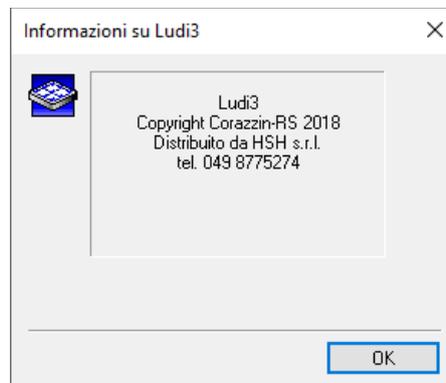
La modellazione agli elementi finiti è stata condotta utilizzando il programma di calcolo: STRAUS7®, versione r3.1.3, concepito e sviluppato dalla G+D Computing di Sidney, Australia e distribuito in Italia dalla HSH S.r.l, via Tommaseo 13, 35131 Padova.

Questo programma permette l'analisi statica non lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore F.E.M. Gli elementi considerati sono travi, con possibilità di rilasciare le traslazioni o rotazioni delle estremità, e gusci, sia rettangolari che triangolari, che si comportano come membrane/piastre. I carichi sono applicati ai nodi come forze puntuali o alle travi come forze distribuite. I vincoli sono espressi dalle sei costanti di rigidità elastica.



2.3.2. Software per le verifiche strutturali – Strutture in acciaio

Le verifiche strutturali sono state condotte con il programma Ludi3, post-processore di verifica collegato con STRAUS7® capace di valutare la resistenza e la stabilità di elementi in acciaio in ottemperanza dell'UNI EN 1993-1-1.



2.3.3. Software per l'analisi e le verifiche strutturali – Strutture in cemento armato e giunzioni

Le verifiche a presso-flessione deviata dei pilastri in cemento armato ordinario sono state condotte con il programma CDM DOLMEN - Versione 2023 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

Questo programma permette l'analisi statica non lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore F.E.M. Gli elementi considerati sono travi, con possibilità di rilasciare le traslazioni o rotazioni delle estremità, e gusci, sia rettangolari che triangolari, che si comportano come membrane/piastre. I carichi sono applicati ai nodi come forze puntuali o alle travi come forze distribuite. I vincoli sono espressi dalle sei costanti di rigidità elastica.



2.4. Unità

Le unità di misura utilizzate, dove non espressamente specificato vanno intese come di seguito:

Lunghezza:	cm
Tempo:	s
Massa:	kg
Forza:	kg
Tensione:	kg/cm ²
Momenti:	kgcm
Area:	cm ²
Modulo elastico/plastico:	cm ³
Momento d'inerzia:	cm ⁴
Sezioni trasversali:	cm ²

2.5. Proprietà meccaniche dei materiali

Le proprietà meccaniche successive vengono usate nei calcoli

Acciaio strutturale S355 J2WP – tipo CORTEN

- Resistenza ultima	$f_u = 5100 \text{ kg/cm}^2$
- Tensione di snervamento	$f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$
- Modulo di elasticità (valore medio)	$E_{sm} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

Bulloni 8.8

- Resistenza ultima	$f_{ub} = 8000 \text{ kg/cm}^2$
- Tensione di snervamento	$f_{yb} = 6400 \text{ kg/cm}^2$

4.1. PALI DI FONDAZIONE

4.1.1. Acciaio tipo S460NH in accordo a UNI EN 10120.

L'acciaio delle barre sarà oltre che ad elevata prestazione meccanica, anche ad alta resilienza, La barra cava è provvista lungo tutta la lunghezza di una filettatura continua da calcestruzzo armato, di geometria idonea a garantire la limitazione dell'ampiezza delle fessure nel corpo di iniezione in cemento a valori inferiori a 0.1mm

4.1.2. Boiaccia cementizia

Il materiale da iniettare è costituito da malta cementizia con impiego, per ogni 1.000kg di cemento di elevata qualità idoneo a raggiungere una resistenza cubica a 28gg di 45MPa con aggiunta di 400÷500kg di acqua.

In fase transitoria, per problemi di lavorabilità durante la perforazione, potrà essere utilizzato un fluido meno denso utilizzando un maggior quantitativo di acqua sino a 700kg ogni 1000kg di cemento; poichè il fluido con tale dosaggio di acqua non è idoneo a garantire la caratteristica costruttiva e di resistenza finale, occorrerà, durante le fasi di costruzione/iniezione, provvedere alla sostituzione del fluido introducendone altro di caratteristiche idonee al raggiungimento delle prestazioni richieste.

In condizioni normali la pressione di pompaggio varierà fra un massimo di 20 bar all'erogazione in modo da garantire una pressione di almeno circa 5 bar nel foro.

4.1.3. calcestruzzo classe C35/45

- resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica di calcolo	$f_{cd} = 19.8 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico secante	$E = 31.2 \text{ kN/mm}^2$
- coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
- coefficiente parziale di sicurezza per il cls	$\gamma_c = 1.50$

2.5.1.1. Calcestruzzo armato

Strutture di fondazione - calcestruzzo classe C25/30

- resistenza a compressione cubica caratteristica	R_{ck}	=	300	kg/cm ²
- resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f_{ck}	=	250	kg/cm ²
- resistenza a compressione cilindrica di calcolo	f_{cd}	=	142	N/mm ²
- modulo elastico secante	E	=	312000	kg/cm ²
- coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata	α_{cc}	=	0.85	
- coefficiente parziale di sicurezza per il cls	γ_c	=	1.50	
- classe di esposizione XC2, copriferro 5 cm				

Acciaio B 450 C

- resistenza a trazione caratteristica	f_{tk}	=	5400	kg/cm ²
- tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	=	450	kg/cm ²
- tensione di snervamento di calcolo	f_{yd}	=	391	kg/cm ²
- modulo elastico medio	E_{sm}	=	210000	kg/cm ²
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	γ_s	=	1.15	

Classe di esposizione e copriferro

Le caratteristiche e le prestazioni del calcestruzzo possono essere influenzate significativamente dalle condizioni ambientali del luogo in cui la struttura sarà inserita. In funzione di queste ultime, sono prescritti: classe di resistenza, rapporto a/c e copriferro. La norma UNI EN 206-1 individua le seguenti classi di esposizione:

	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione o attacco	Corrosione da carbonatazione					Corrosione da cloruri						Attacco gelo/disgelo				Ambienti chimici aggressivi		
							Acqua marina			Altri cloruri (diversi dall'acqua di mare)									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Rapporto massimo a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Classe di resistenza minima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ⁽¹⁾	4,0 ⁽¹⁾	4,0 ⁽¹⁾	-	-	-	
Altri requisiti												Aggregati conformi al prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo				Cemento resistente ai solfati ⁽²⁾			
a)	Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni dovrebbero essere verificate conformemente ad un metodo di prova appropriato rispetto ad un calcestruzzo per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo per la relativa classe di esposizione.																		
b)	Qualora la presenza di SO ₂ comporti le classi di esposizione XA2 e XA3, è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati. Se il cemento è classificato a moderata o ad alta resistenza ai solfati, il cemento dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA2 (e in classe di esposizione XA1 se applicabile) e il cemento ad alta resistenza, ai solfati dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA3.																		

Per il calcolo del copriferro, l'EC2 propone la seguente formula:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Il c_{min} dovrà essere pari al maggiore tra:

$$c_{min} = \text{MAX} (c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10 \text{ mm}) \quad \text{dove:}$$

$c_{min,b}$ = copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature, pari al diametro nominale delle barre;

$c_{min,dur}$ = copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali (durabilità) e dalla classe della struttura

Strutturale Class	Environmental Requirement for $c_{min,dur}$ (mm)						
	Exposure Class according to Table 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Per una struttura con vita nominale 50 anni la classe strutturale consigliata è la classe S4.

Il copriferro minimo richiesto è pari a 25 mm per le strutture di fondazione. A questo va sommato il valore raccomandato di Δc_{dev} , pari a 10 mm per una struttura gettata in opera.

Sulla base della buona pratica per le strutture interrate, si adottano 50mm per le strutture di fondazione.

CLASSE STRUTTURALE	VITA NOMINALE	ESEMPI
S1	10	Strutture temporanee
S2	10 ÷ 25	Elementi strutturali sostituibili
S3	15 ÷ 30	Strutture agricole o simili
S4	50	Opere ordinarie
S5	100	Opere straordinarie

Structural Class							
Criterion	Exposure Class according to Table 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Design Working Life of 100 years	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2
Strength Class ¹⁾²⁾	≥ C30/37 reduce class by 1	≥ C30/37 reduce class by 1	≥ C35/45 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C45/55 reduce class by 1
Member with slab geometry (position of reinforcement not affected by construction process)	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1
Special Quality Control of the concrete production ensured	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1

2.6. Classe d'esecuzione

Per quanto concerne la definizione della Classe d'Esecuzione (EXC2) per la struttura in questione, viene definita la seguente Classe di Conseguenza

- o Classe di Conseguenza **CC2**: UNI EN 1990 – Annex B (Paragraph B.3.1)

Table B1 - Definition of consequences classes

Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	High consequence for loss of human life, <i>or</i> economic, social or environmental consequences very great	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	Medium consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences considerable	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	Low consequence for loss of human life, <i>and</i> economic, social or environmental consequences small or negligible	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses

Considerando la Classe di Conseguenza **CC2** e la Tipologia di Carico (quasi-statico o sismico), la seguente tabella permette di determinare la Classe d'Esecuzione **EXC2**: UNI EN 1993-1-1 – Annex C (Paragraph C.2.2)

Table C.1 — Choice of execution class (EXC)

Reliability Class (RC) or Consequences Class (CC)	Type of loading	
	Static, quasi-static or seismic DCL ^a	Fatigue ^b or seismic DCM or DCH ^a
RC3 or CC3	EXC3 ^c	EXC3c
RC2 or CC2	EXC2	EXC3
RC1 or CC1	EXC1	EXC2

^a Seismic ductility classes are defined in EN 1998-1: Low = DCL; Medium = DCM; High = DCH.
^b See EN 1993-1-9.
^c EXC4 may be specified for structures with extreme consequences of structural failure.

2.7. Sistema di riferimento

2.7.1. Sistema di riferimento globale

- Asse X axis: Lungo la direzione longitudinale
- Asse Y axis: Lungo la direzione trasversale
- Asse Z axis: Direzione verticale ("+" dal terreno verso il cielo)

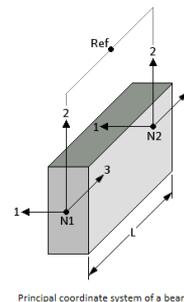
Sono stati generati più sistemi di riferimento globali allineati secondo l'asse longitudinale delle diverse parti della passerella e secondo il piano trasversale dei portali, in modo da assegnare i vincoli nelle direzioni corrette.

2.7.2. Sistema di riferimento locale

Il Sistema di riferimento locale è riferito agli assi degli elementi mediante la seguente convenzione.

Sistema di riferimento elementi beam

The beam element is defined by nodes N1 and N2 as shown below:



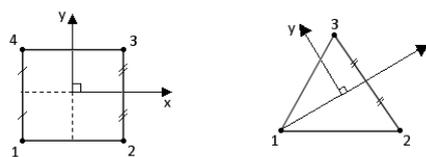
Principal coordinate system of a beam.

For a beam with a reference node, the principal axis system, shown above is defined as follows:

- 3 axis is directed from node N1 to node N2.
- 2 axis is normal to the 3 axis and lies in the plane formed by nodes N1, N2 and the reference node Ref. It is positive towards the side on which node Ref lies.
- 1 axis completes the right hand axis system.

Sistema di riferimento elementi piastra

The default local axis system for these elements is shown below and is constructed from the nodes N1, N2, N3 for the triangle and N1, N2, N3, N4 for the quadrilateral element as follows:



Local axis for 3 and 4 noded plate elements.

- Positive local x joins the mid-sides from side (N1,N4) to side (N2,N3) for the quadrilateral element, or goes from N1 to bisect side (N2,N3) for the triangle.
- Positive local y is normal to the local x axis directed away from side (N1,N2) and lies in the plane of the plate.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Sulla base dei risultati della campagna indagine geognostica effettuata si desumono le seguenti caratteristiche dei terreni.

Per quanto riguarda le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche, dalle indagini effettuate, risulta la presenza di un livello superficiale (potenza circa 6 metri), aventi nell'insieme caratteristiche geotecniche scadenti, seguiti in profondità da sabbioso – ghiaiosi dotati di buone caratteristiche geotecniche;

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche, l'area è caratterizzata dalla presenza di un unico acquifero superficiale, contenente una falda idrica la cui superficie si posiziona a circa 3 – 4 metri da piano campagna. Non essendo presenti acquiferi profondi, eventuali fondazioni profonde risultano pertanto compatibili con tale contesto idrogeologico;

- **primo livello da 0.00 a 6.00 metri (terreni di riporto grossolani, passanti a sabbie fini limose con ghiaia)**
 - NDP medio 6 colpi
 - grado di addensamento terreni poco addensati
 - angolo di attrito interno ϕ 25°
 - coesione efficace c 0,0 kg/cm²
 - peso di volume γ 1,80 kg/cm³
- **secondo livello oltre i 6.00 metri (ghiaie e sabbie)**
 - NDP medio 33 colpi
 - grado di addensamento terreni da addensati a molto addensati
 - angolo di attrito interno ϕ 36°
 - coesione efficace c 0,0 kg/cm²
 - peso di volume γ 1,95 kg/cm³

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Con riferimento alla normativa vigente (NTC 2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2018, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 del D.M. 2018.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera. La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

4.1. Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
 - **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
 - **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
 - **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.
- Per il caso in esame si considera una classe d'uso II, ovvero un coefficiente d'uso $C_u=1.0$.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

4.2. Periodo di riferimento e di ritorno

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :
 $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50$ anni (periodo di riferimento).

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = - \frac{C_u \cdot V_s}{\ln(1 - P_{V_s})}$$

da cui si ottiene la seguente Tabella:

STATO LIMITE		Probabilità di superamento PVR	Valori in anni del periodo di ritorno
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	30
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	50
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	475
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	975

Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

Per il sito in esame, le strutture di progetto avranno quindi i seguenti parametri sismici:

Vita nominale dell'opera V_N	Periodo di riferimento V_R	Periodo di ritorno allo SLV
50 anni	50 anni	475 anni

4.3. Parametri sismici

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi delle NTC 2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

La categoria di sottosuolo riportata nella relazione geotecnica è la categoria di sottosuolo B. La classe topografica è di tipo T1.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per il caso in esame, le strutture oggetto del presente progetto definitivo avranno vita nominale pari a $V_N=50$ anni.

5. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è in carpenteria metallica con impalcato di larghezza 3.3 metri e si sviluppa su 204 metri, composta da due rampe di lunghezza rispettivamente 72m e 100m e una campata centrale di luce netta 32 metri.

La struttura sarà realizzata in acciaio tipo Cor-Ten S355 J2 WP, tutti i profili strutturali sono costituiti da lamiera saldate con opportuni elettrodi in acciaio Cor-Ten e collegate tra loro con imbottiture e bulloneria trattata nei confronti della corrosione.

L'impalcato è sostenuto da portali in profili tubolari cavi, il vincolo a terra delle colonne sarà realizzato mediante micropali a vite, senza utilizzo di plinti in calcestruzzo e a filo del terreno.

Mediante l'adozione di asole orizzontali, la passerella è separata in 5 blocchi indipendenti tra loro e controventati longitudinalmente lungo la loro direttrice. La stabilità trasversale è garantita dai portali di sostegno dell'impalcato.

Ogni blocco è costituito da rampe della lunghezza massima di 10.00m, interrotte in corrispondenza dei pianerottoli dove sono previste le controventature longitudinali della struttura. Tra un pianerottolo e il successivo, le rampe poggiano in continuità su dei portali intermedi.

I cosciali dell'impalcato sono controventati nel piano orizzontale da un sistema di traverse e controventi atti a formare un piano rigido e su cui poggiano i profili a omega aventi funzione di sostenere il tavolato di camminamento.

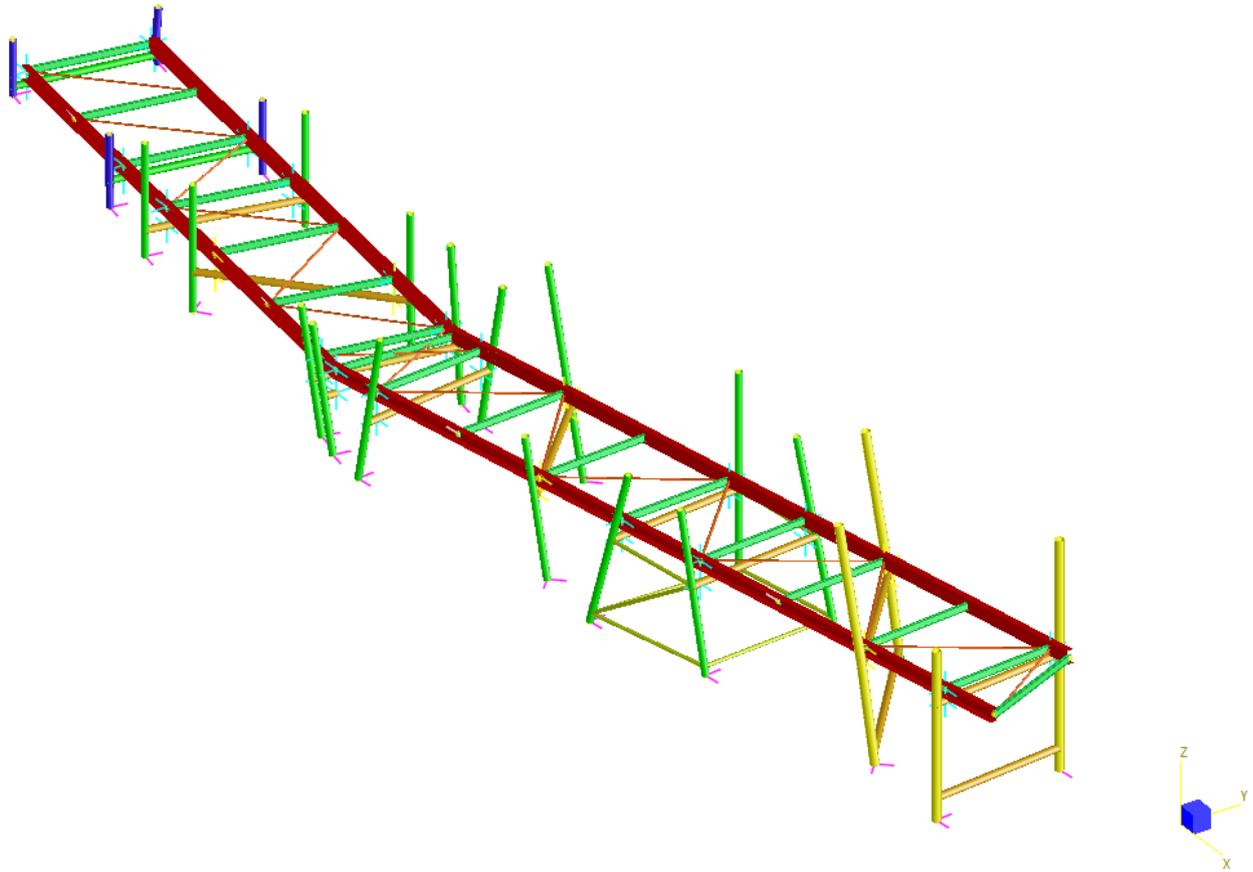
Per i portali isolati si prevede l'utilizzo di due micropali tipo Titan 52/26, di lunghezza 8.00m, mentre in corrispondenza dei gruppi controventati è previsto l'uso di 4 micropali analoghi per ciascuna colonna.

L'impalcato centrale, in corrispondenza del sovrappasso di luce 32 metri, è sostenuto da una struttura reticolare formata da profili tubolari incastrati. Per le sole colonne di sostegno dell'impalcato centrale saranno realizzati 4 pali a vite tipo Titan 52/26, di lunghezza 8.00m e collegati trasversalmente da plinti in c.a.

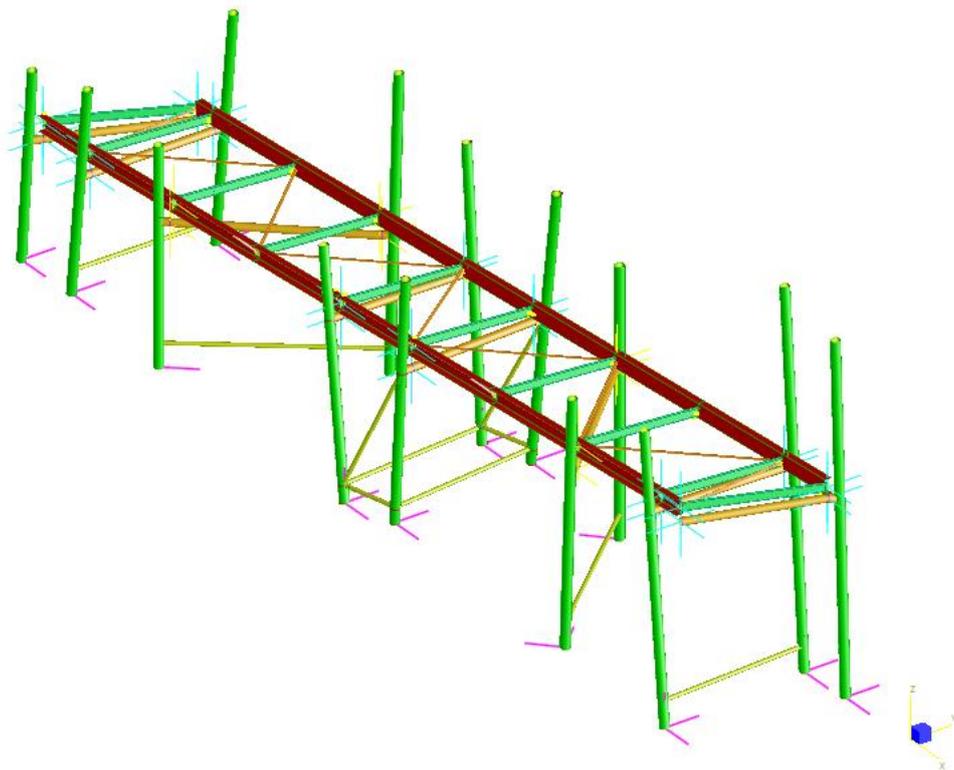
Le rampe, con pianerottoli siti ogni 10 metri al massimo, presentano pendenze che vanno dal 10% dei primi tratti fino all'8% degli ultimi. È previsto un mancorrente parallelo alla rampa e con elementi di sostegno verticali ogni 150 cm, e un secondo elemento costituito da una rete pararoccia, anti caduta, tipo Geobrug, estremamente, costituita da un filo d'acciaio ad alta resistenza.

Considerato che l'accesso alla passerella sarà consentito alle sole a persone e biciclette, si esclude la possibilità di transito di veicoli di soccorso sulla passerella.

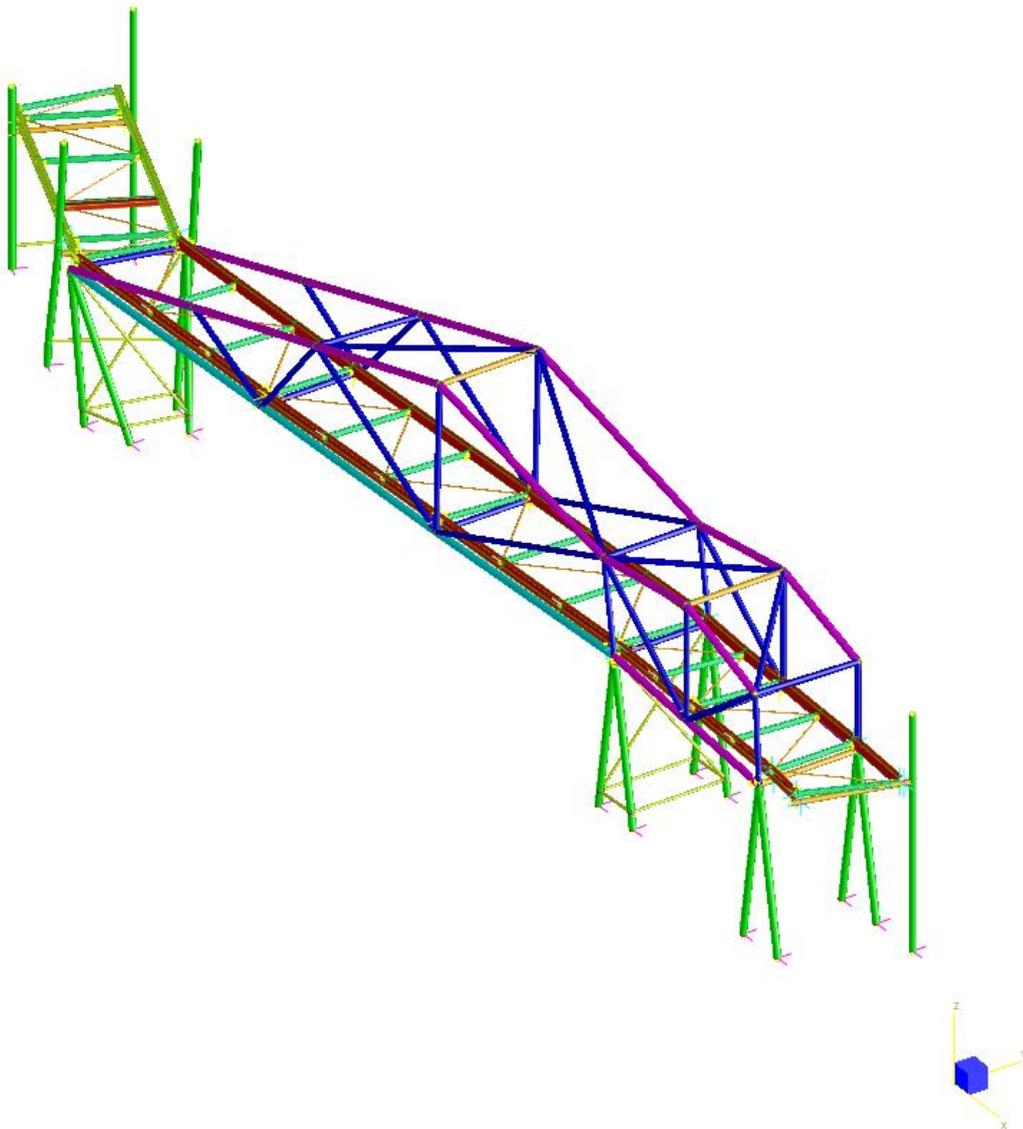
Si riportano di seguito alcune immagini dei modelli di calcolo delle diverse parti della passerella



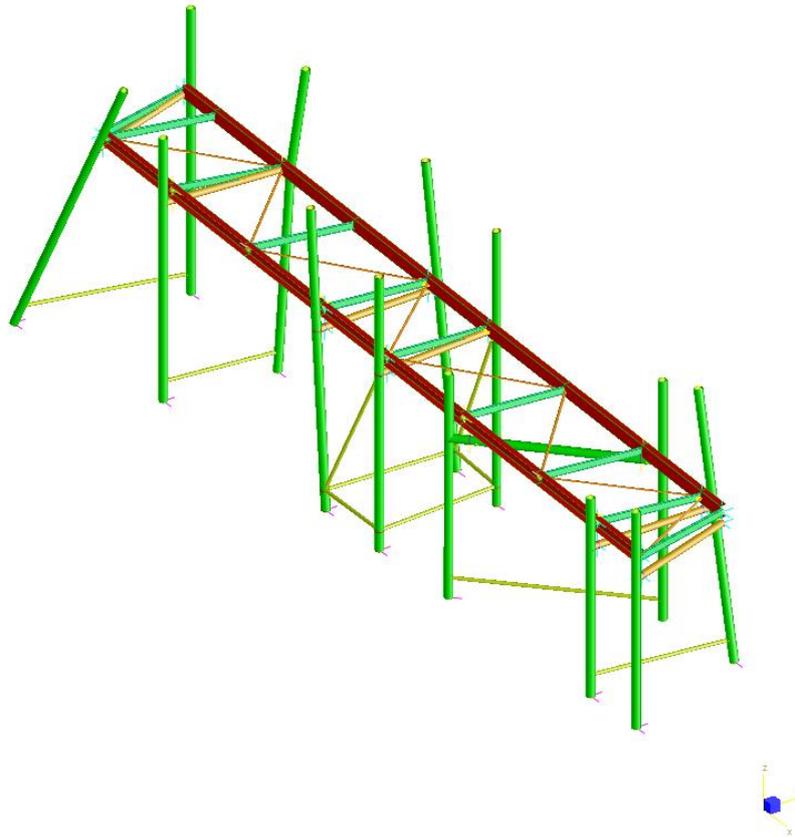
Blocco 1- Vista 3D del modello dell'intera struttura



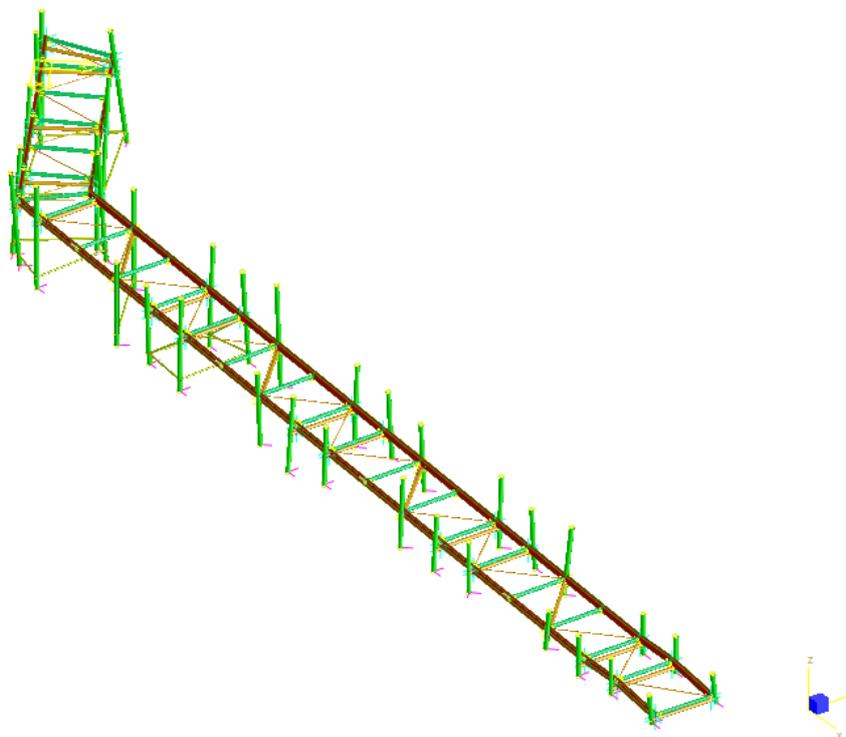
Blocco 2- Vista 3D del modello dell'intera struttura



Blocco 3- Vista 3D del modello dell'intera struttura



Blocco 4- Vista 3D del modello dell'intera struttura



Blocco 5- Vista 3D del modello dell'intera struttura

6. DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM- PASSERELLA

6.1. Modellazione dei materiali

I materiali che costituiscono la struttura sono considerati con il comportamento lineare elastico; le proprietà di tali elementi sono riportati nelle tabelle riepilogative dei paragrafi successivi sui dati in input. Per i controventi a croce di Sant'Andrea aventi snellezza elevata, si è proceduto modellando un solo elemento ed escludendo le verifiche di stabilità in modo da garantire la rigidità e resistenza della sola diagonale tesa.

6.2. Modellazione dei profili

I profili sono stati inseriti nel modello FEM con la loro geometria esatta. Vengono utilizzati elementi lineari beam, elementi truss ed elementi shell.

6.3. Schematizzazione delle azioni

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali
- carichi permanenti portati dalla struttura principale
- carichi variabili (sovraccarico folla)
- vento
- deformazioni termiche
- azione sismica

Ciascuna azione viene caricata sulla struttura tramite:

- massa propria dell'elemento calcolata in automatico dal software tramite applicazione del peso specifico
- massa nodali o uniformemente distribuite sugli elementi beam e shell (Load patch: aree di carico) per simulare i carichi permanenti e variabili
- carichi puntuali, lineari e di superficie
- cedimenti imposti ai nodi

6.4. Tipo di analisi

È stata effettuata l'analisi lineare elastica. È stata inoltre condotta l'analisi sismica dinamica lineare (Modale) per la verifica dei casi sismici. Il comportamento globale è verificato se i singoli corpi sono verificati. Il calcolo è stato eseguito secondo le normative sopra citate e i principi delle scienze delle costruzioni.

6.5. Criteri di verifica

6.5.1. Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza seguono le indicazioni per il calcolo agli stati limite poste nel capitolo 6 dell'UNI EN 1993-1-1. Il criterio di verifica limita la sollecitazione esterna S_{ED} ad essere inferiore a quella resistente: $S_{ED}/S_{RD} \leq 1$. In particolare nel caso di sovrapposizione di sollecitazioni assiali e flettenti, è usata l'approssimazione a favore di sicurezza in cui i rapporti vengono sommati linearmente come da § 6.2.1(7):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{1,Ed}}{M_{1,Rd}} + \frac{M_{2,Ed}}{M_{2,Rd}} \leq 1$$

I coefficienti di sicurezza utilizzati sono divisi per verifiche di resistenza e verifiche di instabilità.

I valori γ_{M0} γ_{M1} sono riportati a seguire:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.05$$

Il limite ultimo raggiungibile per sezioni di classe 1 e 2 è la sezione completamente plasticizzata, mentre per le sezioni di classe 3 sono ammesse solo verifiche in campo elastico. Lo stato limite è quindi quello relativo al superamento del limite elastico nella fibra della sezione maggiormente sollecitata.

La resistenza ultima assiale, uguale per l'analisi elastica e plastica, è calcolata con la relazione:

$$N_{Rd} = N_{Rd,pl} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Nella resistenza ultima flessionale il modulo di resistenza W è come quello plastico (W_{pl}) per le sezioni di classe 1 e 2 e quello elastico $W_{el,min}$ per le sezioni di classe 3.

Come da prescrizioni del § 6.2.8, la presenza di sforzi taglianti, superiori al 50% del valore resistente, è computata inserendo un coefficiente riduttivo nella tensione di snervamento del materiale:

$$f_{y,v} = (1 - \rho)$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

e quindi:

$$M_{Rd} = M_{V,Rd} = \frac{W \cdot (1 - \rho)f_y}{\gamma_{M0}}$$

Le verifiche di resistenza al taglio (§ 6.2.6) sono differenziate tra il caso di sezioni di classe 1 e 2, per le quali è calcolato il rapporto massimo tra sollecitazioni agenti e resistenti, e le sezioni di classe 3, per le quali il coefficiente di sicurezza è calcolato come rapporto tensionale:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \text{Class 1 and 2}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3}\gamma_{M0})} \leq 1 \quad \text{Class 3}$$

in cui $V_{Rd} = V_{pl,Rd}$. Nel caso di copresenza di sollecitazioni torcenti sono applicati i coefficienti riduttivi prescritti al § 6.2.7(9). Le verifiche a torsione (§ 6.2.7) sono eseguite calcolando le tensioni tangenziali nei punti significativi della sezione secondo le regole della Scienza delle Costruzioni.

In particolare, per sezioni aperte (Saint Venant):

$$\tau_T = \frac{T \cdot s}{J_t}$$

per sezioni chiuse (Bredt):

$$\tau_T = \frac{T}{2 \cdot \Omega \cdot s}$$

Nella ricerca della tensione T_{Ed} le tensioni derivanti dalla torsione sono sommate a quelle dovute agli sforzi taglianti.

$$\frac{\tau_{V1,Ed} + \tau_{V2,Ed} + \tau_{T,Ed}}{f_y / (\sqrt{3}\gamma_{M0})} \leq 1$$

6.5.2. Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità di elementi metallici compressi sono condotte seguendo le prescrizioni del § 6.3 dell'UNI EN 1993-1-1. La norma prevede di cautelarsi dagli effetti di sbandamento assiale nelle direzioni 1 e 2 e lo sbandamento flessione torsionale (LT = lateral torsional) tramite i coefficienti di riduzioni χ .

L'asta compressa è verificata se vengono soddisfatte le seguenti disuguaglianze:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_1 N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{1,Ed}}{\chi_{LT} M_{1,b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{2,Ed}}{M_{2,b,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_2 N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{1,Ed}}{\chi_{LT} M_{1,b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{2,Ed}}{M_{2,b,Rd}} \leq 1$$

dove:

N_{Ed} , M_1 , M_2 ed E_d , E_d sono le sollecitazioni massime sulla trave;

N_b , R_d , M_b , $1, R_d$ ed M_b , $1, R_d$ sono le sollecitazioni resistenti calcolate con il coefficiente di sicurezza γ_{M1} ;

χ sono i coefficienti di riduzione per instabilità flessionale e torsionale

k_{yy} , k_{yz} , k_{zy} , k_{zz} sono i fattori di interazione. Ludi calcola tali fattori con entrambi i metodi (A e B) proposti dalla norma negli allegati.

Ai fini della verifica di un elemento compresso sono definiti i seguenti parametri di snellezza:

$$\lambda_1 = \ell_{0,1}/i_1 \quad \lambda_2 = \ell_{0,2}/i_2 \quad \lambda_\theta = \ell_{0,\theta}/i_{min}$$

dove λ_0 è la lunghezza libera d'inflessione dell'elemento e i è il raggio d'inerzia della sezione trasversale.

Per definire i singoli coefficienti χ è necessario calcolare la snellezza equivalente $\bar{\lambda}$ (funzione del carico critico) e il coefficiente Φ (funzione del carico critico e dell'imperfezione del materiale α).

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

In maniera del tutto equivalente è calcolato il valore di χ_{LT} :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \Phi_{LT} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

nelle formule utilizzate, i coefficienti di imperfezione α e α_{LT} sono tabulati nelle tabelle 6.1 e 6.3 a seconda del tipo di acciaio e del tipo di sezione; i carichi critici sono calcolati con la nota relazione:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{EA}{\lambda^2}$$

Per il calcolo del M_{cr} l'Eurocodice non specifica un metodo di calcolo, si richiede soltanto che esso inglobi la reale distribuzione dei momenti ed i vincoli applicati alle estremità dell'asta. Nella presente relazione il momento critico è calcolato seguendo le indicazioni della normativa inglese BS 5950-2000 "Structural use of steelwork in building", in accordo alla relazione del paragrafo 4.3 "Lateral torsional buckling":

$$M_{cr} = \frac{p_b \cdot W}{m_{LT}}$$

dove p_b la tensione di buckling, W è il modulo di resistenza elastico o plastico a seconda della classe della sezione, m_{LT} è il coefficiente di equivalenza tra la trave sollecitata da momento costante e una distribuzione qualsiasi.

$$m_{LT} = 0.2 + \frac{0.15M_2 + 0.5M_3 + 0.15M_4}{M_{max}} \geq 0.44$$

In cui M_2 , M_3 , M_4 sono i momenti calcolati rispettivamente a $1/4\ell$, $1/2\ell$ e $3/4\ell$.

tensione p_b è tabulata (BS 5950 table 16 e table 17) in funzione del materiale, del tipo di lavorazione (Laminata o saldata) e dalla snellezza equivalente della trave λ_{LT} .

$$\lambda_{LT} = uv\lambda\sqrt{\beta_w}$$

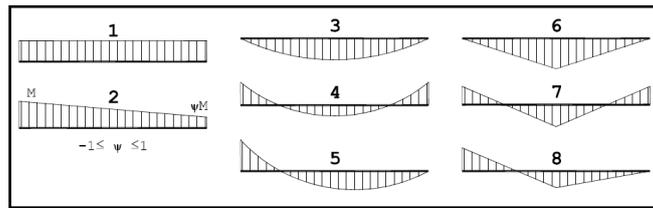


Diagramma dei momenti

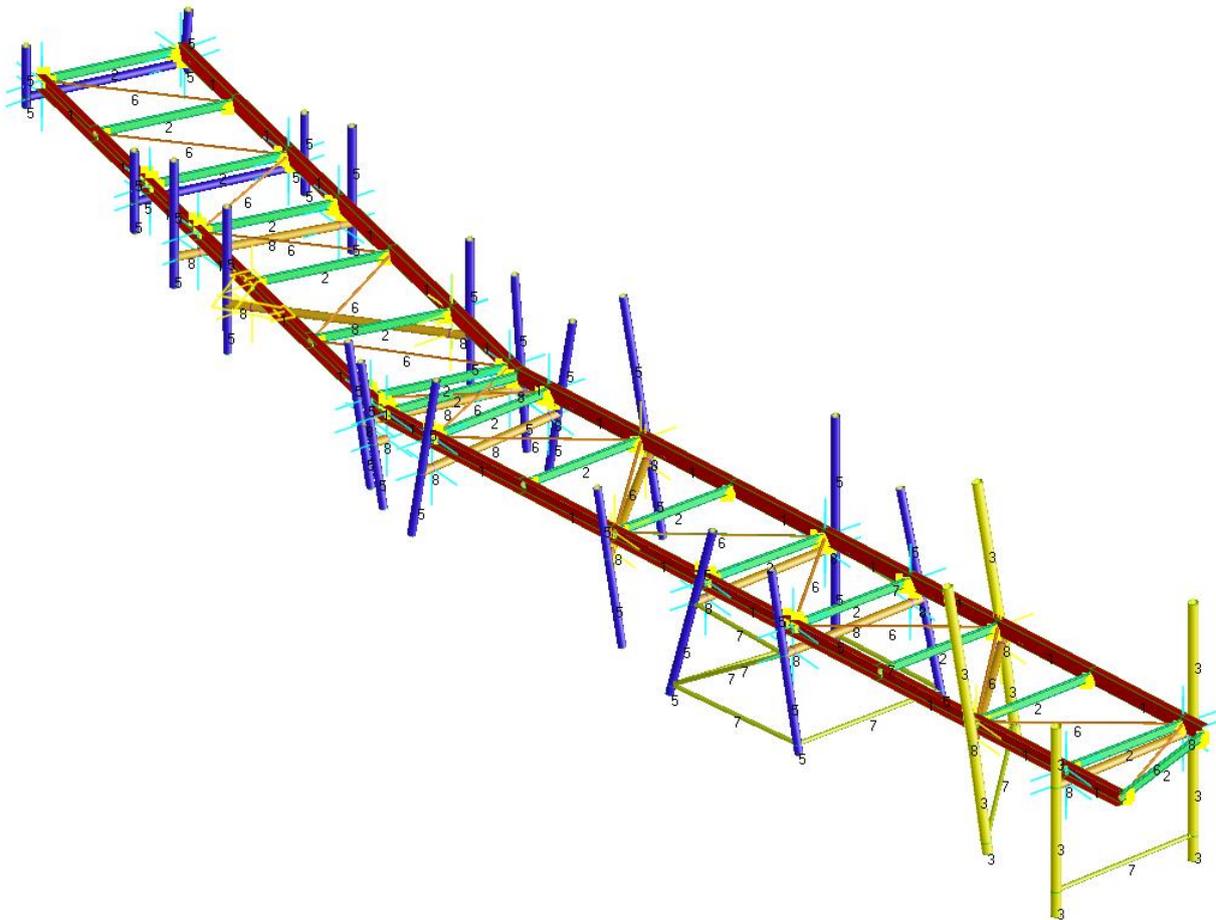
6.6. Schematizzazione della struttura e dei vincoli

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidezza e resistenza trascurabili a fronte dei principali. In particolare, sono stati calcolati a parte i montanti di sostegno del parapetto. È quindi stata eseguita una modellazione tridimensionale di tutte gli elementi costituenti la struttura principale. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

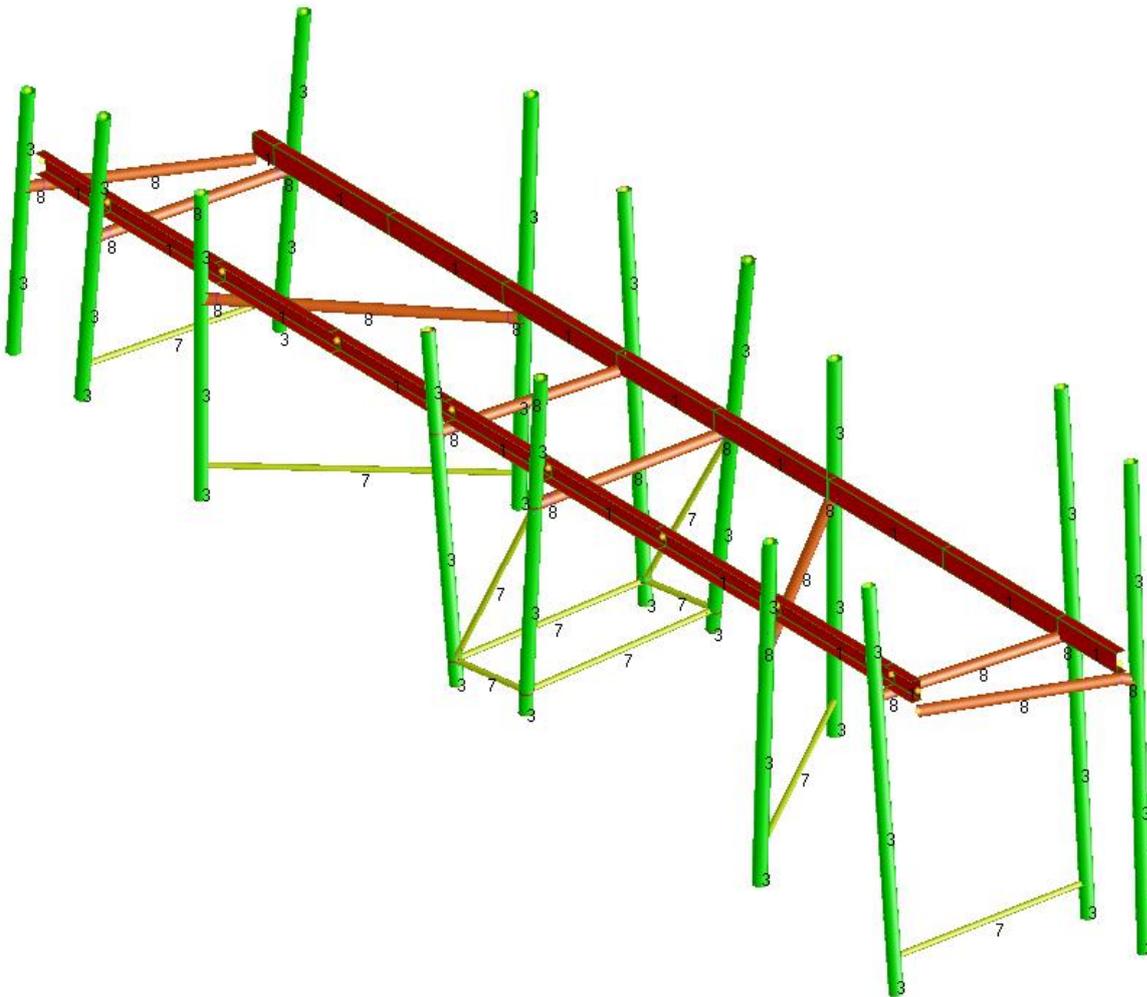
Il modello FEM è costituito quindi dai seguenti elementi:

- Nodi;
- beam: elementi lineari;
- truss: elementi lineari reagenti esclusivamente a trazione e compressione;
- load patch: elementi piani ripartitori di carico.

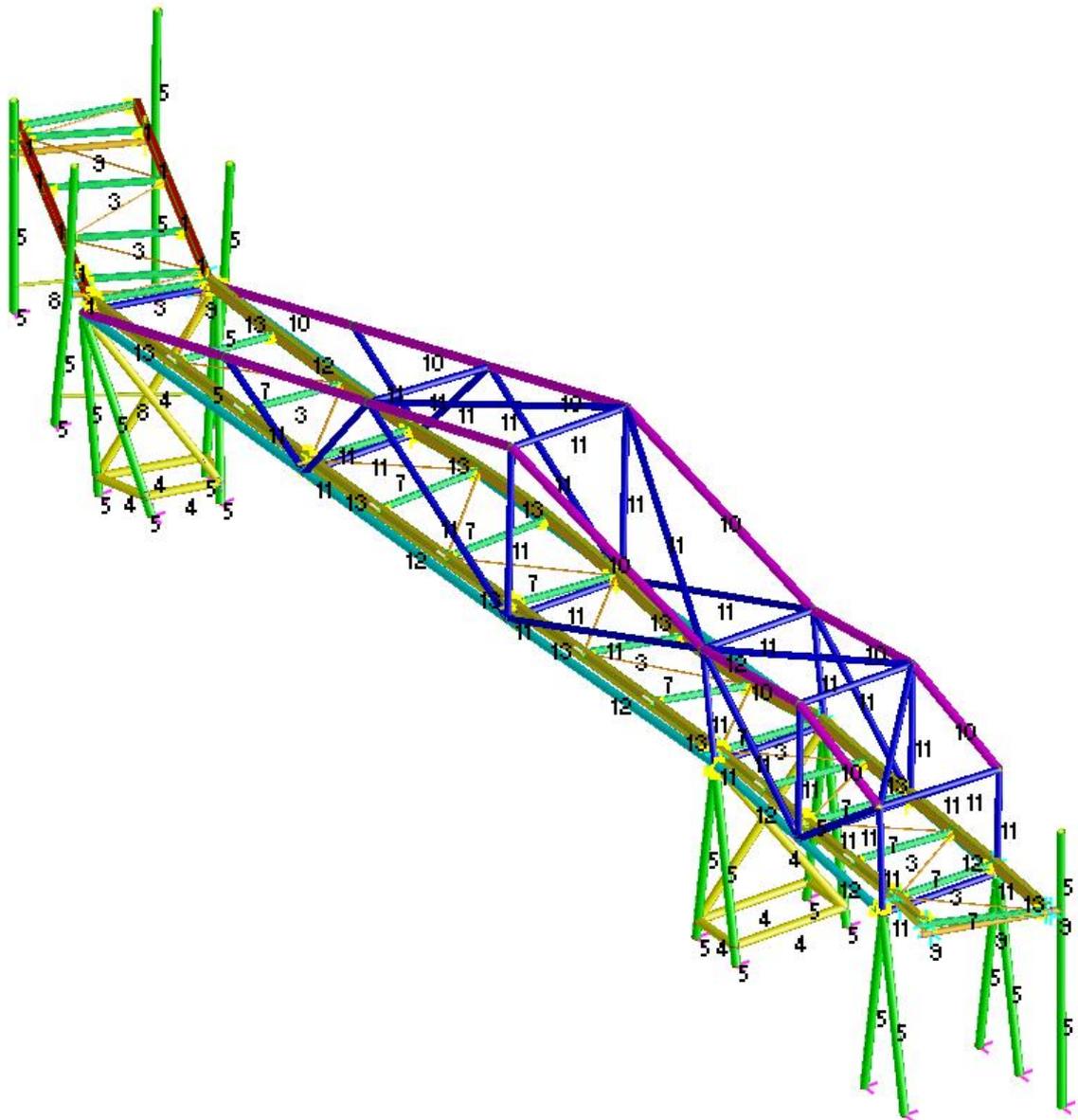
Negli allegati si riportano la numerazione e le coordinate dei nodi e degli elementi beam assieme agli svincoli assegnati alle aste. Si riporta l'identificativo delle aste adottate per le diverse sezioni.



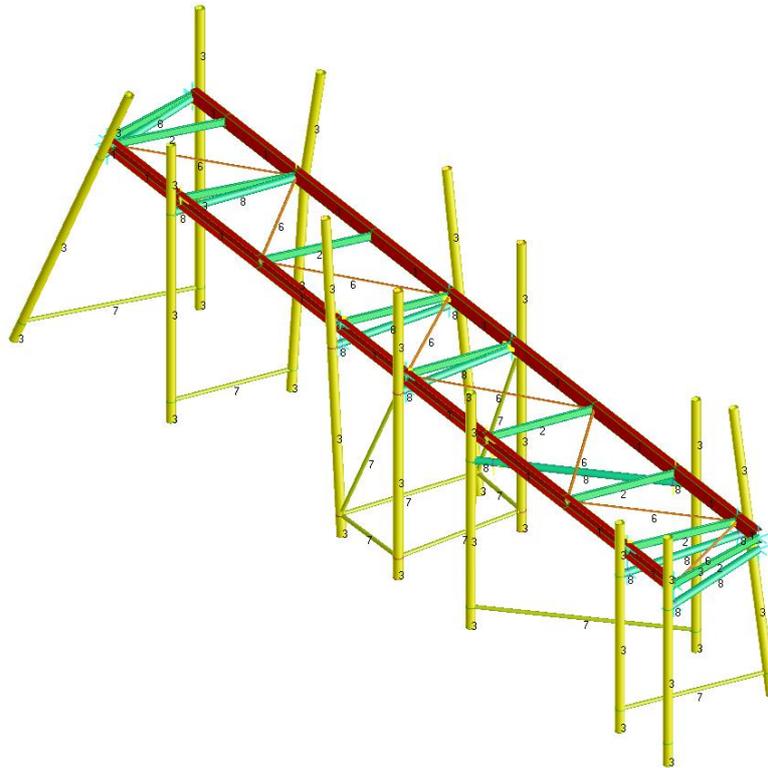
Blocco 1- Proprietà



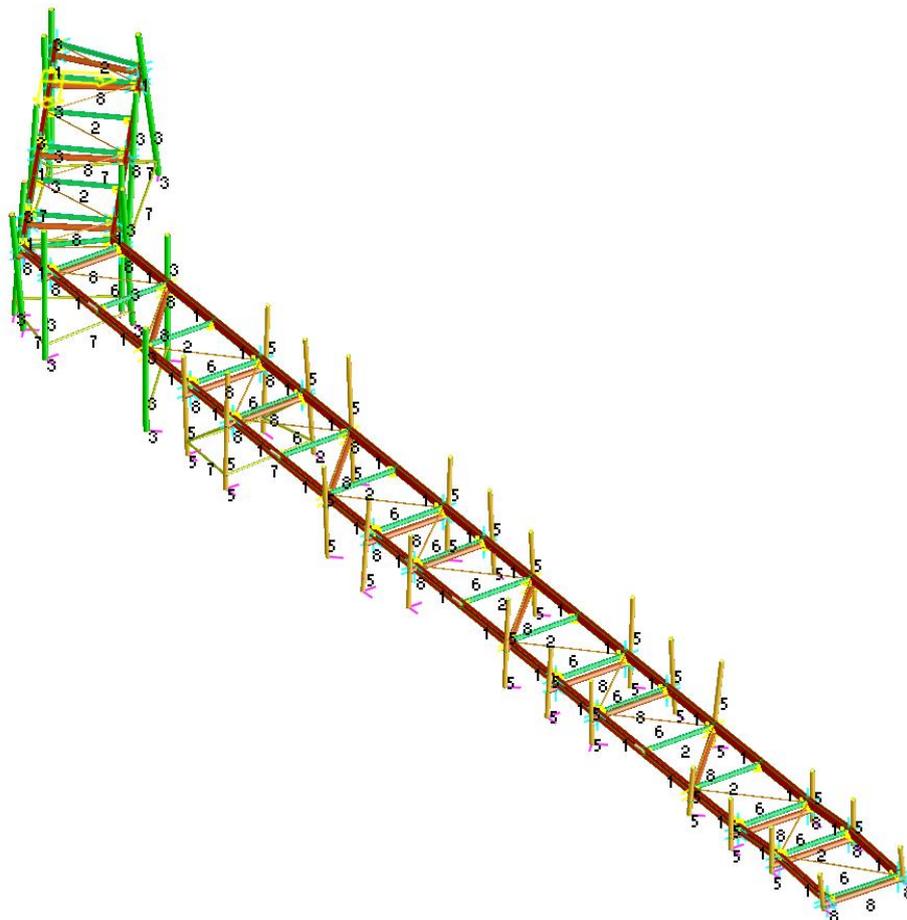
Blocco 2- Proprietà



Blocco 3- Proprietà



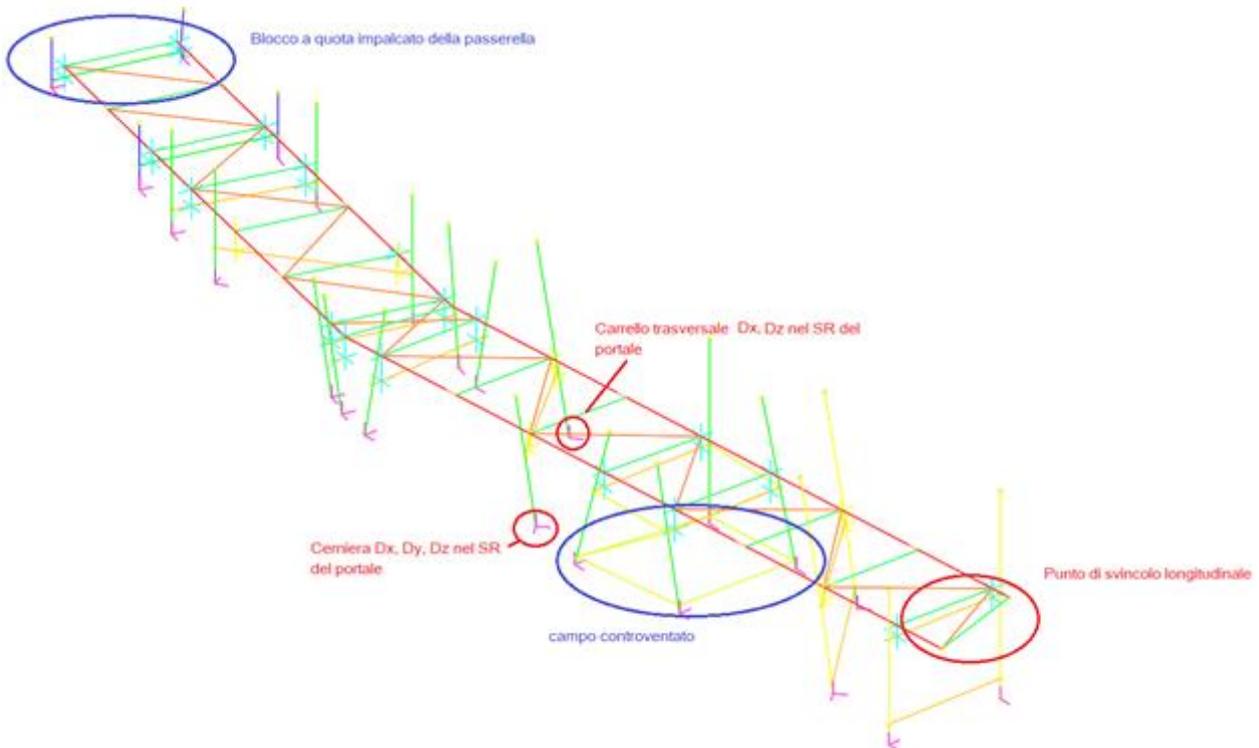
Blocco 4- Proprietà



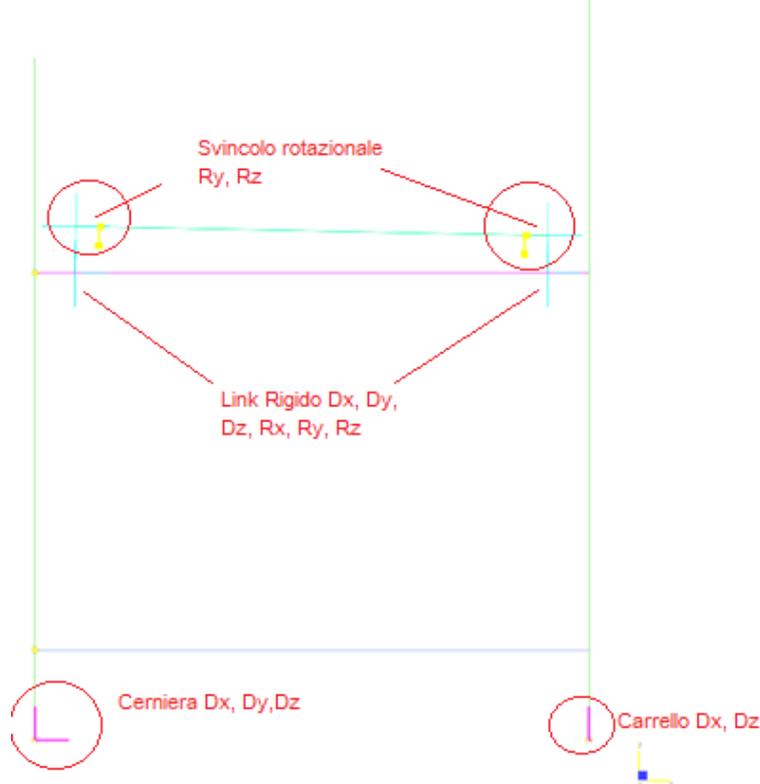
Blocco 5- Proprietà

6.6.1. Vincoli e svincoli assegnati

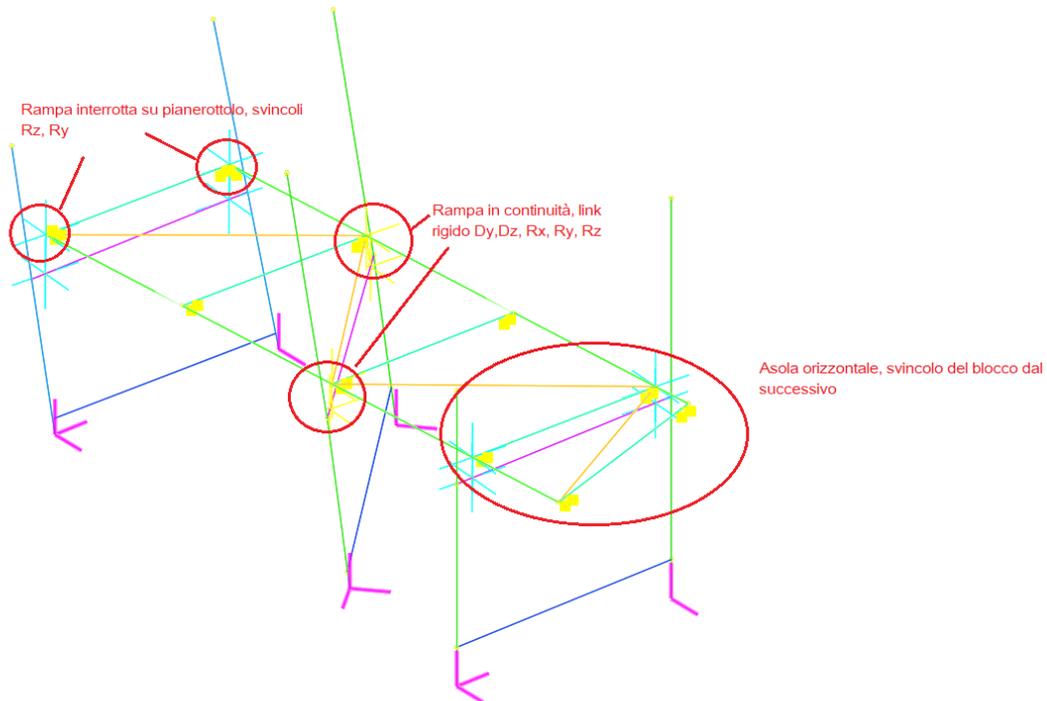
La struttura presenta uno schema di vincolo analogo per i diversi blocchi in progetto. A titolo esemplificativo, si riporta lo schema del blocco 1. Le voci Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz indicate sono gli spostamenti bloccati nel modello.



Sistema di vincolo blocco singolo passerella

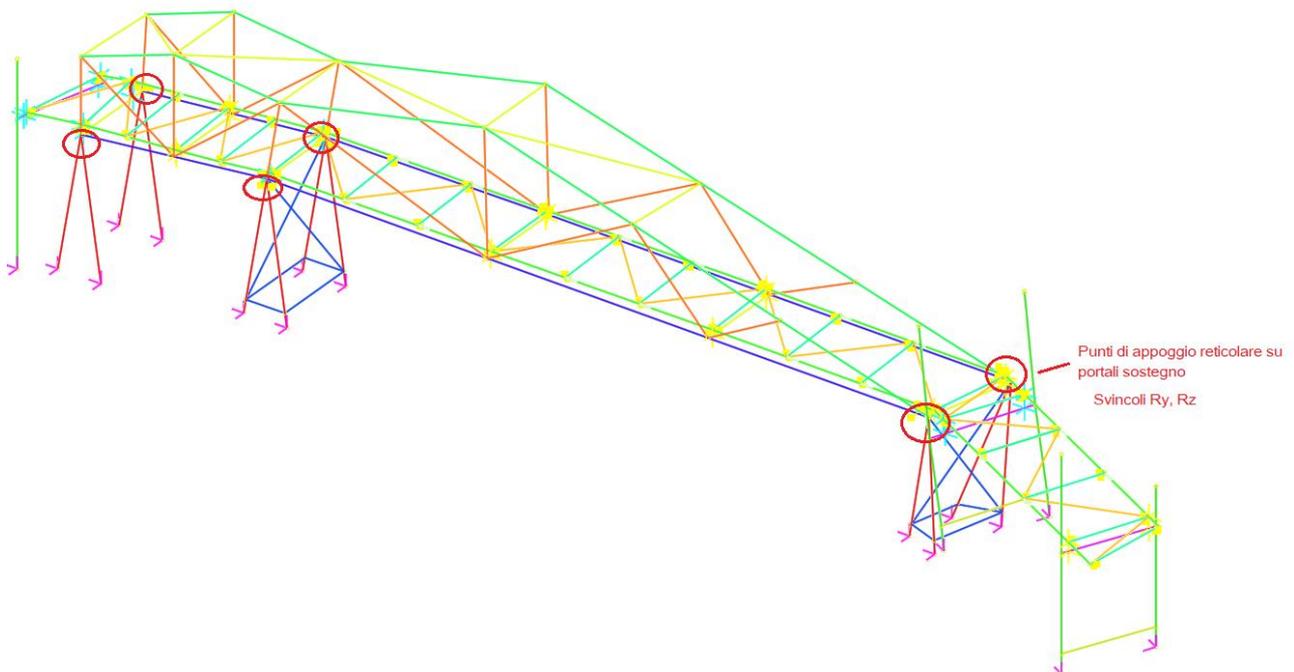


Sistema di vincolo portale trasversale



Schema di vincolo rampa

I cosciali sono vincolati nei confronti della torsione dalle traverse fissate sull'anima. Per tenere conto di questo contributo senza influenzare anche il comportamento flessionale della struttura, sono stati inseriti dei vincoli rotazionali fittizi R_x nel sistema di riferimento della rampa.



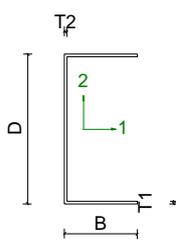
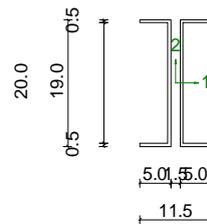
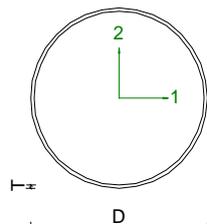
Schema di vincolo blocco 3

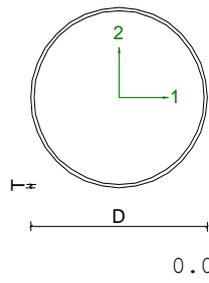
Il bocco 3, corrispondente al sovrappasso è costituito da portali trasversali analoghi a quelli delle altre parti della struttura, su cui verrà poggiata la reticolare a sostegno dell'impalcato. I cosciali dell'impalcato sono semplicemente appoggiati tra le traverse della reticolare.

6.6.2. Numerazione delle proprietà

Ad ogni proprietà viene assegnata un tipo specifico di elemento nel modello, raggruppato per funzione e posizione. In questo modo è stato possibile ottimizzare tutta la parte della struttura.

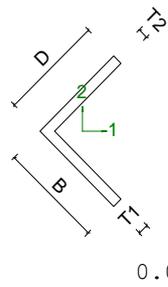
Di seguito riportiamo il riepilogo di ogni proprietà per la struttura primaria.

N° Prop	D	B	T1	T2	T3	L	
	0.8	0.0	Prop.1	40.0	20.0	0.8	0.8
	0.0	0.0	Prop.3	20.0	5.0	0.5	0.5
	0.0	0.0	Prop.4	27.3	0.0	0.5	0.0



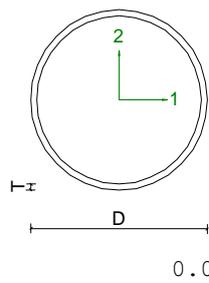
Prop.5 27.3 0.0 0.5 0.0

0.0 0.0



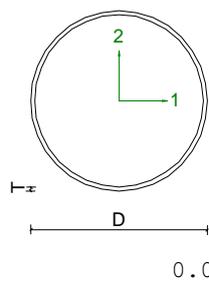
Prop.7 6.0 6.0 0.6 0.6

0.0 0.0



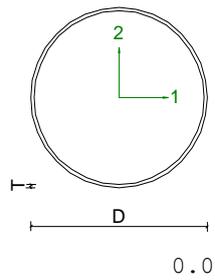
Prop.8 11.43 0.00 0.40 0.00

0.00 0.00



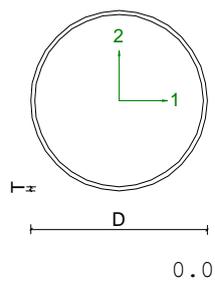
Prop.9 21.9 0.0 0.5 0.0

0.0 0.0



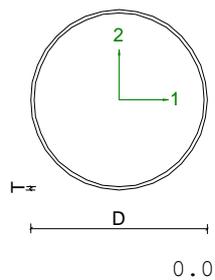
Prop.10 27.3 0.0 0.5 0.0

0.0 0.0



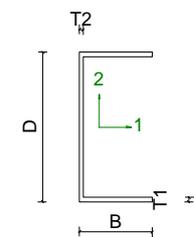
Prop.11 21.9 0.0 0.5 0.0

0.0 0.0



Prop.12 27.3 0.0 0.5 0.0

0.0 0.0



Prop.13 40.0 20.0 1.2 1.2

1.2 0.0

6.6.3. Proprietà inerziali

Proprietà	Area [cm ²]	I_{11} [cm ⁴]	I_{22} [cm ⁴]	J [cm ⁴]
-----------	----------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------

1	6.272e+01	1.607e+04	2.513e+03	1.335e+01
3	2.900e+01	1.522e+03	1.459e+02	7.273e+00
4	4.210e+01	3.781e+03	3.781e+03	7.561e+03
5	4.210e+01	3.781e+03	3.781e+03	7.561e+03
7	6.840e+00	3.714e+01	9.516e+00	8.027e-01
8	1.386e+01	2.111e+02	2.111e+02	4.221e+02
9	3.362e+01	1.925e+03	1.925e+03	3.851e+03
10	4.210e+01	3.781e+03	3.781e+03	7.561e+03
11	3.362e+01	1.925e+03	1.925e+03	3.851e+03
12	4.210e+01	3.781e+03	3.781e+03	7.561e+03
13	9.312e+01	2.339e+04	3.660e+03	4.454e+01

7. CASI DI CARICO

Tutti i carichi agenti sulla struttura sono considerati e raggruppati assieme in funzione della loro variabilità temporale: azioni permanenti e azioni variabili.

I seguenti carichi risultano agenti sulla struttura:

- Carichi permanenti
 - peso proprio della struttura (G1);
 - peso proprio degli elementi portati dalla struttura principale (G2).
- Carichi variabili
 - sovraccarico folla (Q);
 - carico vento trasversale sugli elementi strutturali;
 - deformazioni termiche (QT).
- Forza sismica

7.1. Carichi permanenti

7.1.1. Peso proprio strutturale

Il peso proprio dagli elementi in acciaio modellati viene calcolato automaticamente dal software con peso specifico adattato per considerare l'incremento del peso dovuto al piastrame utilizzato nelle giunzioni e negli irrigidimenti dei profili ($15\% \rightarrow 7850 \cdot 1.15 = 9027.5 \text{ kg/m}^3$).

I carichi descritti sono associati al caso di carico "**G1: Peso proprio**".

7.1.2. Peso proprio delle strutture portate

7.1.2.1. Carichi su camminamento

- Peso profili omega+ assito di legno sp. 4cm: **Totali assunti: 50 kg/mq**

I carichi descritti sono associati al caso di carico "**G2: Pesi permanenti portati**".

7.2. Carichi variabili

7.2.1. Carico operativo

C5.1.8 PONTI PEDONALI

Per i ponti pedonali si deve considerare lo schema di carico 4, folla compatta, applicato su tutta la parte sfavorevole della superficie d'influenza.

L'intensità del carico, comprensiva degli effetti dinamici, è di 5,0 kN/m². Tuttavia, quando si possa escludere la presenza di folla compatta, come accade per ponti in zone scarsamente abitate, l'intensità del carico può essere ridotta, previa adeguata giustificazione, a

$$2,50 \text{ kN/m}^2 \leq q_{f,r} = 2,0 + \frac{120}{L+30} \leq 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad [\text{C5.1.9}]$$

dove L è la lunghezza della stesa di carico in m.

Qualora, per operazioni di manutenzione o di soccorso, sia necessario considerare la presenza di un veicolo sul ponte si può considerare lo schema di carico di Figura C5.1.2, costituito da due assi di peso $Q_{sv1}=40 \text{ kN}$ e $Q_{sv2}=80 \text{ kN}$, comprensivi degli effetti dinamici, con carreggiata di 1,3 m ed interasse 3,0 m. L'impronta di ciascuna ruota può essere considerata quadrata di lato 20 cm. A questo schema può essere associata una forza orizzontale di frenamento pari al 60% del carico verticale.

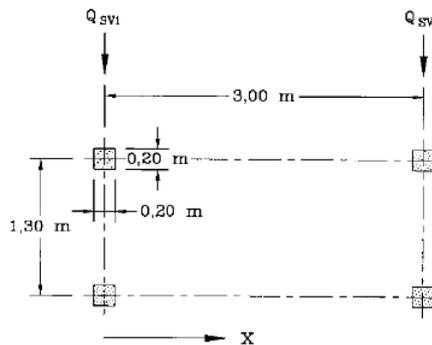


Figura C5.1.2 -Veicolo di servizio per ponti di 3ª categoria

Si decide di adottare conservativamente il valore di 500 kg/m²

I carichi descritti sono associati al caso di carico "3: Sovraccarico folla".

7.2.2. Carico neve

Il carico neve sulle piattaforme è pari 124 kg/m² secondo quanto richiesto dalla norma NTC18. Il valore risulta inferiore al carico folla e quindi viene trascurato.

DATI DI RIFERIMENTO	VAR	UNITA'	VALORE
Zona di riferimento			Zona 1 - Alpina
Altitudine sul livello del mare della costruzione	a_s	m	239
Valore di riferimento del carico neve	q_{sk}	kN/m ²	1.50

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	VAR	UNITA'	VALORE
Classe di topografica			Normale
Coeff. di esposizione	c_e	-	1.00

COEFFICIENTE TERMICO	VAR	UNITA'	VALORE
----------------------	-----	--------	--------

Coeff. termico	c_t	-	1.00
----------------	-------	---	------

COEFFICIENTE DI FORMA	VAR	UNITA'	VALORE
Tipologia di copertura: ad una falda			
Angolo di inclinazione della falda	α	$^\circ$	3.00
Coefficiente di forma	μ_1	-	0.80

Carico neve	q_s	kN/m^2	1.20
-------------	-------	-----------------	------

Essendo il carico neve inferiore a quello della folla ed essendo inferiore a quest'ultimo, si trascura il suo contributo.

7.2.3. Carico vento

Il calcolo della forza vento agente su ogni elemento strutturale è valutato secondo quanto richiesto dalla norma CNR DT-207.

7.2.3.1. Dati generali

zona:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

239 [m]

Distanza dalla costa

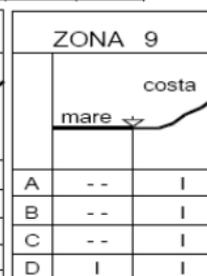
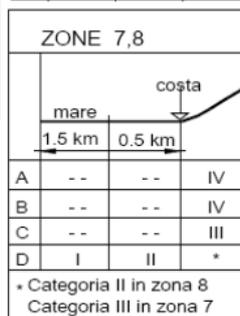
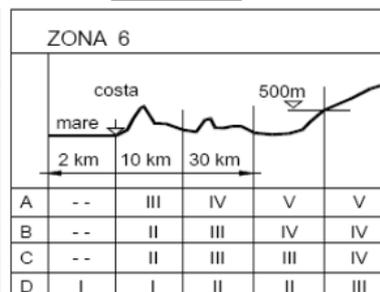
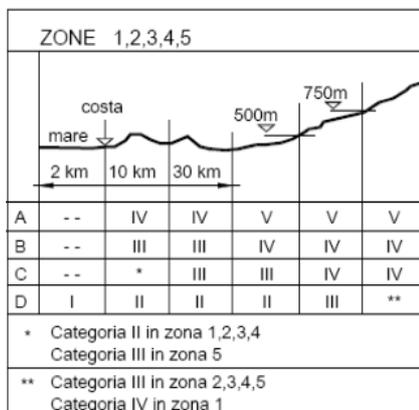
50 [km]

T_R (Tempo di ritorno):

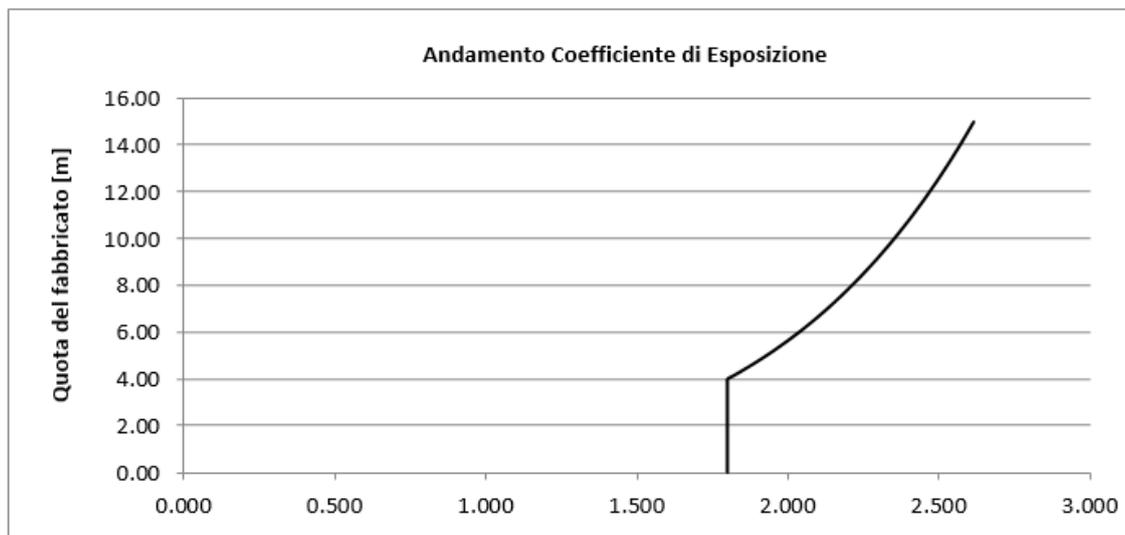
50 [anni]

Categoria di esposizione

II



Coefficiente di esposizione minimo	$C_{e,min}$	1.80	$z < 4.00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$C_{e,gronda}$	2.13	$z = 7.00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$C_{e,colmo}$	2.62	$z = 15.00$



7.2.3.2. Carico vento su impalcato

L'impalcato si trova ad una quota variabile tra un minimo a livello del suolo ed un massimo a quota +7.00m. Si adotta conservativamente l'altezza 7.00m, il coefficiente di pressione vale $C_p=2.10$.

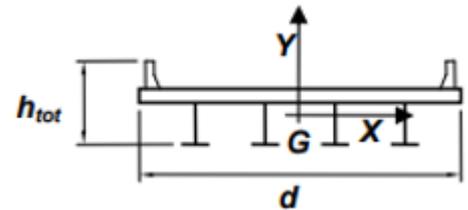
G.11.1 IMPALCATO ISOLATO

Ammettendo che il vento agisca in direzione prevalentemente orizzontale, ortogonale all'asse dell'impalcato, esso esercita nel piano della sezione un sistema di azioni aerodinamiche:

d, larghezza dell'impalcato [m]	4
htot, altezza totale [m]	1.5
d/htot	10
distanza tra le travi di bordo [m]	3.8

cfx	0.14	
cfy	1.2	-1.2
cmz	0.2	-0.2

Fx [kN/m]	0.75	
Fy [kN/m ²]	-0.59	-1.00
Mz [kNm/m]	2.68	-2.68
Fz (Mz) [kN/m]	0.70	-0.70



La rete tipo Geobrugg ha una percentuale di foratura tale da poter trascurare le azioni aerodinamiche agenti sulla rete, mentre il parapetto, non avendo una maglia di montanti fitta vista la presenza della rete, si stima in una percentuale di foratura del 50%.

Per tenere conto di possibili effetti dovuti ad elementi appesi che causino occlusioni o superfici esposte piene, si è deciso conservativamente di assumere la percentuale del parapetto come piena e ripartire le azioni equamente tra i montanti.

7.2.3.3. Carico vento sulla reticolare del sovrappasso

Le strutture reticolari del sovrappasso sono profili cavi circolari di diametro variabile tra 220mm e 273mm. Si riportano di seguito le indicazioni della CNR DT207 riguardo le azioni sulla struttura.

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Il vento esercita sulle strutture e sugli elementi a sezione circolare una forza per unità di lunghezza, nella direzione del flusso X , espressa dall'Eq. (G.18a). Tralasciando gli effetti di bordo tale forza è quantificata mediante un coefficiente di forza c_{fxo} .

La Figura G.51 riporta i coefficienti di forza c_{fxo} delle sezioni circolari in funzione del numero di Reynolds Re e dal rapporto k/b , essendo k la scabrezza della superficie e b il diametro della sezione. Le curve A e B riportate in Figura G.51 sono date dalle espressioni:

$$c_{fxo} = \frac{0,11}{(Re/10^6)^{1,4}} \leq 1,2 \quad (\text{curva A}) \quad (G.22a)$$

$$c_{fxo} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log_{10}(10 \cdot k/b)}{1 + 0,4 \cdot \log_{10}(Re/10^6)} \geq 0,4 \quad (k/b \geq 10^{-5}) \quad (\text{curva B}) \quad (G.22b)$$

La scelta della curva A o della curva B è eseguita tenendo presente l'andamento dei diagrammi in Figura G.51.

Il valore del numero di Reynolds è fornito nel paragrafo 3.3.7, identificando la dimensione di riferimento l con il diametro b . La Tabella G.XVII riporta alcuni valori di riferimento della scabrezza k delle superfici più comuni.

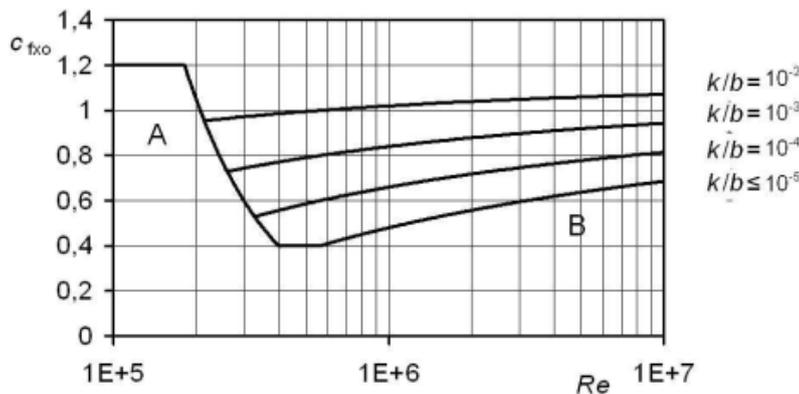


Figura G.51 – Coefficiente di forza c_{fxo} per strutture ed elementi a sezione circolare.

3.3.7 Numero di Reynolds

(1) Il numero di Reynolds Re all'altezza z sul suolo è fornito dalla relazione:

$$Re(z) = \frac{l \cdot v_m(z)}{\nu} \quad (3.16)$$

dove:

- l è una dimensione caratteristica della costruzione o dell'elemento considerato;
- v_m è la velocità media del vento (paragrafo 3.2.5);
- ν è la viscosità cinematica dell'aria. Di norma, in mancanza di stime precise legate alle condizioni locali del sito ove sorge la costruzione, $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Esprimendo l in m e v_m in m/s, Re risulta correttamente una grandezza adimensionale.

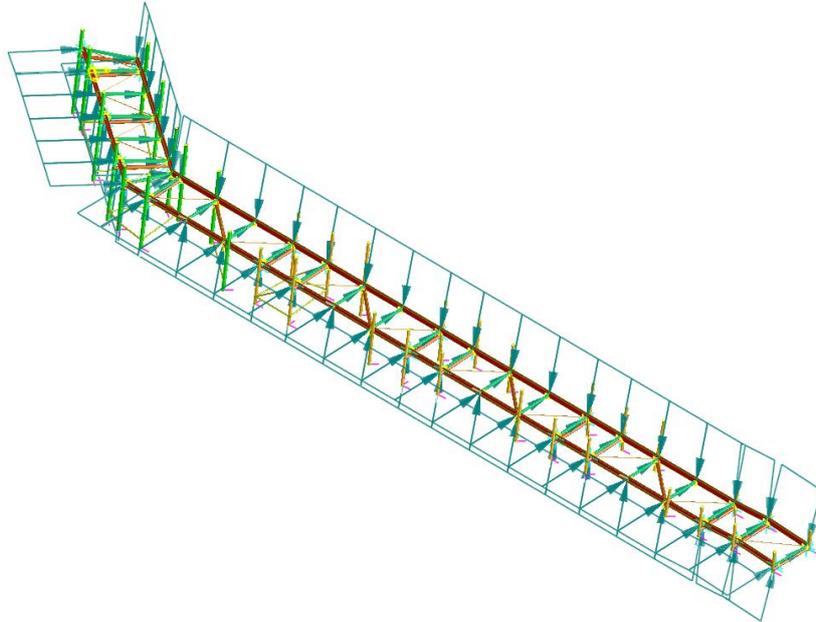
(2)P Nel caso di costruzioni o di elementi dotati di superfici arrotondate, l'Appendice G precisa, di volta in volta, la dimensione caratteristica l da usare nell'Eq. (3.16).

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie.

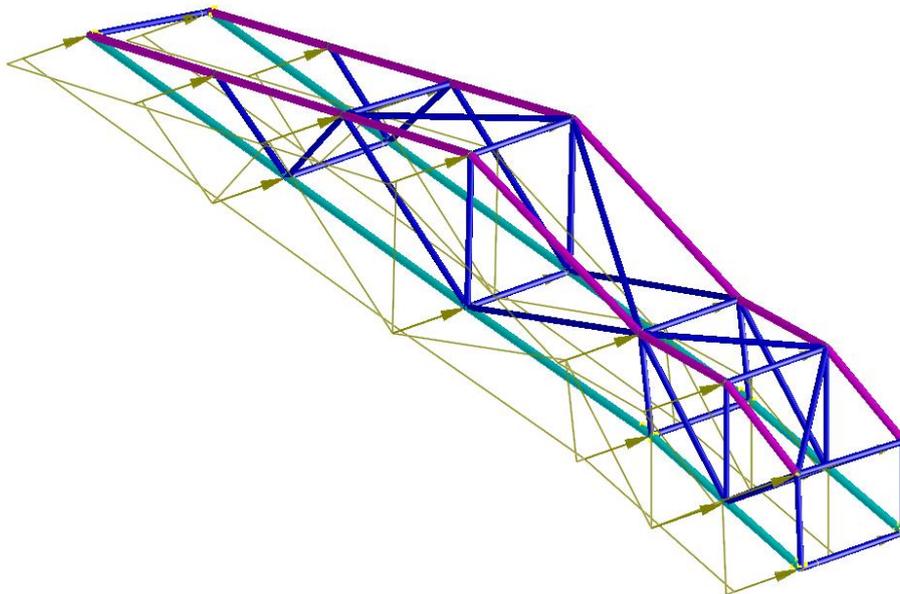
Superficie	k [mm]
Vetro	0,0015
Metalli lucidati	0,002
Pittura liscia	0,006
Pittura a spruzzo	0,02
Acciaio lucido	0,05
Ghisa	0,2
Acciaio galvanizzato	
Calcestruzzo lisciato	
Legno levigato	0,5
Calcestruzzo ruvido	1,0
Legno grezzo	2,0
Superfici arrugginite	
Murature	3,0

B	273	mm
Re	4550000	-
H,min	7	m
H, max	15	m
Ce,min	2.1	-
Ce,max	2.65	-
Ce,diagonali	2.4	-
Qw,correnti sup	42	Kg/m
Qw,correnti inf	52	Kg/m
Qw, diagonali	47	Kg/m

I carichi descritti sono associati ai casi di carico "5: Q_k vento"



Vento su rampe



Vento su reticolare

7.2.3.4. Vento longitudinale

Vista la conformazione del terreno attorno alla passerella, e vista la superficie forata della stessa, si assume trascurabile il contributo del vento longitudinale.

7.2.4. Deformazione termica

In accordo all'EC1 si prendono i seguenti valori di riferimento per le variazioni termiche.

TEMPERATURE CHANGES IN BRIDGES

Bridge decks

Bridge deck types

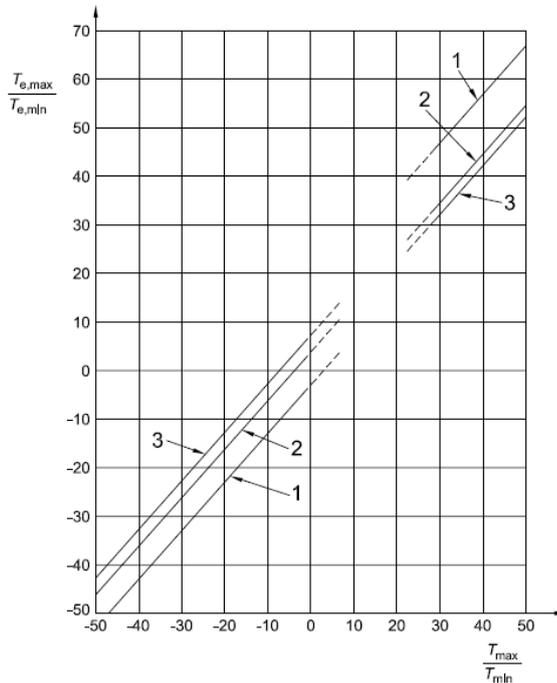
(1) For the purposes of this Part, bridge decks are grouped as follows:

- | | | |
|--------|----------------|---|
| Type 1 | Steel deck: | - steel box girder
- <u>steel truss or plate girder</u> |
| Type 2 | Composite deck | |
| Type 3 | Concrete deck: | - concrete slab
- concrete beam
- concrete box girder |

figura 6.1 Correlazione tra temperatura dell'aria all'ombra minima/massima (T_{min}/T_{max}) e componente di temperatura uniforme del ponte minima/massima ($T_{e,min}/T_{e,max}$)

Legenda

- 1 Tipo 1
2 Tipo 2
3 Tipo 3



Nota 1 I valori in figura 6.1 sono basati su un'escursione di temperatura giornaliera di 10 °C. Una tale escursione può essere considerata appropriata per la maggior parte degli Stati Membri.

Nota 2 Per travi di acciaio reticolari e a parete piena il valore massimo dato per il tipo 1 può essere ridotto di 3 °C.

6.1.3.2 Temperatura dell'aria all'ombra

(1) P I valori caratteristici della minima e massima temperatura dell'aria all'ombra per la collocazione del sito devono essere ottenuti, per esempio dalle mappe nazionali delle isoterme.

Nota Informazioni (per esempio le mappe delle isoterme) sulle minime e massime temperature dell'aria all'ombra, da utilizzare in un Paese, possono essere trovate nella sua appendice nazionale.

(2) Questi valori caratteristici dovrebbero rappresentare la temperatura dell'aria all'ombra per il livello medio del mare in aperta campagna con una probabilità annua di essere superata di 0,02. Si raccomanda che per altre probabilità annue di essere superate (p diverso da 0,02), differente quota sul livello del mare e altre condizioni locali (per esempio sacche di aria fredda) i valori siano adattati in accordo con l'appendice A.

3.5.2. TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

La temperatura dell'aria esterna, T_{estv} può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione o per le fasi transitorie relative ad interventi sulle costruzioni esistenti, il periodo di ritorno dell'azione potrà essere ridotto come di seguito specificato:

- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà $T_R \geq 5$ anni;
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi e un anno, si assumerà $T_R \geq 10$ anni;

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} dovranno essere calcolati in base alle espressioni riportate nel seguito, per le varie zone indicate nella Fig. 3.5.1. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.



Fig. 3.5.1 – Zone della temperatura dell'aria esterna.

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

$$T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.1]$$

$$T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.2]$$

$$T_{min} = -15 - 4 \cdot 239 / 1000 = -16^\circ$$

$$T_{max} = 42 - 6 \cdot 239 / 1000 = 40.6^\circ$$

$T_{e,min} = -20^\circ$

$T_{e,max} = 55^\circ$

APPENDICE
(normativa)

**A ISOTERME DELLE TEMPERATURE MINIME E MASSIME NAZIONALI
DELL'ARIA ALL'OMBRA**

A.1

Generalità

(1) I valori sia della massima sia della minima temperatura annua dell'aria all'ombra rappresentano valori con una probabilità annua di essere superata uguale a 0,02.

Nota 1 Le informazioni (per esempio mappe o prospetti o isoterme) sia sulla massima sia sulla minima temperatura annua dell'aria all'ombra, da utilizzare in un Paese, possono essere trovate nella sua appendice nazionale.

Nota 2 Può essere necessario correggere questi valori per l'altezza sopra il livello del mare. La procedura di correzione è fornita nell'appendice nazionale. Se non sono disponibili informazioni i valori della temperatura dell'aria all'ombra possono essere corretti sottraendo $0,5^\circ\text{C}$ per 100 m di altitudine per le temperature minime dell'aria all'ombra e $1,0^\circ\text{C}$ per 100 m di altitudine per le temperature massime dell'aria all'ombra.

(2) In luoghi dove i valori minimi si discostano dai valori forniti, come sacche di aria fredda e aree poco riparate dove i valori minimi possono essere sostanzialmente più bassi, o in larghe conurbazioni e siti costieri, dove il minimo può essere più alto di quello indicato nelle relative figure, si raccomanda che queste divergenze siano tenute in considerazione utilizzando dati meteorologici locali.

(3) Si raccomanda che la temperatura iniziale T_0 sia presa come la temperatura di un elemento strutturale a uno stadio significativo della formazione del suo schema statico (completamento). Se non prevedibile si raccomanda che sia presa la temperatura media durante il periodo di costruzione.

Nota Il valore di T_0 può essere specificato nell'appendice nazionale. Se non è disponibile nessuna informazione T_0 può essere preso pari a 10°C .

Da annesso nazionale si indicano 15° come temperatura di base.

Risulta quindi:

$$dT_{con} = T_0 - T_{e,min} = 15 - (-20) = 45^\circ$$

$$dT_{exp} = T_{e,max} - T_0 = 55 - 15 = 40^\circ$$

I seguenti valori di temperature sono stati applicati a tutti i nodi della struttura nel caso di carico "6:deformazione termica".

Vista l'altezza modesta del livello di camminamento, si trascurano le deformazioni termiche lungo l'asse dei profili.

7.3. Azione sismica

Al fine della valutazione dell'azione sismica si considerano, secondo quanto indicato dalla normativa vigente, due forme spettrali:

per gli stati limite di esercizio lo Stato Limite di Danno (SLD)

- a seguito del terremoto la costruzione, nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

per gli stati limite ultime lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

- a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Di seguito sono riportati i parametri adottati per il calcolo.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
7.6761

LATITUDINE
45.0781

Ricerca per comune

REGIONE
Piemonte

PROVINCIA
Torino

COMUNE
Torino

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ▶▶

Variabilità dei parametri ▶▶

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ▶▶

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

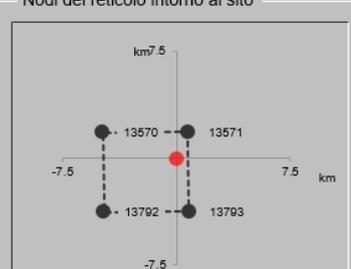
Interpolazione

superficie rigata ▼



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

$S_S = 1.200$ $C_C = 1.419$ info

$h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) $\xi = 5\%$ $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) $q_s = 1.5$ $\eta =$ info

Compon. verticale

Spettro di progetto $q = 1.5$ $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

È stato così definito lo spettro di risposta all'SLV con un fattore di struttura $q = 1.5$.

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,023	2,587	0,177
Danno (SLD)	50	0,029	2,592	0,194
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,055	2,760	0,272
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,065	2,811	0,287

È stata condotta un'analisi sismica dinamica lineare ottenendo così le forzanti sismiche in X e Y.

Il carico descritto è associato ai casi di carico "7: Sisma X" e "8: Sisma Y".

7.3.1. Carichi sismici

3.2.4. EFFETTI DELLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO

3.2.4.1 VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO

Nei punti di contatto con il terreno di opere con sviluppo planimetrico significativo, il moto sismico può avere caratteristiche differenti, a causa del carattere asincrono del fenomeno di propagazione, delle disomogeneità e delle discontinuità eventualmente presenti, e della diversa risposta locale del terreno.

Degli effetti sopra indicati deve tenersi conto quando essi possono essere significativi e in ogni caso quando le condizioni di sottosuolo siano così variabili lungo lo sviluppo dell'opera da richiedere l'uso di accelerogrammi o di spettri di risposta diversi.

In assenza di modelli fisicamente più accurati e adeguatamente documentati, un criterio di prima approssimazione per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico consiste nel sovrapporre agli effetti dinamici, valutati ad esempio con lo spettro di risposta, gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi.

Nel dimensionamento delle strutture in elevazione tali effetti possono essere trascurati quando il sistema fondazione-terreno sia sufficientemente rigido da rendere minimi gli spostamenti relativi. Negli edifici ciò avviene, ad esempio, quando si collegano in modo opportuno i plinti di fondazione.

Gli effetti dinamici possono essere valutati adottando un'unica azione sismica, corrispondente alla categoria di sottosuolo che induce le sollecitazioni più severe.

Qualora l'opera sia suddivisa in porzioni, ciascuna fondata su sottosuolo di caratteristiche ragionevolmente omogenee, per ciascuna di esse si adatterà l'appropriata azione sismica.

Adottando una fondazione su pali, e considerate le caratteristiche omogenee del terreno oltre una certa profondità, si assume che gli spostamenti relativi degli appoggi siano trascurabili.

3.2.3. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

3.2.3.1 DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (Capitolo 7) e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo, così come definita nel seguente §3.2.3.2, pari ad $a_g \geq 0,15g$.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento definiti nel § 3.2.2; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Quale che sia la probabilità di superamento P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R , la definizione degli spettri di risposta elastici, degli spettri di risposta di progetto e delle storie temporali del moto del terreno è fornita ai paragrafi successivi.

$a_g \leq 0,15g$, quindi è trascurata la componente verticale.

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito riportiamo tutte le combinazioni di carico necessarie per verificare tutte le condizioni di operabilità della struttura. Le verifiche saranno effettuate agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimo. Le azioni agenti sono combinate in condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini della verifica, tenendo conto di ridotte probabilità di alcune combinazioni.

8.1. Combinazioni delle azioni e coefficienti

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

A seguire vengono riportati degli estratti dal D.M. 17 gennaio 2018 relativamente alle combinazioni di carico agli Stati Limite, ai valori dei coefficienti parziali per le azioni e dei coefficienti di combinazione.

D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G_i} e γ_{Q_j} sono dati nel § 2.6.1.



Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

SLU actions safety factors

		Coeff.	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Dead load	FAV	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	UNFAV		1,10	1,35	1,00
Permanent loads	FAV	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	UNFAV		1,50	1,50	1,30
Traffic variable loads	FAV	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	UNFAV		1,35	1,35	1,15
Other variable loads	FAV	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	UNFAV		1,50	1,50	1,30
Design imposed deformations	FAV	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	UNFAV		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Other imposed deformations (creep, temperature, settlements...)	FAV	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	UNFAV		1,20	1,20	1,00

	1	2	3	4	5	6
NAME	SLU G+Qfolla+psi vento	SLU G+Qfolla+psi vento	SLU G+Neve + psiQfolla+psi vento	SLU G+Neve + psiQfolla+psi vento	SLU G+Vento (+) + psiQfolla+psi neve+	SLU G+Vento(-) + psiQfolla+psi neve+
GENERATE	1	1	1	1	1	1
1: G1 peso proprio [1: Freedom Case 1]	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
2: G2 permanenti [1: Freedom Case 1]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
3: Qk Neve [1: Freedom Case 1]	0	0	1.5	1.5	0	0
4: Qk folla [1: Freedom Case 1]	1.35	1.35	0.75	0.75	0.75	0.75
5: Qk vento [1: Freedom Case 1]	0.9	-0.9	0.9	-0.9	1.5	-1.5
6: Deformazione termica [1: Freedom Case 1]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
7: Sisma X [CQC]	0	0	0	0	0	0
8: Sisma Y [CQC]	0	0	0	0	0	0

	7	8	9	10	11	12
NAME	SLE G+Qfolla+psi vento	SLE G+Qfolla+psi vento	SLE G+Neve + psiQfolla+psi vento	SLE G+Neve + psiQfolla+psi vento	SLE G+Vento (+) + psiQfolla+psi neve+	SLE G+Vento(-) + psiQfolla+psi neve+
GENERATE	1	1	1	1	1	1
1: G1 peso proprio [1: Freedom Case 1]	1	1	1	1	1	1
2: G2 permanenti [1: Freedom Case 1]	1	1	1	1	1	1
3: Qk Neve [1: Freedom Case 1]	0	0	1	1	0	0
4: Qk folla [1: Freedom Case 1]	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
5: Qk vento [1: Freedom Case 1]	0.6	-0.6	0.6	-0.6	1	-1
6: Deformazione termica [1: Freedom Case 1]	1	1	1	1	1	1
7: Sisma X [CQC]	0	0	0	0	0	0
8: Sisma Y [CQC]	0	0	0	0	0	0

	13	14	15	16	17	18	19	20
NAME	SLVx++	SLVx+-	SLVx-+	SLVx--	SLVY++	SLVY+-	SLVY-+	SLVY--
GENERATE	1	1	1	1	1	1	1	1
1: G1 peso proprio [1: Freedom Case 1]	1	1	1	1	1	1	1	1
2: G2 permanenti [1: Freedom Case 1]	1	1	1	1	1	1	1	1
3: Qk Neve [1: Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0
4: Qk folla [1: Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0
5: Qk vento [1: Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0
6: Deformazione termica [1: Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0
7: Sisma X [CQC]	1	1	-1	-1	0.3	-0.3	0.3	-0.3
8: Sisma Y [CQC]	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1	1	-1	-1

9. VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITÀ – SLU E SISMICHE

In questo capitolo riportiamo tutti i controlli effettuati sugli elementi della struttura in questione, considerando le sollecitazioni combinate agli SLU e agli SLV.

9.1. Verifica degli elementi trave – SLU/SLV

Di seguito riportiamo le verifiche di resistenza e le verifiche di stabilità di tutte le travi che costituiscono la struttura nelle combinazioni SLU e SLV. Si rimanda agli allegati per le verifiche di dettaglio. Le traverse d'impalcato sono bloccate dalle omega fissate sopra, pertanto si escludono le verifiche di resistenza. I controventi L60x6 sono stati modellati a sole aste tese, quindi si escludono le verifiche di instabilità.

BLOCCO 1								
Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
1	0.47	65	Cmb 2	4	0.54	66	Cmb 2	4
2	0.78	22	Cmb 2	3	0	0	LC 1	
3	0.36	157	Cmb 1	3	0.33	157	Cmb 1	3
5	0.38	108	Cmb 1	2	0.27	145	Cmb 2	2
6	0.09	75	Cmb 6	4	0	0	LC 1	
7	0.13	154	Cmb 2	1	0.4	154	Cmb 2	1
8	0.57	18	Cmb 1	2	0.36	134	Cmb 2	2

BLOCCO 2								
Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
1	0.37	66	Cmb 2	4	0.5	77	Cmb 2	4
2	0.76	89	Cmb 1	3	0	0	LC 1	
3	0.36	56	Cmb 1	3	0.33	55	Cmb 2	3
6	0.06	81	Cmb 5	3	0	0	LC 1	
7	0.1	105	Cmb 5	T.	0.12	105	Cmb 6	1
8	0.49	15	Cmb 1	2	0.35	12	Cmb 5	2

BLOCCO 3								
Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
1	0.8	123	Cmb 2	4	0.98	122	Cmb 2	4
3	0.8	137	Cmb 1	3	0	0	LC 1	
4	0.18	203	Cmb 6	3	0.31	203	Cmb 6	3
5	0.66	5	Cmb 5	3	0.62	189	Cmb 6	3
7	0.44	153	Cmb 5	3	0	0	LC 1	
8	0.03	34	Cmb 1	T.	0	35	Cmb 6	1
9	0.49	12	Cmb 1	2	0.35	12	Cmb 1	2
10	0.52	157	Cmb 1	3	0.97	155	Cmb 2	3
11	0.63	61	Cmb 6	2	0.6	61	Cmb 2	2
12	0.43	67	Cmb 1	T.	0.47	71	Cmb 2	3
13	0.56	123	Cmb 2	4	0.68	122	Cmb 2	4

BLOCCO 4								
1	0.46	83	Cmb 1	4	0.6	81	Cmb 2	4

2	0.87	27	Cmb 1	3	0	0	LC 1	
3	0.45	62	Cmb 1	3	0.42	62	Cmb 1	3
6	0.07	90	Cmb 1	4	0	0	LC 1	
7	0.1	104	Cmb 5	1	0.47	104	Cmb 5	1
8	0.49	86	Cmb 1	2	0.4	21	Cmb 5	2

BLOCCO 5								
Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
1	0.59	167	Cmb 1	T.	0.5	164	Cmb 1	4
2	0.79	73	Cmb 1	3	0	0	LC 1	
3	0.35	231	Cmb 2	3	0.33	231	Cmb 2	3
5	0.37	205	Cmb 1	2	0.31	233	Cmb 2	2
6	0.18	187	Cmb 5	3	0	0	LC 1	
7	0.16	240	Cmb 5	T.	0.58	243	Cmb 5	1
8	0.61	170	Cmb 1	3	0.46	171	Cmb 2	3

10. VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI

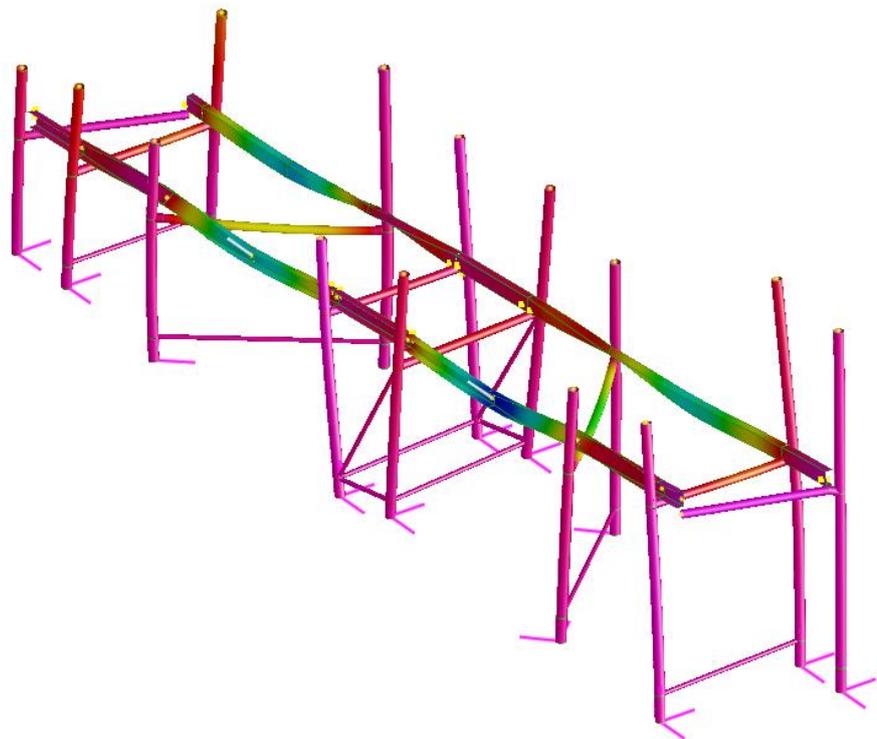
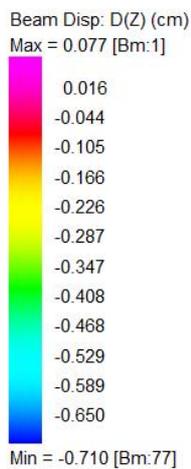
In questo capitolo verifichiamo gli spostamenti massimi della struttura secondo le combinazioni in esercizio (SLE) e sismiche (SLD).

Vengono verificati i seguenti spostamenti massimi:

- Dz < L/250 Combinazioni SLE;
- Dz < L/300 Soli carichi variabili;

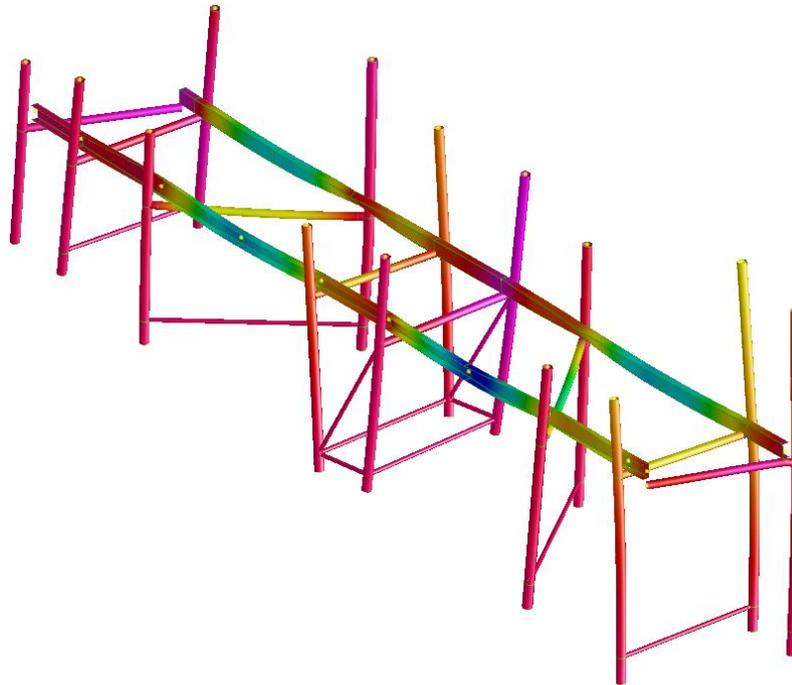
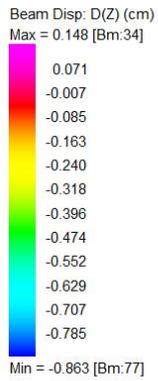
Si riportano le verifiche per un blocco tipo, su luce 7.00m, e per il sovrappasso, dove si ha la luce maggiore pari a 11.00m.

Si prevede di dare una controfreccia alla struttura del sovrappasso in modo che, in fase di montaggio, vengano riprese le deformazioni sotto il solo peso proprio della stessa. Pertanto, si procede a verificare solo le frecce da carichi variabili per quest'ultimo.



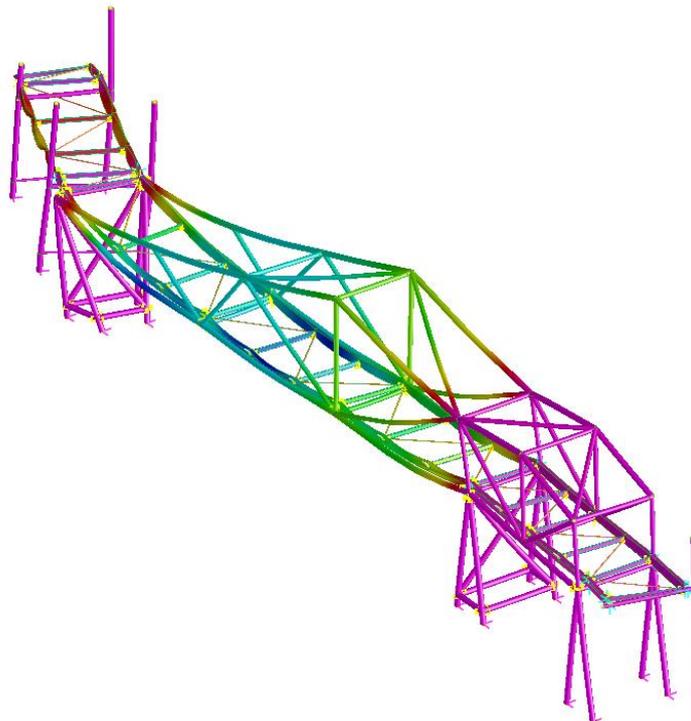
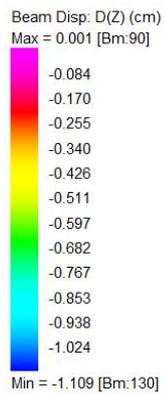
Deformata sotto carico folla passerella- blocco 2

$$D_z = 7.1 \text{ mm} < L/300 = 7000/300 = 23 \text{ mm} \quad \text{Verificato}$$



Deformata in combinazione rara passerella- blocco 2

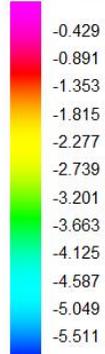
$D_z = 8.7 \text{ mm} < L/250 = 7000/250 = 28 \text{ mm}$ **Verificato**



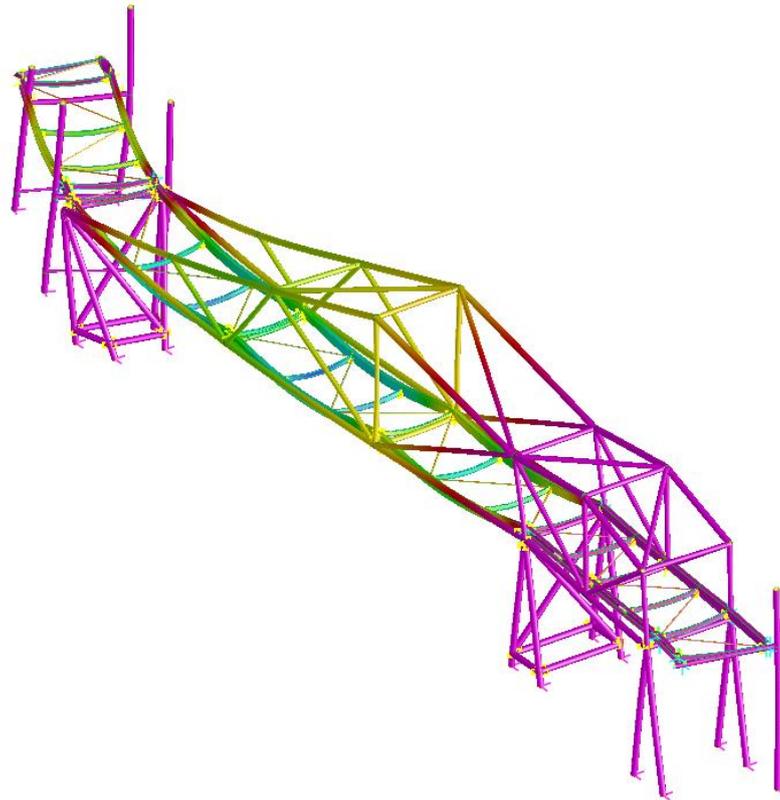
Deformata da peso proprio passerella- blocco 3

Sarà assegnata quindi una controfrecchia di 1cm alla campata di 30.00m della passerella.

Beam Disp: D(Z) (cm)
Max = 0.033 [Bm.2]



Min = -5.973 [Bm.139]



Deformata sotto carico folla passerella- sovrappasso

Il valore deve essere riferito agli appoggi, la deformata è nulla all'estremo in appoggio sulle colonne, mentre è pari a 33mm in corrispondenza della traversa della reticolare.

$$D_z = 59\text{mm} - 23\text{mm} = 36\text{mm} < L/500 = 11500/500 = 38 \text{ mm} \quad \text{Verificato}$$

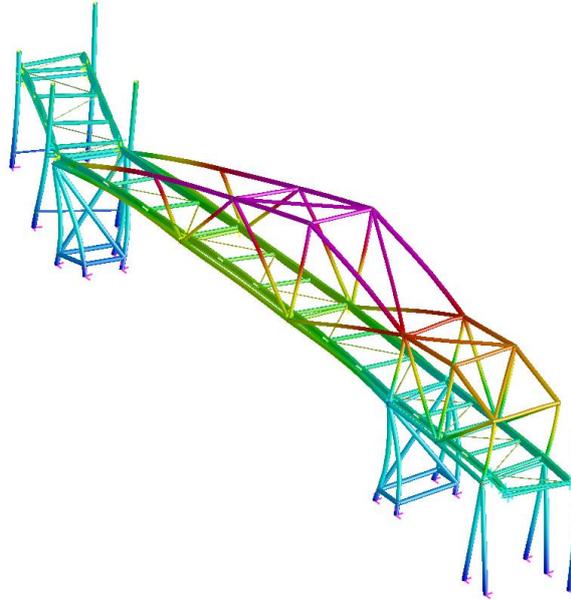
Si riportano anche gli spostamenti orizzontali della struttura:



Beam Disp: D(Y) (cm)
Max = 3.952 [Bm:154]



Min = 0.000 [Bm:5]



11. VERIFICHE DI FREQUENZA

In base a quanto reperito dalle diverse normative europee e ai dati in letteratura si individuano i seguenti range di frequenza potenzialmente rischiosi per l'insorgere del fenomeno della risonanza:

A titolo puramente informativo si può considerare che, in assenza di significativa risposta da parte del ponte, una persona che cammini ecciti il ponte con un'azione periodica verticale di frequenza compresa tra 1 e 3 Hz e un'azione orizzontale simultanea di frequenza compresa tra 0,5 e 1,5 Hz, e che un gruppo di persone in leggera corsa ecciti il ponte con una frequenza verticale pari a circa 3 Hz.

Si riportano di seguito i primi 20 modi vibrare sul sovrappasso, più critici dal punto di vista delle vibrazioni della struttura.

MODE PARTICIPATION MASS RATIOS FOR TRANSLATIONAL EXCITATION									
Mode	Frequency (Hz)	Modal Mass (kg)	Modal Stiff (kg#/cm)	P-DX (%)	P-DY (%)	P-DZ (%)	P-DX (%)	P-DY (%)	P-DZ (%)
1	2.609314E+00	8.954953E+03	2.454456E+03	8.791618E-01	7.912459E+01	8.911404E-04	0.879	79.125	0.001
2	2.694905E+00	2.774139E+02	8.110624E+01	1.781912E+00	7.169863E-03	5.176541E-02	1.782	0.007	0.052
3	2.933885E+00	4.884953E+03	1.692723E+03	1.138040E-02	3.618831E-01	2.798427E-02	0.011	0.362	0.028
4	4.223306E+00	6.300091E+03	4.523669E+03	1.499977E+01	8.741097E+00	4.849703E-02	15.000	8.741	0.048
5	4.239592E+00	3.372574E+03	2.440331E+03	1.131448E+01	4.513373E-02	1.077526E-02	11.314	0.045	0.011
6	4.671204E+00	6.714261E+03	5.897867E+03	1.195133E-01	9.135117E-03	4.022074E+01	0.120	0.009	40.221
7	4.828864E+00	2.340409E+03	2.196953E+03	5.686195E+01	5.709175E+00	2.756206E-02	56.862	5.709	0.028
8	5.638555E+00	3.926059E+02	5.024948E+02	2.805589E-03	2.654408E-03	2.649056E-01	0.003	0.003	0.265
9	5.775610E+00	5.271782E+03	7.079330E+03	1.628379E-01	3.372944E-02	4.597447E-01	0.163	0.034	0.460
10	6.268852E+00	2.921477E+02	4.621869E+02	5.121218E+00	7.310511E-03	5.465701E-04	5.121	0.007	0.001
11	6.382006E+00	1.657463E+02	2.717673E+02	9.775009E-02	9.098461E-03	2.410817E-04	0.098	0.009	0.000
12	6.438319E+00	4.292861E+02	7.163593E+02	1.177726E-01	1.207003E-03	9.790378E-02	0.118	0.001	0.098
13	6.581056E+00	2.120802E+03	3.697690E+03	3.059655E-02	1.327554E-02	7.605611E-02	0.031	0.013	0.076
14	6.602437E+00	2.426562E+02	4.258326E+02	1.501716E-01	1.069183E-01	5.112227E-03	0.150	0.107	0.005
15	6.807006E+00	2.237436E+02	4.173515E+02	4.477447E-03	1.024692E-03	7.768275E-02	0.004	0.001	0.078
16	6.914717E+00	3.895667E+03	7.498418E+03	1.178106E+00	5.452577E-02	1.327739E-02	1.178	0.055	0.013
17	7.275782E+00	2.002311E+03	4.267073E+03	3.532667E-04	2.390269E-04	4.390359E-03	0.000	0.000	0.004
18	7.371029E+00	1.698011E+03	3.713948E+03	5.042914E-06	5.069362E-03	1.278097E+00	0.000	0.005	1.278
19	7.389277E+00	1.174381E+02	2.581381E+02	1.868181E-03	3.594016E-01	2.284680E-01	0.002	0.359	0.228
20	7.474412E+00	1.892162E+03	4.256508E+03	2.668221E-02	3.117291E-03	9.932567E-01	0.027	0.003	0.993
TOTAL TRANSLATIONAL MASS PARTICIPATION (%)				9.286281E+01	9.459576E+01	4.388790E+01	92.863	94.596	43.888

Sulla base delle analisi di frequenza effettuate, siamo sopra ai 3Hz verticali, e fuori dai range critici.

12. VERIFICA PALI A VITE TIPO TITA

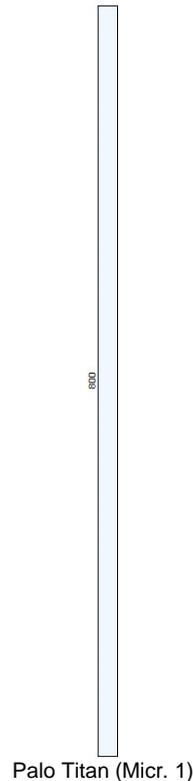
Si riportano di seguito le verifiche effettuate su un palo di fondazione tipologico.

12.1. Dati generali

12.1.1. Dati del progetto

12.1.1.1. Tipi di palo

Nel progetto è utilizzata una sola tipologia di micropalo.



12.1.1.2. Stratigrafia

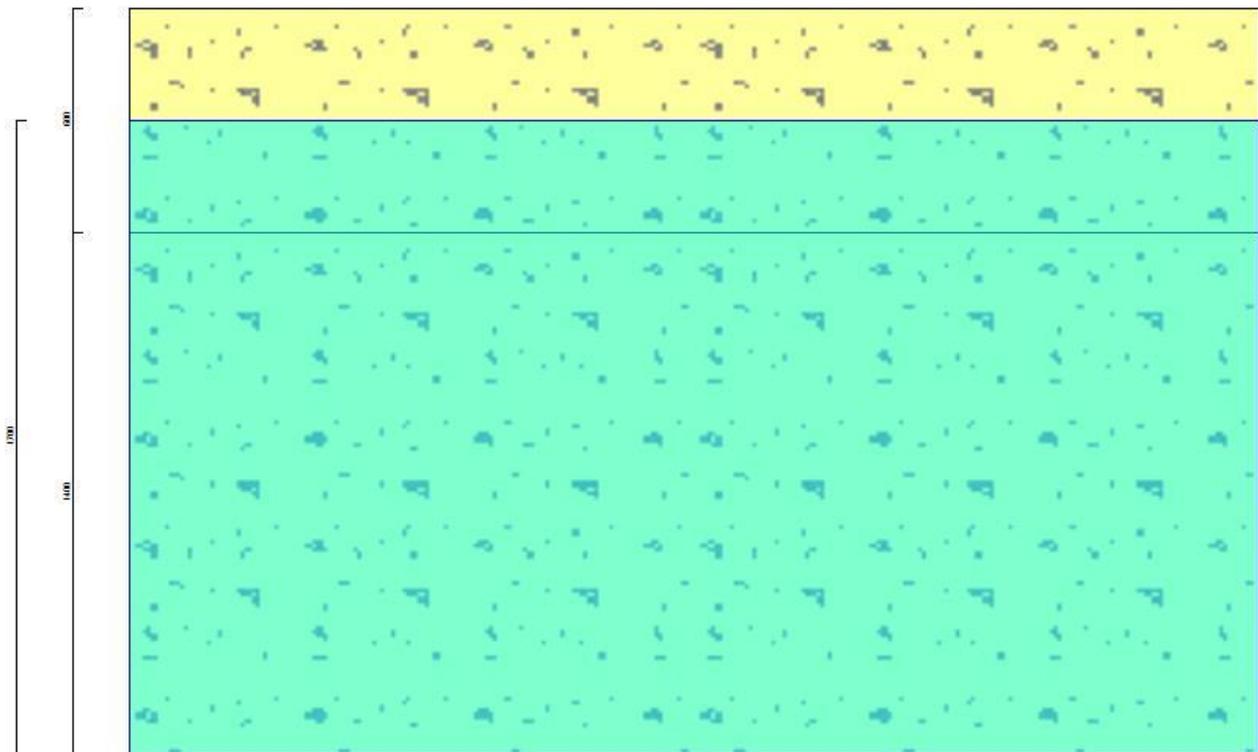
Nel calcolo sono utilizzati 2 tipi di terreno, le cui caratteristiche sono di seguito elencate.

T1	Sabbia SM - Sabbie limose, miscele di sabbia e limo					limosa
γ_d [daN/cm ³]	γ_t [daN/cm ³]	c'_k [daN/cm ²]	ϕ'_k [°]	$s_{u,k}$ [daN/cm ²]	$q_{u,k}$ [daN/cm ²]	
0.0018	0.0021	0	25	-	-	
E_s [daN/cm ²]	G_s [daN/cm ²]	V_s [m/s]	Liquefazione			
400	250	300	Questo terreno non è suscettibile di liquefazione.			
Descrizione: Terreno sabbioso.						
T2	Ghiaie GW - Ghiaie a granulometria ben assortita o miscele di ghiaia e sabbia, con frazione fine scarsa o assente					sabbie
γ_d [daN/cm ³]	γ_t [daN/cm ³]	c'_k [daN/cm ²]	ϕ'_k [°]	$s_{u,k}$ [daN/cm ²]	$q_{u,k}$ [daN/cm ²]	
0.00195	0.0022	0	36	-	-	
E_s [daN/cm ²]	G_s [daN/cm ²]	V_s [m/s]	Liquefazione			
400	250	300	Questo terreno non è suscettibile di liquefazione.			
Descrizione: Terreno sabbioso.						

Seguono le caratteristiche della stratigrafia utilizzata nei calcoli.

S1	2 strati - Una falda		
Strato	Quota[cm]	Altezza[cm]	Terreno
1	0	600	T1
2	-600	1400	T2

Falda	Quota[cm]	Altezza[cm]	Z piez.[cm]
1	-300	1700	-

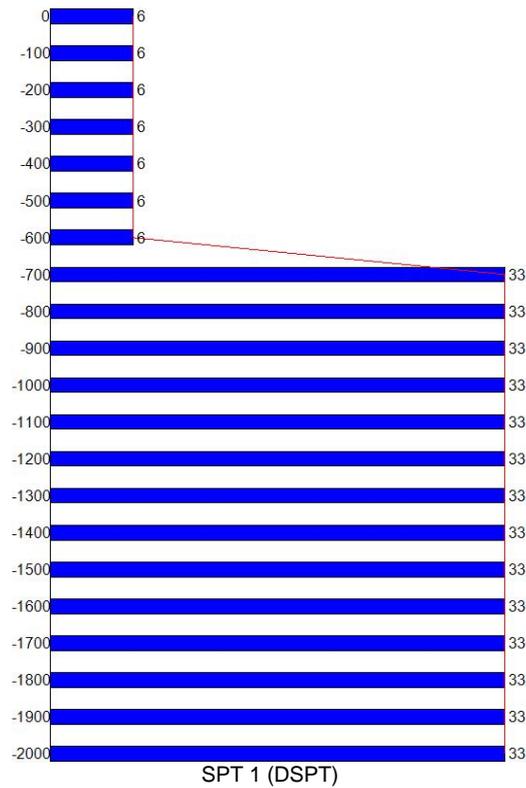


Str. 1

12.1.1.3. Prove penetrometriche

Seguono i dati della prova penetrometrica SPT utilizzata.

SPT1	DSPT	
21 dati		
n°	Quota[cm]	N
1	0	6
2	-100	6
3	-200	6
4	-300	6
5	-400	6
6	-500	6
7	-600	6
8	-700	33
9	-800	33
10	-900	33
11	-1000	33
12	-1100	33
13	-1200	33
14	-1300	33
15	-1400	33
16	-1500	33
17	-1600	33
18	-1700	33
19	-1800	33
20	-1900	33
21	-2000	33



12.2. Verifica pali configurazione 1

12.2.1. Punti maglia

La palificata comprende 2 punti maglia, a ciascuno dei quali corrispondono delle coordinate, un tipo di palo ed i dati del terreno.

Punto	X[cm]	Y[cm]	Palo	β [°]	θ [°]	Rotaz.	Stratig.	SPT	CPT	Descr.
PM1	0	-25	M1	0	0	Impedita	S1	SPT1	-	
PM2	0	25	M1	0	0	Impedita	S1	SPT1	-	

12.2.2. Fondazione

I pali sono collegati da una fondazione, il cui contorno è definito da 4 vertici.

Vertice	X[cm]	Y[cm]
V1	-50	50
V2	50	50
V3	50	-50
V4	-50	-50

Le sollecitazioni sono applicate nel seguente punto sulla fondazione.

Punto	X[cm]	Y[cm]
P1	0	0

12.2.3. Vista in pianta della palificata

	1	2
		
** INFORMAZIONI **	** C.Port. **	** Acc.:sig.id. **
Tipo palo: M1 L: 800 [cm] W: 696 [daN] Stratigrafia: S1 Tipologia: 1	Caso: 1-6 fs: $\downarrow 16355/7779 = 2.10$ verifica: SI	Caso: 2-5 fs: $4381/3913.8 = 1.12$ verifica: SI
	** R.Tras. **	
Tipo palo: M1 L: 800 [cm] W: 696 [daN] Stratigrafia: S1 Tipologia: 1	Caso: 2-5 fs: $40492/1798 = 22.52$ verifica: SI	** Acc.:sig.id. **
	verifica: SI	Caso: 2-5 fs: $4381/3899.3 = 1.12$ verifica: SI
	** R.Tras. **	
	Caso: 2-5 fs: $40492/1798 = 22.52$ verifica: SI	

Vista in pianta delle palificata

12.2.3.1. Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione

Il seguente calcolo di capacità portante vale per tutti i pali.

Si riporta integralmente il calcolo di capacità portante per la situazione peggiore (coef. di sicurezza minore): Punto maglia PM1, Caso C3 (Stato limite ultimo).

12.2.4. Descrizione dei metodi di calcolo utilizzati

12.2.4.1. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la portata laterale.

Il calcolo della portata per attrito laterale viene effettuato col metodo **Bustamante e Doix**.

L'attrito laterale è valutato secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (1985), di carattere empirico, basate sull'interpretazione di prove in scala reale. Secondo la stratigrafia e la tipologia di iniezione, viene valutato il diametro medio del bulbo di malta iniettata e l'attrito limite da questa sviluppato col terreno circostante. Questo metodo è applicabile a terreni coesivi e non coesivi, per micropali.

$$Q_{s,lim} = D_s L_s q$$

12.2.4.2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per il modulo di reazione orizzontale.

Il calcolo del modulo di reazione orizzontale viene effettuato col metodo **Lineare**.

Il valore del modulo di reazione orizzontale varia linearmente con la quota, e viene calcolato come somma di un termine costante (A) più un coefficiente (B) moltiplicato per l'approfondimento (z) sotto il piano campagna.

12.2.4.3. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la resistenza trasversale laterale.

Il calcolo della resistenza trasversale laterale viene effettuato col metodo **Broms**.

La teoria pubblicata da Broms nel 1964 propone due approcci differenti per terreni coesivi e non coesivi. Per terreni sciolti, propone una distribuzione di resistenza ultima pari a tre volte la pressione di resistenza passiva valutata secondo la teoria di Rankine, $p_l = 3K_p \sigma'_v$. Per terreni coesivi, propone una distribuzione di p_l che vede un tratto nullo per i primi 1.5 diametri dalla superficie, seguito da un tratto con valore di resistenza pari a $9s_u$ (resistenza al taglio non drenata) per profondità maggiori.

$$p_{lim} = 3 K_p \sigma'_{v0} \text{ (terreno non coesivo)}$$

$$p_{lim} = 9 s_u \text{ (terreno coesivo)}$$

Caso 3 - SLU G+Neve + psiQfolla+psi vento

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali per le azioni: $\gamma_{G1,f}=1.00$, $\gamma_{G1,s}=1.30$, $\gamma_{G2,f}=0.80$, $\gamma_{G2,s}=1.50$, $\gamma_{Qi,f}=0.00$, $\gamma_{Qi,s}=1.50$.

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza, secondo il numero di verticali indagate:

n. vert.	1
ξ_{med}	1.70
ξ_{min}	1.70

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali alle portate calcolate, secondo il tipo di palo:

Tipo di palo	Infisso	Trivellato	A elica continua	Micropalo	Avvitato
γ_b	1.15	1.35	1.30	1.35	1.15
γ_s	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
γ_{st}	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Alle sollecitazioni applicate viene aggiunto il peso proprio del palo, amplificato col coefficiente parziale $\gamma_{G1,fav}=1.00$ o $\gamma_{G1,sfa}=1.30$, secondo il caso.

Calcolo della portata di base.

La portata di base viene trascurata, posta pari a 0.

Calcolo della portata laterale.

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

Strato 1: Sabbia limosa

Metodo **Bustamante e Doix** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [cm] a quota -600 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -300 [cm].

Il diametro della perforazione vale 20 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (IGU - iniezione globale unica in pressione), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento del 15%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 23 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.15. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione del valore di N_{spt} . Alla quota di interesse si ha un N_{spt} di 6.0 [colpi/piede]. Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 0.35 [daN/cm²].

La portata laterale calcolata vale 13006.19 [daN] (9104.34 [daN]). Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applicano $\gamma_s=1.15$ e $\gamma_{st}=1.25$. Portate di calcolo: $Q_{sc,d} = 6652.78$ [daN] (s/D=0.40%). $Q_{st,d} = 4284.39$ [daN] (s/D=0.40%).

Strato 2: Ghiaie e sabbie

Metodo **Bustamante e Doix** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -600 [cm] a quota -800 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -700 [cm].

Il diametro della perforazione vale 20 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (IGU - iniezione globale unica in pressione), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento del 15%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 23 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.15. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione del valore di N_{spt} . Alla quota di interesse si ha un N_{spt} di 33.0 [colpi/piede]. Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 1.9 [daN/cm²].

La portata laterale calcolata vale 18967.37 [daN] (13277.16 [daN]). Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applicano $\gamma_s=1.15$ e $\gamma_{st}=1.25$. Portate di calcolo: $Q_{sc,d} = 9701.98$ [daN] (s/D=0.40%). $Q_{st,d} = 6248.07$ [daN] (s/D=0.40%).

Portata laterale totale

La portata di calcolo $Q_{sc,d} 16354.76$ [daN], $Q_{st,d} 10532.47$ [daN].

Portata totale (base + laterale)

La portata di calcolo $Q_{tc,d} 16354.76$ [daN], $Q_{tt,d} 10532.47$ [daN].

Calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

Strato 1: Sabbia limosa

Metodo **Lineare** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [cm] a quota -600 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -300 [cm].

L'approfondimento vale 300 [cm]. Il modulo di reazione orizzontale calcolato vale 1.5 [daN/cm³].

Modulo di reazione orizzontale medio: $k_{so,med} = 1.5$ [daN/cm³].

Strato 2: Ghiaie e sabbie

Metodo **Lineare** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -600 [cm] a quota -800 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -700 [cm].

L'approfondimento vale 700 [cm]. Il modulo di reazione orizzontale calcolato vale 3.5 [daN/cm³].

Modulo di reazione orizzontale medio: $k_{s0,med} = 3.5$ [daN/cm³].

Calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

Strato 1: Sabbia limosa

Metodo **Broms** per il calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [cm] a quota -600 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -300 [cm].

L'angolo di resistenza al taglio ϕ'_k vale 25. La tensione verticale efficace vale $\sigma'_v = 0.54$ [daN/cm²]. La pressione limite laterale calcolata vale 3.99 [daN/cm²].

La resistenza trasversale laterale calcolata vale 43370.3 [daN]. Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applica $\gamma_{tr}=1.30$. Resistenza trasversale di calcolo: $R_{tr,d} = 19624.57$ [daN].

Strato 2: Ghiaie e sabbie

Metodo **Broms** per il calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -600 [cm] a quota -800 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -700 [cm].

L'angolo di resistenza al taglio ϕ'_k vale 36. La tensione verticale efficace vale $\sigma'_v = 1$ [daN/cm²]. La pressione limite laterale calcolata vale 11.53 [daN/cm²].

La resistenza trasversale laterale calcolata vale 46117.34 [daN]. Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applica $\gamma_{tr}=1.30$. Resistenza trasversale di calcolo: $R_{tr,d} = 20867.57$ [daN].

Resistenza laterale totale

Per palo in grado di traslare rigidamente (meccanismo di palo "corto", assumendo che non vi sia rottura strutturale), la resistenza laterale di calcolo $R_{tr,d} = 40492.14$ [daN]. Per palo che ruota in testa (meccanismo di palo "intermedio" o "lungo", assumendo che non vi sia rottura strutturale), la resistenza laterale di calcolo $R_{tr,d} = 31727.77$ [daN].

Curva di mobilitazione verticale

La curva di mobilitazione del palo è definita dalle seguenti coppie di valori, dove s è il cedimento, misurato in [cm], ed E_d è la sollecitazione di sforzo normale (comprensiva del peso proprio del palo), espressa in [daN].

	1	2	3
s	-0.07	0	0.06
E_d	-16354.76	0	10532.47

Si riassume in seguito il valore di capacità portante per tutti i casi.

Caso	Qst[daN]	Qsc[daN]	Qbc[daN]	Qtt[daN]	Qtc[daN]
C1	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C2	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C3	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C4	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C5	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C6	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C7	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C8	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C9	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C10	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C11	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C12	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C13	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C14	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C15	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C16	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C17	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C18	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C19	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76
C20	10532.47	16354.76	0	10532.47	16354.76

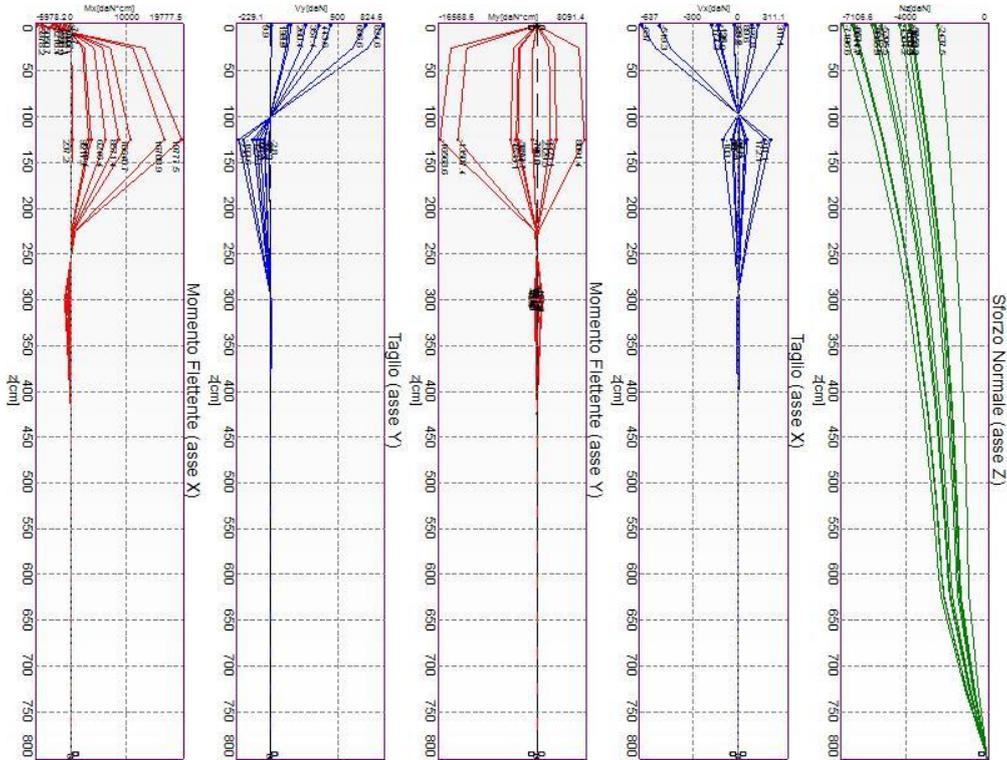
Qst = Portata Laterale in Trazione | Qsc = Portata Laterale in Compressione | Qbc = Portata di Base in Compressione | Qtt = Portata TOTALE in Trazione | Qtc = Portata TOTALE in Compressione

Calcolo delle sollecitazioni.

Si riporta di seguito il dettaglio delle sollecitazioni calcolate, solo per i punti maglia con i pali più sollecitati. Le caratteristiche di sollecitazione sono espresse nel sistema di riferimento locale del palo.

Casi a SLU

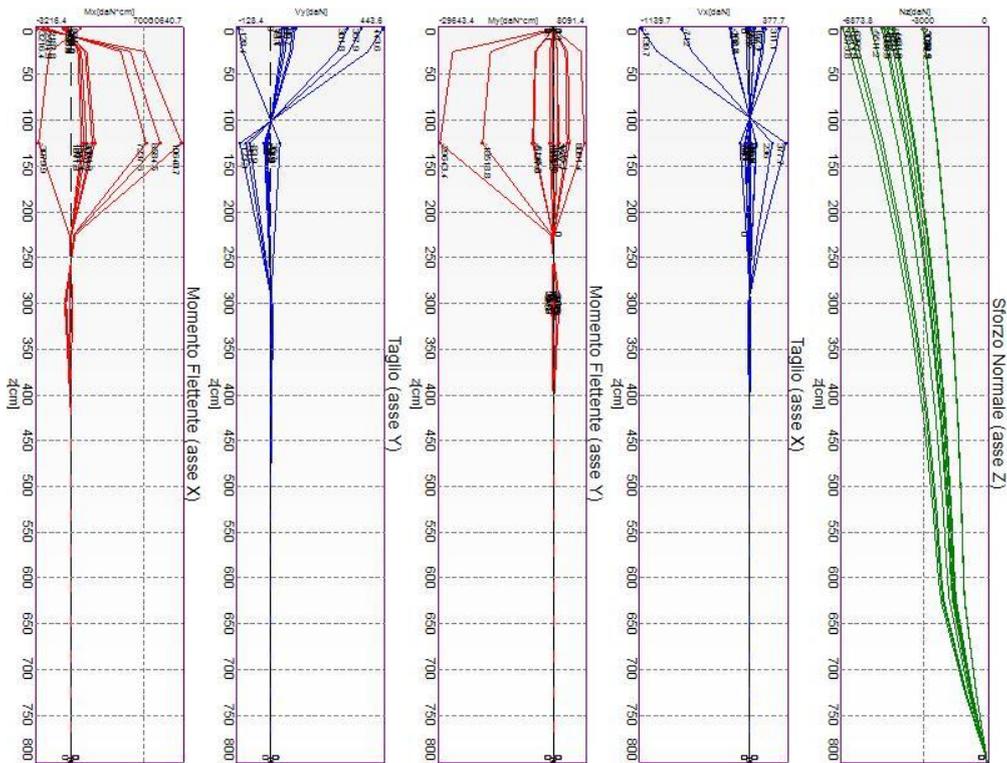
I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3** (Stato limite ultimo).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-7106.63÷-2437.5	-311.09÷637.01	-824.59÷0	-5978÷0	0	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-7106.63÷-2437.5	824.59	5978		
0	-7106.63÷-2437.5	824.59	5978		
25	-6748.76÷-2318.13	714.07	14856		
125	-5502.75÷-1904.47	229.14	19778		
225	-4512.05÷-1579.18	91.47	805		
300	-3908.53÷-1383.98	10.04	1118		
300	-3908.53÷-1383.98	10.04	1118		
325	-3730.68÷-1327.15	14.44	795		
425	-3122.41÷-1136.69	1.69	38		
525	-2659÷-998.97	0.5	12		
600	-2393.36÷-926.37	0	2		
600	-2393.36÷-926.37	0	2		
625	-2264.83÷-884.79	0.03	2		
725	-1098.94÷-437.35	0	0		
800	0	0	0		

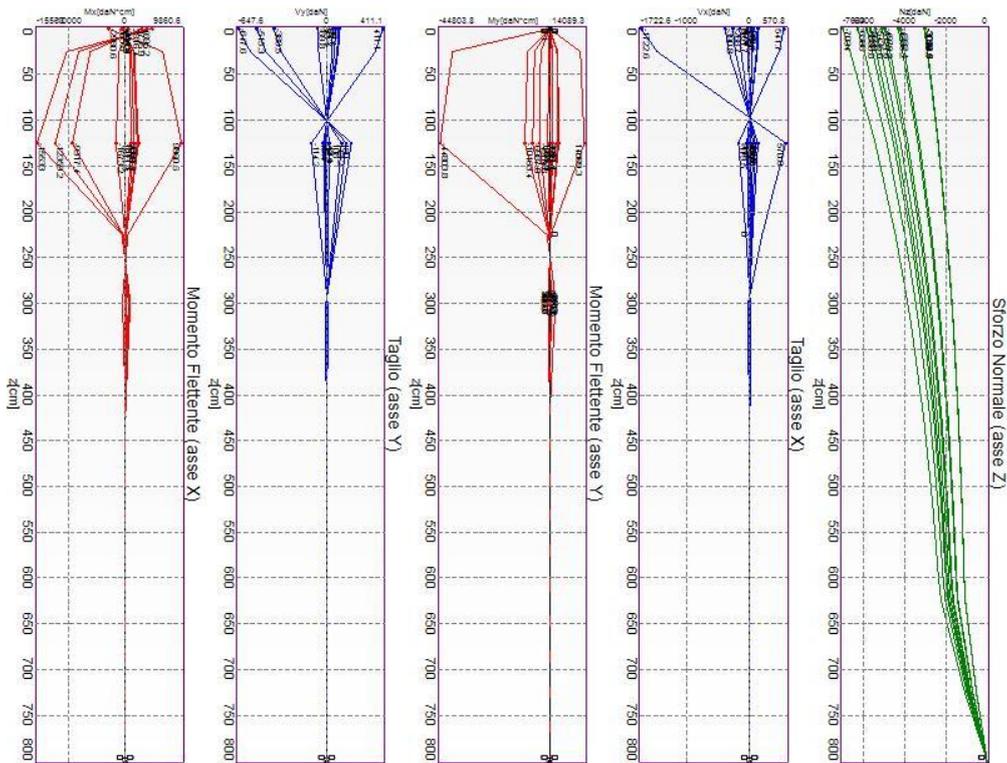
I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-6873.84÷3037.54	-311.09÷1139.7	-443.65÷128.41	-3216÷931	-2÷0	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-6873.84÷3037.54	1140.92	3216		
0	-6873.84÷3037.54	1140.92	3216		
25	-6527.85÷2887.52	975.01	26315		
125	-5323.34÷2366.9	377.97	29670		
225	-4365.82÷1956.08	129.84	758		
300	-3782.66÷1708.41	17.74	1712		
300	-3782.66÷1708.41	17.74	1712		
325	-3610.85÷1636.03	22.94	1177		
425	-3023.41÷1391.88	2.2	67		
525	-2576.24÷1212.31	0.74	17		
600	-2320.22÷1114.89	0.01	4		
600	-2320.22÷1114.89	0.01	4		
625	-2196.03÷1062.14	0.05	3		
725	-1065.95÷522.37	0	0		
800	0	0	0		

I massimi valori di **Taglio (in valore assoluto)**, **Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C2** (Stato limite ultimo).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C2)

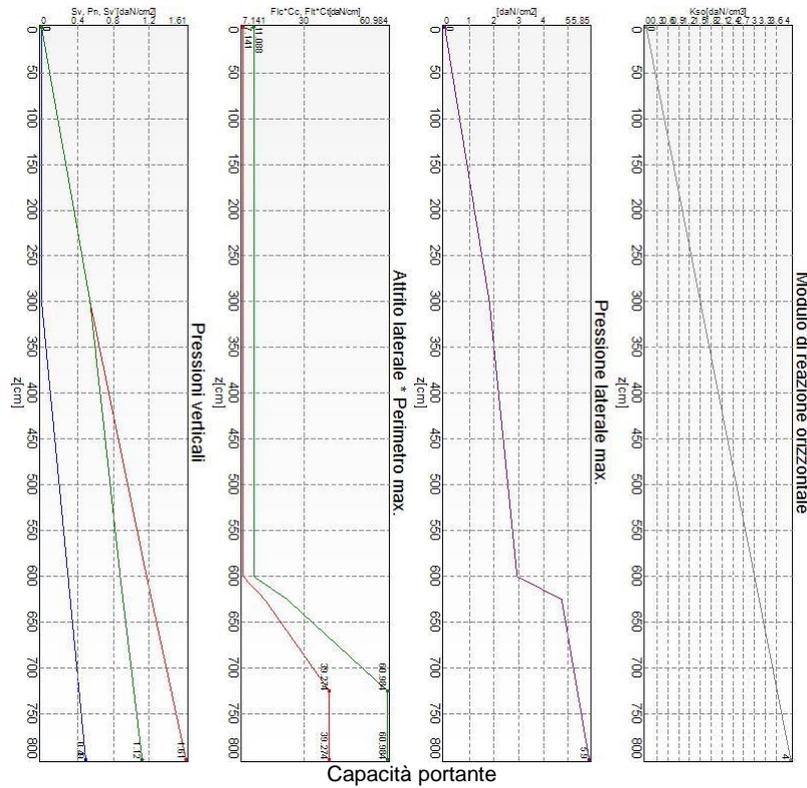
Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C2)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-7034.03÷3037.54	-541.69÷1722.57	-411.12÷647.62	-2981÷4695	-2÷0	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C2)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-7034.03÷3037.54	1797.99	4695		
0	-7034.03÷3037.54	1797.99	4695		
25	-6679.87÷2887.52	1538.19	40597		
125	-5446.8÷2366.9	588.53	46477		
225	-4466.44÷1956.09	204.21	1248		
300	-3869.28÷1708.41	27.5	2678		
300	-3869.28÷1708.41	27.5	2678		
325	-3693.31÷1636.03	35.8	1845		
425	-3091.53÷1391.88	3.49	104		
525	-2633.19÷1212.31	1.16	26		
600	-2370.55÷1114.89	0.01	6		
600	-2370.55÷1114.89	0.01	6		
625	-2243.38÷1062.14	0.08	5		
725	-1088.65÷522.37	0	0		
800	0	0	0		

12.2.5. Verifiche geotecniche.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo.

12.2.5.1. Verifica: Capacità portante

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3**, sestetto **10** (Stato limite ultimo).



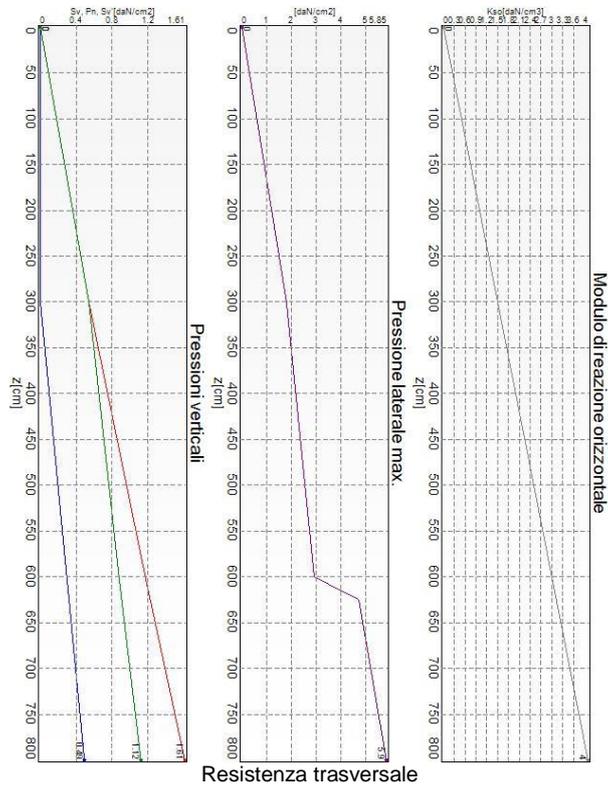
Capacità portante
Situazione peggiore: Punto maglia PM1, Caso C3, Sestetto 10

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C3	10	16355	8012	2.04
PM2	C1	6	16355	7779	2.10

12.2.5.2. Verifica: Resistenza trasversale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C2**, sestetto **5** (Stato limite ultimo).



Resistenza trasversale
Situazione peggiore: Punto maglia PM1, Caso C2, Sestetto 5

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

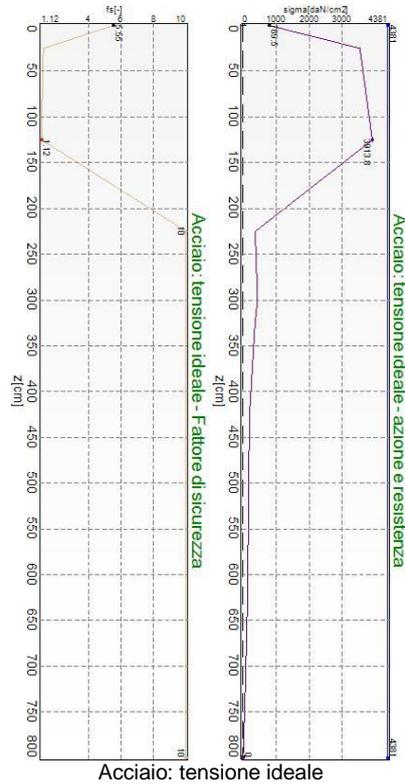
Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : R _{tr} [daN]	S _d : R _{tr} [daN]	f _s [-]
PM1	C2	5	40492	1798	10.00
PM2	C2	5	40492	1798	10.00

12.2.6. Verifiche strutturali.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo, solo in corrispondenza della progressiva dove si ottiene la situazione più severa.

12.2.6.1. Verifica: Acciaio: tensione ideale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C2**, sestetto **5** (Stato limite ultimo).



Situazione peggiore: Punto maglia PM2, Caso C2, Sestetto 5

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Acciaio: tensione ideale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : sigma[daN/cm2]	S _d : sigma[daN/cm2]	fs[-]
PM1	C2	5	4381	3899.3	1.12
PM2	C2	5	4381	3913.8	1.12

13. CONCLUSIONI

Tutte le precedenti verifiche sono soddisfatte secondo gli standard di riferimento.

L'analisi statica ha dimostrato che le sollecitazioni di tutti gli elementi sono inferiori sia allo snervamento che al limite di collasso del materiale dell'elemento. Ciò significa che la struttura non mostrerà alcuna deformazione permanente.

ALLEGATI

VERIFICA DELLE PROPRIETÀ

1 Verifica prop. 1

PROP. 1 - BEAM n. 80 - SEZIONE IN X = 336.60

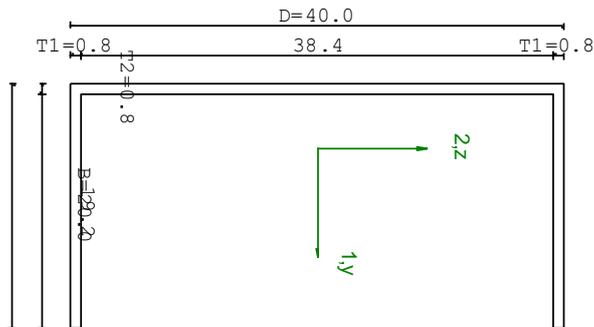
Grp.: long Trave: 80 Prop.: 1 Sez.in: 336.60	
Cmb 2	M1 = -3707.50 M2 = -1.42e+06
	N = -1194.76 V1 = 50.55
	V2 = -4398.73 MT = -2690.78
Sezione a C chiusa	
D = 40.00 B = 20.00 T1 = 0.80 T2 = 0.80 T3 = 0.80	
Area = 6.27e+01	
I11 = 1.61e+04	
I22 = 2.51e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 4
 σ_{VM} = 1845.43
 FR = 0.54

VERIFICA DI STABILITÀ:

Classe = Classe 4
 F_{inst-N} = 8.97e-03
 $F_{inst-PF,y}$ = 0.41
 $F_{inst-PF,z}$ = 0.72



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	40.00	cm
Base	B =	20.00	cm
Spessore ali	T1 =	0.80	cm
Spessore anima	T2 =	0.80	cm
Spessore alette	T3 =	0.80	cm

Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el}$	= 5.30	cm
		$X_{2G,el}$	= 20.00	cm
Posizione del baricentro plastico		$X_{1G,pl}$	= 0.78	cm
		$X_{2G,pl}$	= 20.00	cm
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= -12.44	cm
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	cm
Area della sezione		A =	6.27e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	1.61e+04	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	2.51e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	1.33e+01	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	28281.83	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	7.12e+05	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	16.01	cm
	asse 2	i_{22} =	6.33	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	8.03e+02	cm ³
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	8.03e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	1.71e+02	cm ³
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	4.74e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	922.11	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	307.70	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	3.07e+01	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	3.07e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			336.60	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	1.00	
	asse 2	β_2 =	1.00	
	asse 3	β_3 =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 9	-0.21	0.95	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	-0.10	0.73	0.56	0.56

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-1.19e+03	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	5.05e+01	kgf
	direzione 2	V2 =	-4.40e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-3.71e+03	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-1.42e+06	kgfcm
Momento torcente		MT =	-2.69e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 4
Classe in classe 4 verificata senza detrazioni		

Punto maggiormente sollecitato		$y = 0.00$	cm
		$z = 0.00$	cm
Tensione da pressoflessione		$\sigma_{pf} = -1786.90$	kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima		$\tau_{max} = 319.00$	kgf/cm ²
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} = 1845.43$	kgf/cm ²
	σ_{VM}/f_d	$F_R = 0.54$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -1.21e+03$ kgf

Momento flettente

$M_{z,ED} = 1.75e+04$ kgfcm

$M_{y,ED} = -1.42e+06$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	3.00e+06	336.60	0.28	0.96
z	4.69e+05	336.60	0.70	0.73
θ	3.19e+05	336.60	0.84	0.63
min	3.07e+05		0.86	0.62
	M_{cr} [kgfcm]	l_0 [cm]	λ^*_{LT}	χ_{LT}
fless.tors.	9.00e+06	336.60	0.57	0.73

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 1.35e+05$ kgf

asse y

$N_{b,y,Rd} = 2.08e+05$ kgf

asse z

$N_{b,z,Rd} = 1.57e+05$ kgf

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 2.03e+06$ kgfcm

asse z

$M_{z,Rd} = 5.89e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.56$

$k_{yz} = 0.56$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.40$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$

$F_{I-N} = 8.97e-03$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,y} = 0.41$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,z} = 0.72$ (Verificato)

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= -12.44	cm
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	cm
Area della sezione		A =	6.27e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	1.61e+04	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	2.51e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	1.33e+01	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	28281.83	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	7.12e+05	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	16.01	cm
	asse 2	i_{22} =	6.33	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\text{ sup,el}}$ =	8.03e+02	cm ³
	inferiore	$W_{1\text{ inf,el}}$ =	8.03e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\text{ dx,el}}$ =	1.71e+02	cm ³
	sinistro	$W_{2\text{ sx,el}}$ =	4.74e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	922.11	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	307.70	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	3.07e+01	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	3.07e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			337.85	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	1.00	
	asse 2	β_2 =	1.00	
	asse 3	β_3 =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 9	0.74	0.96	0.94	0.96
Piano 2	Tipo 2	0.92	0.98	0.97	0.97

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-8.87e+02	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.11e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	8.93e+01	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-3.71e+03	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-1.42e+06	kgfcm
Momento torcente		MT =	2.88e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 4
Classe in classe 4 verificata senza detrazioni		
Punto maggiormente sollecitato	\bar{y} =	0.00 cm
	z =	0.00 cm
Tensione da pressoflessione	σ_{pf} =	-1782.11 kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima	τ_{max} =	179.11 kgf/cm ²

Tensione ideale $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$ $\sigma_{VM} = 1808.91$ kgf/cm²
 σ_{VM}/f_d $F_R = 0.52$ Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -8.87e+02$ kgf

Momento flettente

$M_{z,ED} = -1.29e+04$ kgfcm

$M_{y,ED} = -1.42e+06$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	2.98e+06	337.85	0.28	0.96
z	4.65e+05	337.85	0.70	0.73
θ	3.17e+05	337.85	0.85	0.63
min	3.05e+05		0.86	0.62
	M_{cr} [kgfcm]	l_0 [cm]	λ_{LT}^*	χ_{LT}
fless.tors.	8.93e+06	337.85	0.57	0.73

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 1.35e+05$ kgf

$N_{b,y,Rd} = 2.08e+05$ kgf

$N_{b,z,Rd} = 1.57e+05$ kgf

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 2.02e+06$ kgfcm

asse z

$M_{z,Rd} = 5.89e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.97$

$k_{yz} = 0.97$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.97$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$

$F_{I-N} = 6.59e-03$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,y} = 0.70$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,z} = 0.73$ (Verificato)

3 Verifica prop. 3

PROP. 3 - BEAM n. 137 - SEZIONE IN X = 174.21

Grp.: trasv Trave: 137 Prop.: 3 Sez.in: 174.21							
Cmb 1	<table> <tr> <td>M1 = -1.07e-04</td> <td>M2 = 4.20e+05</td> </tr> <tr> <td>N = 244.86</td> <td>V1 = 0.00</td> </tr> <tr> <td>V2 = 0.00</td> <td>MT = 31.49</td> </tr> </table>	M1 = -1.07e-04	M2 = 4.20e+05	N = 244.86	V1 = 0.00	V2 = 0.00	MT = 31.49
M1 = -1.07e-04	M2 = 4.20e+05						
N = 244.86	V1 = 0.00						
V2 = 0.00	MT = 31.49						
Sezione a C chiusa							
D = 20.00 B = 5.00 T1 = 0.50 T2 = 0.50							
Area	= 2.90e+01						
I11	= 1.52e+03						
I22	= 1.46e+02						

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3

σ_{VM} = 2767.90

FR = 0.80

Avviso = τ da calcolare

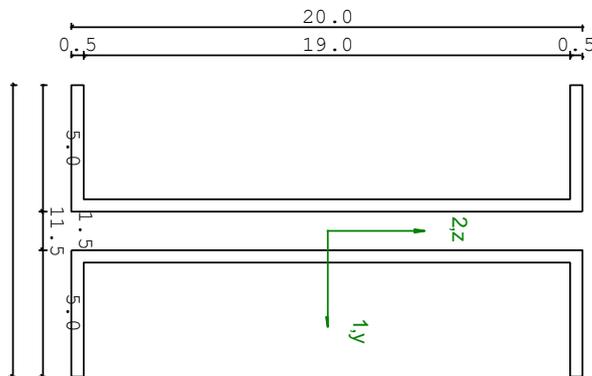
VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3

Finst-N = 0.00

Finst-PF,y = 1.82

Finst-PF,z = 1.91



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	20.00	cm
Base	B =	5.00	cm
Spessore ali	T1 =	0.50	cm
Spessore anima	T2 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 1.03	cm
	$X_{2G,el}$	= 10.00	cm
Area della sezione	A_{ch}	= 1.45e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$	= 7.61e+02 cm ⁴
	asse 2	$I_{ch,22}$	= 2.72e+01 cm ⁴
	asse 3	J_{ch}	= 1.21e+00 cm ⁴
Raggio giratore	asse 1	$i_{ch,11}$	= 7.25 cm

asse 2 $i_{ch,22} = 1.37$ cm

PARAMETRI COMPOSTA	STATICI	DELLA	SEZIONE
Distanza netta tra le sezioni		a = 1.50	cm
Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el} = 5.75$	cm
		$X_{2G,el} = 10.00$	cm
Area della sezione		A = 2.90e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} = 1.52e+03$	cm ⁴
	asse 2	$I_{22} = 1.46e+02$	cm ⁴
	asse 3	J = 7.27e+00	cm ⁴
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} = 7.25$	cm
	asse 2	$i_{22} = 2.24$	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} = 1.52e+02$	cm ³
	inferiore	$W_{1\ inf,el} = 1.52e+02$	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} = 2.54e+01$	cm ³
	sinistro	$W_{2\ sx,el} = 2.54e+01$	cm ³

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			348.43	cm
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 = 1.00$		
	asse 2	$\beta_2 = 1.00$		
	asse 3	$\beta_3 = 1.00$		

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 3	0.00	0.94	0.93	0.95

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E = 210.00	GPa	
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y = 3619.99$	kgf/cm ²	
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u = 5200.55$	kgf/cm ²	
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y = 3416.05$	kgf/cm ²	
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u = 4792.67$	kgf/cm ²	
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF = 2.45e+02	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 = 0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 = 0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 = -1.07e-04	kgfcm
	direzione 2	M2 = 4.20e+05	kgfcm
Momento torcente		MT = 3.15e+01	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 3
Punto maggiormente sollecitato	y =	0.00 cm

		$z =$	0.00	cm
Tensione da pressoflessione		$\sigma_{pf} =$	2767.90	kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima		$\tau_{max} =$	0.00	kgf/cm ²
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} =$	2767.90	kgf/cm ²
	σ_{VM}/f_d	$F_R =$	0.80	Verificato (*Avviso: Tau da calcolare)

4 Verifica prop. 4

PROP. 4 - BEAM n. 203 - SEZIONE IN X = 342.53

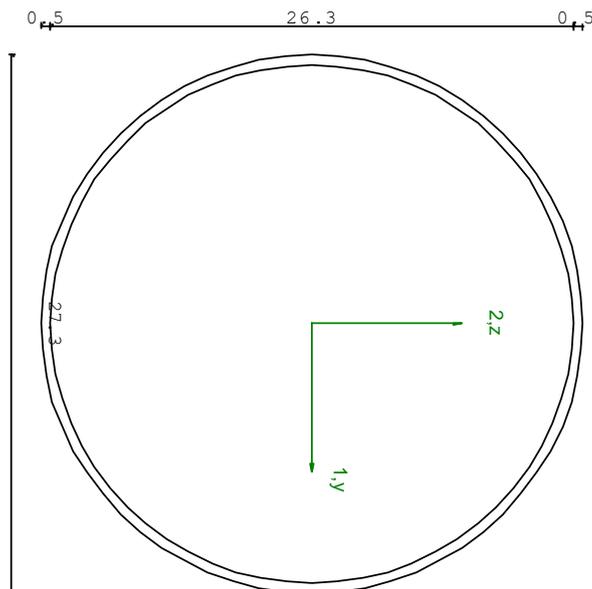
Grp.: Controventi Trave: 203 Prop.: 4 Sez.in: 342.53		
Cmb 6	M1 = -17396.00	M2 = 0.00
	N = -24073.07	V1 = 0.00
	V2 = 0.00	MT = 5324.20
Circolare cava		
D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 $\sigma_{VM} = 634.86$
 $F_R = 0.18$

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 $F_{inst-N} = 0.29$
 $F_{inst-PF,y} = 0.31$
 $F_{inst-PF,z} = 0.31$



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro		D =	27.30	cm
Spessore		T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico		X _{1G,el} =	13.65	cm
		X _{2G,el} =	13.65	cm
Posizione del baricentro plastico		X _{1G,pl} =	13.65	cm
		X _{2G,pl} =	13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio		X _{1CT} -X _{1G} =	0.00	cm
		X _{2CT} -X _{2G} =	0.00	cm
Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _w =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			685.07	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 3	0.00	0.94	0.93	0.95
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-2.41e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.74e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	5.32e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione
Tensione tangenziale massima

$\sigma_{pf} = -634.65$ kgf/cm²
 $\tau_{max} = 9.44$ kgf/cm²

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 634.86$ kgf/cm²
 $F_R = 0.18$ Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -2.42e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = -1.74e+04$ kgfcm
 $M_{y,ED} = 0.00e+00$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	1.70e+05	685.07	0.95	0.57
z	1.70e+05	685.07	0.95	0.57

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 8.30e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 8.30e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 8.30e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 1.17$
 $k_{yz} = 1.17$
 $k_{zy} = 0.89$
 $k_{zz} = 1.11$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.29$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.31$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.31$ (Verificato)

5 Verifica prop. 4

PROP. 4 - BEAM n. 203 - SEZIONE IN X = 0.00

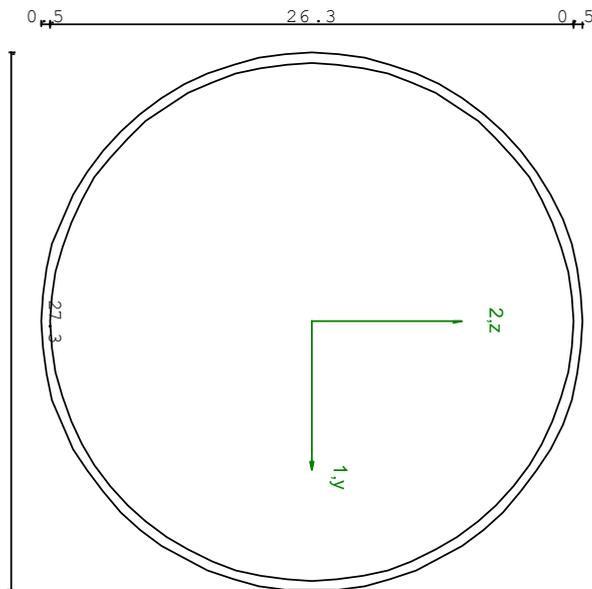
Grp.: Controventi Trave: 203 Prop.: 4 Sez.in: 0.00	
Cmb 6	M1 = 0.00 M2 = 0.00
	N = -24217.03 V1 = -101.57
	V2 = 0.00 MT = 5324.20
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50	
Area	= 4.21e+01
I11	= 3.78e+03
I22	= 3.78e+03

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 575.79
 FR = 0.17

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.29
 F_{inst-PF,y} = 0.31
 F_{inst-PF,z} = 0.31



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			685.07	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 3	0.00	0.94	0.93	0.95
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-2.42e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.02e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	5.32e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -575.26 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 14.26 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 575.79 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = 0.17 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -2.42e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = -1.74e+04$ kgfcm
 $M_{y,ED} = 0.00e+00$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	1.70e+05	685.07	0.95	0.57
z	1.70e+05	685.07	0.95	0.57

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 8.30e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 8.30e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 8.30e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 1.17$
 $k_{yz} = 1.17$
 $k_{zy} = 0.89$
 $k_{zz} = 1.11$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.29$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.31$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.31$ (Verificato)

6 Verifica prop. 5

PROP. 5 - BEAM n. 5 - SEZIONE IN X = 62.56

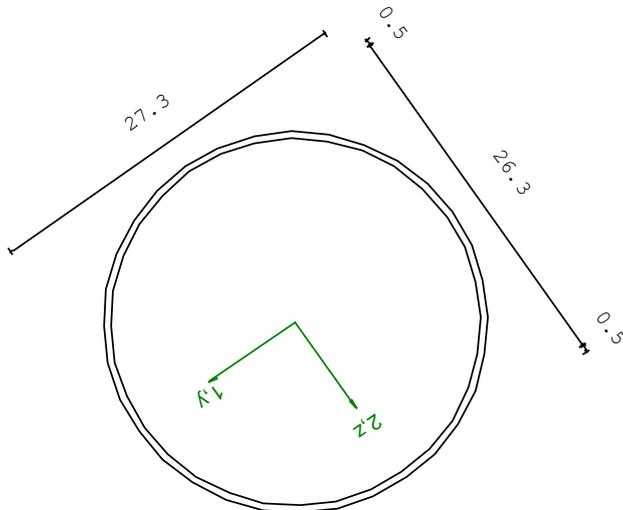
Grp.: Blocchi Trave: 5 Prop.: 5 Sez.in: 62.56		
Cmb 5	M1 = -2.02e+05	M2 = 2.89e+05
	N = -43439.77	V1 = -3303.48
	V2 = 4744.83	MT = -54717.88
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 2308.77
FR = 0.67

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
Finst-N = 0.30
Finst-PF,y = 0.61
Finst-PF,z = 0.57



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X1G,el	= 13.65	cm
	X2G,el	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X1G,pl	= 13.65	cm
	X2G,pl	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X1CT-X1G	= 0.00	cm
	X2CT-X2G	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			62.56	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 2	-0.03	0.75	0.59	0.59
Piano 2	Tipo 2	-0.03	0.75	0.59	0.59

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-4.34e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-3.30e+03	kgf
	direzione 2	V2 =	4.74e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-2.02e+05	kgfcm
	direzione 2	M2 =	2.89e+05	kgfcm
Momento torcente		MT =	-5.47e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -2299.36 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 370.63 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 2308.77 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = F_R = 0.67 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -4.35e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = -2.02e+05$ kgfcm
 $M_{y,ED} = 2.89e+05$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	2.04e+07	62.56	0.09	1.00
z	2.04e+07	62.56	0.09	1.00

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 1.45e+05$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 1.45e+05$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 1.45e+05$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.60$
 $k_{yz} = 0.60$
 $k_{zy} = 0.48$
 $k_{zz} = 0.60$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.30$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.61$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.57$ (Verificato)

7 Verifica prop. 5

PROP. 5 - BEAM n. 189 - SEZIONE IN X = 0.00

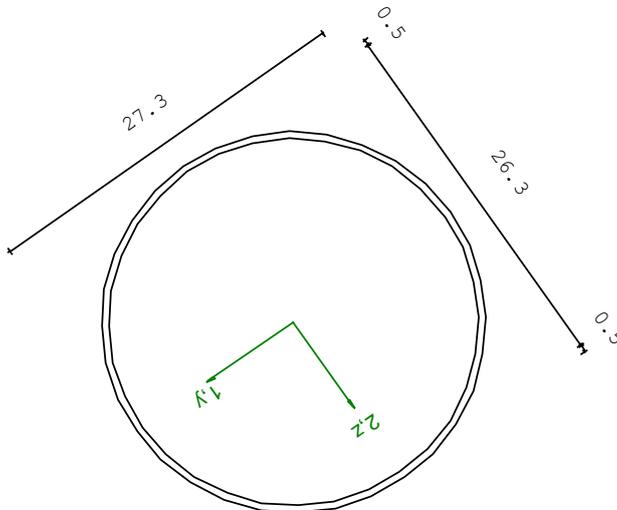
Grp.: Blocchi Trave: 189 Prop.: 5 Sez.in: 0.00		
Cmb 6	M1 = 1.42e+05	M2 = -2.13e+05
	N = -35183.00	V1 = -269.65
	V2 = 362.08	MT = 23095.18
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 1760.16
 FR = 0.51

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.36
 F_{inst-PF,y} = 0.62
 F_{inst-PF,z} = 0.59



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			567.90	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 2	0.00	0.75	0.60	0.60
Piano 2	Tipo 2	0.00	0.75	0.60	0.60

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-3.52e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-2.70e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	3.62e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	1.42e+05	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-2.13e+05	kgfcm
Momento torcente		MT =	2.31e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -1758.56 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 62.24 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 1760.16 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = 0.51 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -3.52e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = 1.42e+05$ kgfcm
 $M_{y,ED} = -2.13e+05$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	2.48e+05	567.90	0.78	0.67
z	2.48e+05	567.90	0.78	0.67

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 9.75e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 9.75e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 9.75e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.70$
 $k_{yz} = 0.70$
 $k_{zy} = 0.56$
 $k_{zz} = 0.70$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.36$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.62$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.59$ (Verificato)

8 Verifica prop. 7

PROP. 7 - BEAM n. 153 - SEZIONE IN X = 0.00

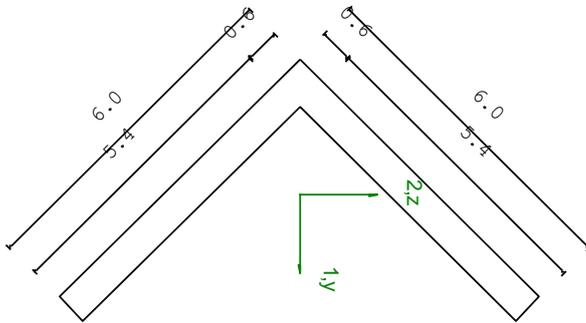
Grp.: Controv Trave: 153 Prop.: 7 Sez.in: 0.00	
Cmb 5	M1 = 0.00 M2 = 0.00
	N = 10496.40 V1 = 0.00
	V2 = 0.00 MT = 0.00
Sezione a L	
D = 6.00 B = 6.00 T1 = 0.60 T2 = 0.60	
Area = 6.84e+00	
I11 = 3.71e+01	
I22 = 9.52e+00	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 1534.56
 FR = 0.45

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.00
 F_{inst-PF,y} = 0.00
 F_{inst-PF,z} = 0.00



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	6.00	cm
Base	B =	6.00	cm
Spessore base	T1 =	0.60	cm
Spessore anima	T2 =	0.60	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 1.72	cm
	X _{2G,el}	= 1.72	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 1.73	cm
	X _{2G,pl}	= 1.73	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT-X1G}	= -1.42	cm

		$X_{2CT}-X_{2G}$	= -1.42	cm
Area della sezione		A =	6.84e+00	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	3.71e+01	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	9.52e+00	cm ⁴
	asse 3	J =	8.03e-01	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	74.28	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	2.22	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	2.33	cm
	asse 2	i_{22} =	1.18	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\text{ sup,el}}$ =	8.75e+00	cm ³
	inferiore	$W_{1\text{ inf,el}}$ =	8.75e+00	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\text{ dx,el}}$ =	4.26e+00	cm ³
	sinistro	$W_{2\text{ sx,el}}$ =	3.91e+00	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	13.80	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	6.96	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	3.60e+00	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	3.60e+00	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			489.94	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	1.00	
	asse 2	β_2 =	1.00	
	asse 3	β_3 =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

Piano	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	1.05e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	CI =	Classe 3	
Punto maggiormente sollecitato	y =	0.00	cm
	z =	0.00	cm
Tensione da pressoflessione	σ_{pf} =	1534.56	kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima	τ_{max} =	0.00	kgf/cm ²

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$$\sigma_{VM} = 1534.56$$

$$F_R = 0.45$$

kgf/cm²
Verificato

9 Verifica prop. 8

PROP. 8 - BEAM n. 34 - SEZIONE IN X = 0.00

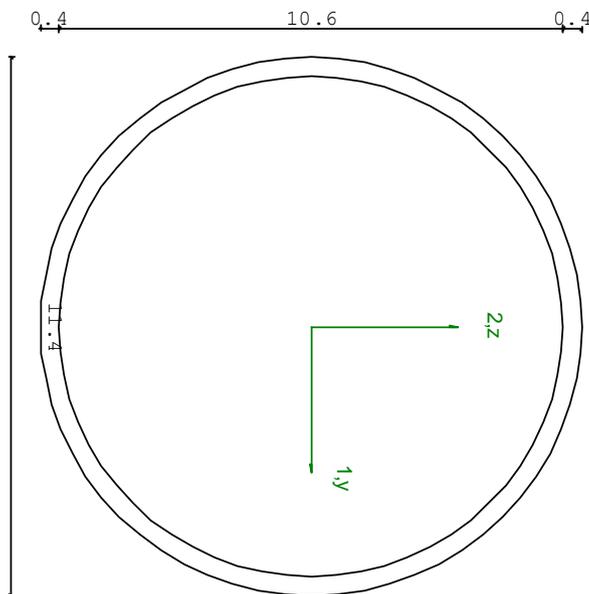
Grp.: Travers inferiori Trave: 34 Prop.: 8 Sez.in: 0.00			
Cmb 1	M1 = 0.00	M2 = 0.00	
	N = 1263.21	V1 = 0.00	
	V2 = 0.00	MT = 0.00	
Circolare cava			
D = 11.43 T1 = 0.40			
	Area = 1.39e+01		
	I11 = 2.11e+02		
	I22 = 2.11e+02		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Tesa
FR-PF = 0.03
FR-v = 0.00
FR-T = 0.00
FR-τ = 0.00

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Tesa
FI-N = 0.00
FPF,y = 0.00
FPF,z = 0.00



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro D = 11.43 cm
Spessore T1 = 0.40 cm

Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el}$	= 5.71	cm
		$X_{2G,el}$	= 5.71	cm
Posizione del baricentro plastico		$X_{1G,pl}$	= 5.71	cm
		$X_{2G,pl}$	= 5.71	cm
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	cm
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	cm
Area della sezione		A =	1.39e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	2.11e+02	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	2.11e+02	cm ⁴
	asse 3	J =	4.22e+02	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	422.13	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	3.90	cm
	asse 2	i_{22} =	3.90	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	3.69e+01	cm ³
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	3.69e+01	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	3.69e+01	cm ³
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	3.69e+01	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	48.69	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	48.69	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	8.82e+00	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	8.82e+00	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			410.00	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	1.00	
	asse 2	β_2 =	1.00	
	asse 3	β_3 =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{MO} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	1.26e+03	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	CI =	Tesa
Asse con inerzia maggiore	y-y =	2-2

Asse con inerzia minore		z-z =	1-1	
Resistenza assiale		N _{Rd} =	47786.34	kgf
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse y	V _{ply,Rd} = coeff = V _{ply,T,Rd} =	17563.99 1.00 17563.99	kgf kgf
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	V _{plz,Rd} = coeff = V _{plz,T,Rd} =	17563.99 1.00 17563.99	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	M _{y,Rd} = coeff = M _{y,V,Rd} =	1.68e+05 1.00 1.68e+05	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	M _{z,Rd} = coeff = M _{z,V,Rd} =	1.68e+05 1.00 1.68e+05	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		T _{Rd} =	1.52e+05	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.03$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$	$F_{R-exp} = ---$	
$\alpha = 2.00, \beta = 2.00$		
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} =$	0.00 Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} =$	0.00 Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{MO}} / \tau_y \leq 1$	$F_{R-\tau} =$	0.00 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Tesa

Sforzo normale	N _{ED} =	1.26e+03	kgf
Momento flettente	M _{z,ED} =	0.00e+00	kgfcm
	M _{y,ED} =	0.00e+00	kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P _{cr} [kgf]	Lunghezza libera l ₀ [cm]	Snellezza adimensionale λ'	Coefficiente riduttivo χ
y	26536.76	410.00	1.38	0.36
z	26536.76	410.00	1.38	0.36

Resistenza assiale	minimo asse y asse z	N _{b,Rd} = N _{b,y,Rd} = N _{b,z,Rd} =	1.71e+04 1.71e+04 1.71e+04	kgf kgf kgf
Resistenza flessionale	asse y asse z	M _{b,y,Rd} = M _{z,Rd} =	1.68e+05 1.68e+05	kgfcm kgfcm
Coefficiente di interazione		k _{yy} = k _{yz} = k _{zy} = k _{zz} =	1.00 0.60 0.60 1.00	

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$ $F_{I-N} = 0.00$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$ $F_{R-PF,y} = 0.00$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$ $F_{R-PF,z} = 0.00$ (Verificato)

10 Verifica prop. 8

PROP. 8 - BEAM n. 35 - SEZIONE IN X = 0.00

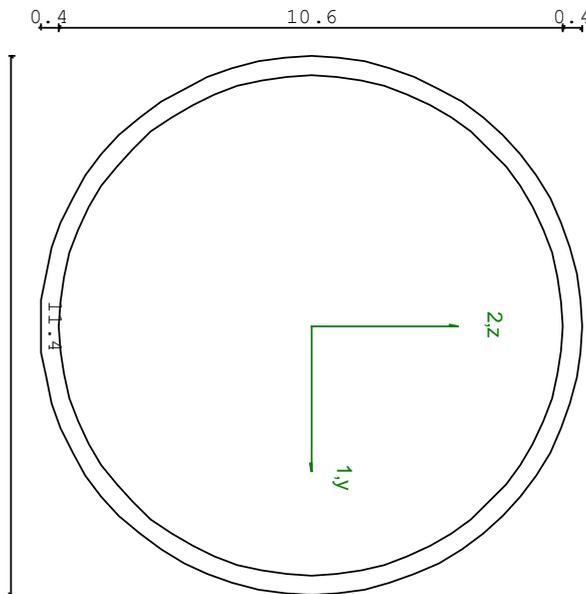
Grp.: Travers inferiori Trave: 35 Prop.: 8 Sez.in: 0.00			
Cmb 6	M1 = 0.00	M2 = 0.00	
	N = -18.24	V1 = 0.00	
	V2 = 0.00	MT = 0.00	
Circolare cava D = 11.43 T1 = 0.40			
	Area = 1.39e+01		
	I11 = 2.11e+02		
	I22 = 2.11e+02		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 1
FR-PF = 0.00
FR-V = 0.00
FR-T = 0.00
FR-τ = 0.00

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 1
FI-N = 1.23e-03
FPF,y = 1.23e-03
FPF,z = 1.23e-03



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	11.43	cm
Spessore	T1 =	0.40	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 5.71	cm
	X _{2G,el}	= 5.71	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 5.71	cm
	X _{2G,pl}	= 5.71	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	1.39e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	2.11e+02	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	2.11e+02	cm ⁴
	asse 3	J =	4.22e+02	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	422.13	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _w =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	3.90	cm
	asse 2	i ₂₂ =	3.90	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	3.69e+01	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	3.69e+01	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	3.69e+01	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	3.69e+01	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	48.69	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	48.69	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	8.82e+00	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	8.82e+00	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			449.99	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-1.82e+01	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:		Cl =	Classe 1
Asse con inerzia maggiore		y-y =	2-2
Asse con inerzia minore		z-z =	1-1
Resistenza assiale		N _{Rd} =	47786.34 kgf
Resistenza tagliante	asse y	V _{ply,Rd} =	17563.99 kgf
riduzione per la torsione		coeff =	1.00

		$V_{pl,y,T,Rd} = 17563.99$	kgf
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 17563.99$	kgf
riduzione per la torsione		coeff = 1.00	
		$V_{pl,z,T,Rd} = 17563.99$	kgf
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
riduzione per il taglio		coeff = 1.00	
		$M_{y,V,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
riduzione per il taglio		coeff = 1.00	
		$M_{z,V,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 1.52e+05$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.00$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$	$F_{R-exp} = ---$	
$\alpha = 2.00, \beta = 2.00$		
Verifica di Resistenza plastica a Taglio		
$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 0.00$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione		
$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 0.00$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali		
$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.00$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale	$N_{ED} = -1.82e+01$	kgf
Momento flettente	$M_{z,ED} = 0.00e+00$	kgfcm
	$M_{y,ED} = 0.00e+00$	kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	22030.12	449.99	1.51	0.31
z	22030.12	449.99	1.51	0.31

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 1.49e+04$	kgf
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 1.49e+04$	kgf
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 1.49e+04$	kgf
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
	asse z	$M_{z,Rd} = 1.68e+05$	kgfcm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} = 1.00$	
		$k_{yz} = 0.60$	
		$k_{zy} = 0.60$	
		$k_{zz} = 1.00$	

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} = 1.23e-03$	(Verificato)
Verifica di Instabilità a Pressoflessione		
$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} = 1.23e-03$	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} = 1.23e-03$	(Verificato)

11 Verifica prop. 9

PROP. 9 - BEAM n. 12 - SEZIONE IN X = 30.00

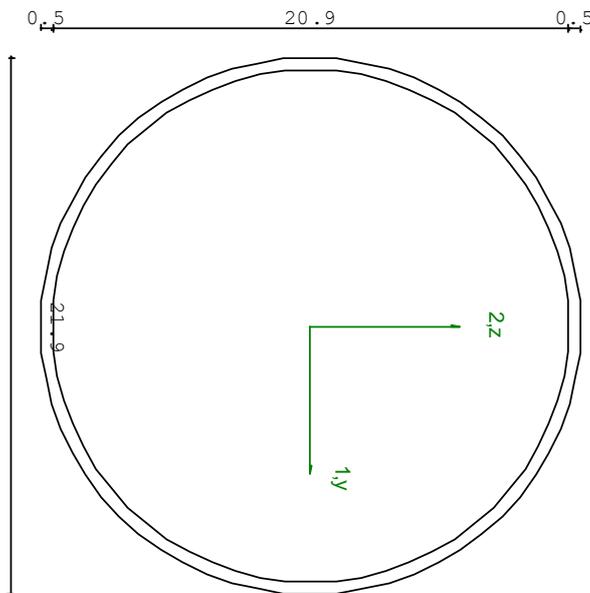
Grp.: Layer 0 travi Trave: 12 Prop.: 9 Sez.in: 30.00			
Cmb 1	M1 = 3.87e+05	M2 = -12483.88	
	N = -946.92	V1 = 10124.30	
	V2 = 160.09	MT = -84714.41	
Circolare cava D = 21.90 T1 = 0.50			
	Area = 3.36e+01		
	I11 = 1.93e+03		
	I22 = 1.93e+03		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 2
FR-PF = 0.49
FR-V = 0.27
FR-T = 0.12
FR-τ = 0.42

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 2
FI-N = 8.17e-03
FPF,y = 0.23
FPF,z = 0.36



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	21.90	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X1G,el	= 10.95	cm
	X2G,el	= 10.95	cm
Posizione del baricentro plastico	X1G,pl	= 10.95	cm
	X2G,pl	= 10.95	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X1CT-X1G	= 0.00	cm
	X2CT-X2G	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	3.36e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	3.85e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	3850.69	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	7.57	cm
	asse 2	i ₂₂ =	7.57	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	1.76e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	1.76e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	229.02	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	229.02	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.14e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.14e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			30.00	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 2	0.22	0.79	0.69	0.69
Piano 2	Tipo 2	0.72	0.92	0.89	0.89

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-9.47e+02	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	1.01e+04	kgf
	direzione 2	V2 =	1.60e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	3.87e+05	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-1.25e+04	kgfcm
Momento torcente		MT =	-8.47e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 2

Asse con inerzia maggiore

y-y = 2-2

Asse con inerzia minore

z-z = 1-1

Resistenza assiale

N_{Rd} = 1.16e+05 kgf

Resistenza tagliante
riduzione per la torsione

asse y

V_{pl,y,Rd} = 42596.27 kgf

coeff = 0.88

V_{pl,y,T,Rd} = 37556.00 kgf

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 42596.27$ coeff = 0.88 $V_{pl,z,T,Rd} = 37556.00$	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 7.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 7.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 7.16e+05$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.49$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$ $\alpha = 2.00, \beta = 2.00$	$F_{R-exp} = 0.24$	
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 0.27$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 0.12$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / F_{ty} \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.42$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 2

Sforzo normale	$N_{Ed} = -9.47e+02$	kgf
Momento flettente	$M_{z,Ed} = 3.87e+05$ $M_{y,Ed} = -1.73e+04$	kgfcm kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	4.52e+07	30.00	0.05	1.00
z	4.52e+07	30.00	0.05	1.00

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 1.16e+05$	kgf
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 1.16e+05$	kgf
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 1.16e+05$	kgf

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm
	asse z	$M_{z,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} = 0.89$ $k_{yz} = 0.41$ $k_{zy} = 0.53$ $k_{zz} = 0.69$
-----------------------------	--

Verifica di Instabilità a Compressione $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} = 8.17e-03$	(Verificato)
--	----------------------	--------------

Verifica di Instabilità a Pressoflessione $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} = 0.23$	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} = 0.36$	(Verificato)

12 Verifica prop. 9

PROP. 9 - BEAM n. 12 - SEZIONE IN X = 0.00

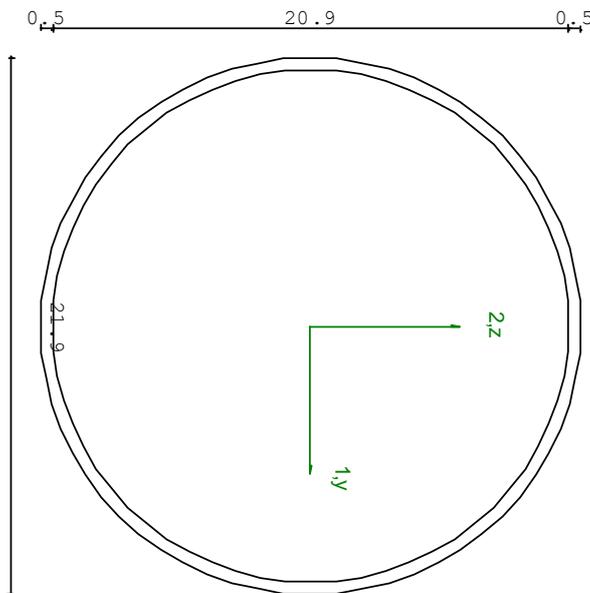
Grp.: Layer 0 travi Trave: 12 Prop.: 9 Sez.in: 0.00			
Cmb 1	M1 = 83539.68	M2 = -17286.70	
	N = -946.92	V1 = 10111.98	
	V2 = 160.09	MT = -84714.41	
Circolare cava D = 21.90 T1 = 0.50			
	Area = 3.36e+01		
	I11 = 1.93e+03		
	I22 = 1.93e+03		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 2
FR-PF = 0.12
FR-V = 0.27
FR-T = 0.12
FR-τ = 0.42

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 2
FI-N = 8.17e-03
FPF,y = 0.23
FPF,z = 0.36



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	21.90	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X1G,el	= 10.95	cm
	X2G,el	= 10.95	cm
Posizione del baricentro plastico	X1G,pl	= 10.95	cm
	X2G,pl	= 10.95	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X1CT-X1G	= 0.00	cm
	X2CT-X2G	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	3.36e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	3.85e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	3850.69	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	7.57	cm
	asse 2	i ₂₂ =	7.57	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	1.76e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	1.76e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	229.02	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	229.02	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.14e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.14e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			30.00	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 2	0.22	0.79	0.69	0.69
Piano 2	Tipo 2	0.72	0.92	0.89	0.89

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-9.47e+02	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	1.01e+04	kgf
	direzione 2	V2 =	1.60e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	8.35e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-1.73e+04	kgfcm
Momento torcente		MT =	-8.47e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:		CI =	Classe 2
Asse con inerzia maggiore		y-y =	2-2
Asse con inerzia minore		z-z =	1-1
Resistenza assiale		N _{Rd} =	1.16e+05 kgf
Resistenza tagliante	asse y	V _{pl,y,Rd} =	42596.27 kgf
riduzione per la torsione		coeff =	0.88
		V _{pl,y,T,Rd} =	37556.00 kgf

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 42596.27$ coeff = 0.88 $V_{pl,z,T,Rd} = 37556.00$	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 7.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 7.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 7.16e+05$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.12$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$ $\alpha = 2.00, \beta = 2.00$	$F_{R-exp} = 0.01$	
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 0.27$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 0.12$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / F_{ty} \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.42$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 2

Sforzo normale	$N_{Ed} = -9.47e+02$	kgf
Momento flettente	$M_{z,Ed} = 3.87e+05$ $M_{y,Ed} = -1.73e+04$	kgfcm kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	4.52e+07	30.00	0.05	1.00
z	4.52e+07	30.00	0.05	1.00

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 1.16e+05$	kgf
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 1.16e+05$	kgf
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 1.16e+05$	kgf

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm
	asse z	$M_{z,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} = 0.89$ $k_{yz} = 0.41$ $k_{zy} = 0.53$ $k_{zz} = 0.69$
-----------------------------	--

Verifica di Instabilità a Compressione $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} = 8.17e-03$	(Verificato)
--	----------------------	--------------

Verifica di Instabilità a Pressoflessione $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} = 0.23$	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} = 0.36$	(Verificato)

13 Verifica prop. 10

PROP. 10 - BEAM n. 157 - SEZIONE IN X = 0.00

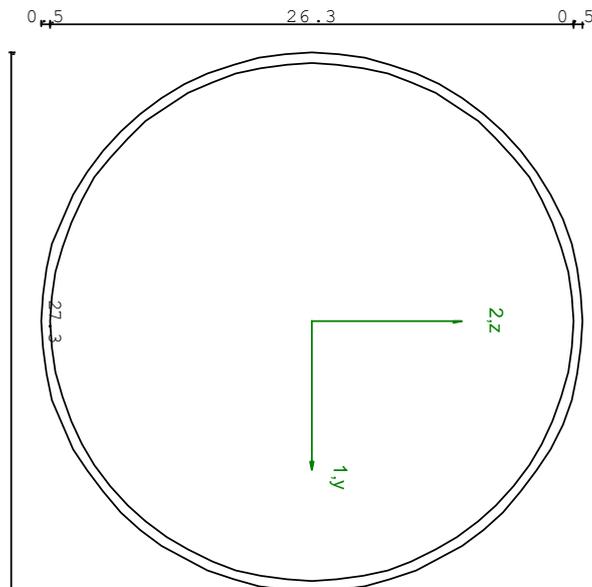
Grp.: Layer 0 corr sup Trave: 157 Prop.: 10 Sez.in: 0.00		
Cmb 1	M1 = -70367.24	M2 = 1.10e+05
	N = -57109.61	V1 = -63.10
	V2 = -387.14	MT = -9673.18
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 1827.20
 FR = 0.53

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.72
 F_{inst-PF,y} = 0.83
 F_{inst-PF,z} = 0.93



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			711.68	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 9	-0.14	0.96	0.83	0.90
Piano 2	Tipo 9	-0.43	0.97	0.44	0.40

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-5.71e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-6.31e+01	kgf
	direzione 2	V2 =	-3.87e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-7.04e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	1.10e+05	kgfcm
Momento torcente		MT =	-9.67e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -1826.51 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 35.69 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 1827.20 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = 0.53 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale

$N_{ED} = -5.71e+04$ kgf

Momento flettente

$M_{z,ED} = -7.44e+04$ kgfcm

$M_{y,ED} = 1.10e+05$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	1.58e+05	711.68	0.98	0.55
z	1.58e+05	711.68	0.98	0.55

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 7.98e+04$ kgf

$N_{b,y,Rd} = 7.98e+04$ kgf

$N_{b,z,Rd} = 7.98e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

$M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.57$

$k_{yz} = 0.57$

$k_{zy} = 1.02$

$k_{zz} = 1.28$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.72$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.83$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.93$ (Verificato)

14 Verifica prop. 10

PROP. 10 - BEAM n. 155 - SEZIONE IN X = 743.00

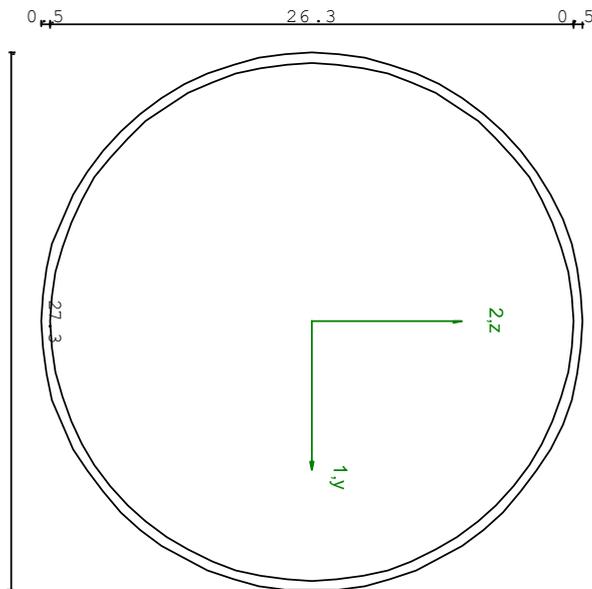
Grp.: Layer 0 corr sup Trave: 155 Prop.: 10 Sez.in: 743.00	
Cmb 2	M1 = 0.00 M2 = 0.00
	N = -57897.41 V1 = 327.22
	V2 = 205.47 MT = 35711.39
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50	
Area	= 4.21e+01
I11	= 3.78e+03
I22	= 3.78e+03

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 $\sigma_M = 1382.57$
 FR = 0.40

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.76
 F_{inst-PF,y} = 0.99
 F_{inst-PF,z} = 0.95



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			743.00	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 5	0.00	0.91	0.53	0.86
Piano 2	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.98

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-5.79e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	3.27e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	2.05e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kgfcm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kgfcm
Momento torcente		MT =	3.57e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -1375.32 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 81.65 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 1382.57 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = 0.40 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -5.79e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = -1.07e+05$ kgfcm
 $M_{y,ED} = -4.51e+04$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	1.45e+05	743.00	1.03	0.52
z	1.45e+05	743.00	1.03	0.52

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 7.62e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 7.62e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 7.62e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 1.42$
 $k_{yz} = 1.42$
 $k_{zy} = 1.00$
 $k_{zz} = 1.25$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.76$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.99$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.95$ (Verificato)

15 Verifica prop. 11

PROP. 11 - BEAM n. 61 - SEZIONE IN X = 0.00

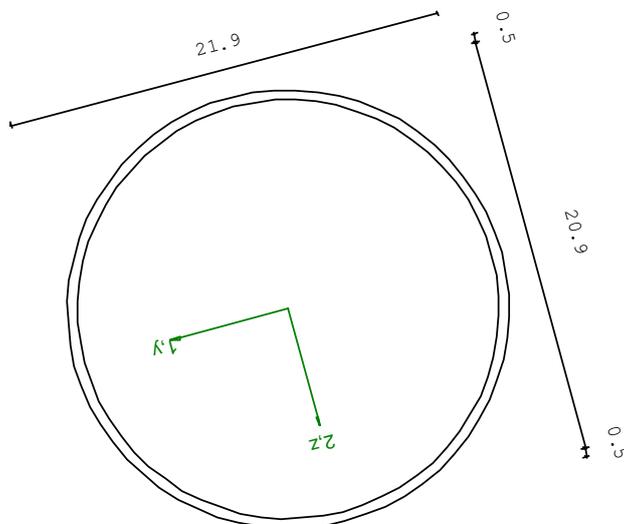
Grp.: Layer 0 diag vert Trave: 61 Prop.: 11 Sez.in: 0.00		
Cmb 6	M1 = -1.36e+05	M2 = 3.57e+05
	N = -28178.73	V1 = 708.49
	V2 = -2142.82	MT = -1717.86
Circolare cava D = 21.90 T1 = 0.50		
Area	= 3.36e+01	
I11	= 1.93e+03	
I22	= 1.93e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe	= Classe 2
FR-PF	= 0.64
FR-V	= 0.07
FR-T	= 2.40e-03
FR-τ	= 0.07

VERIFICA DI STABILITA':

Classe	= Classe 2
FI-N	= 0.31
FPE,y	= 0.57
FPE,z	= 0.52



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	21.90	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 10.95	cm
	X _{2G,el}	= 10.95	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 10.95	cm
	X _{2G,pl}	= 10.95	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	3.36e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	3.85e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	3850.69	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	7.57	cm
	asse 2	i ₂₂ =	7.57	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	1.76e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	1.76e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	229.02	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	229.02	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.14e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.14e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			356.86	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 2	-0.83	0.62	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	-0.98	1.00	0.44	0.40

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-2.82e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	7.08e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	-2.14e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.36e+05	kgfcm
	direzione 2	M2 =	3.57e+05	kgfcm
Momento torcente		MT =	-1.72e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:		CI =	Classe 2
Asse con inerzia maggiore		y-y =	2-2
Asse con inerzia minore		z-z =	1-1
Resistenza assiale		N _{Rd} =	1.16e+05 kgf
Resistenza tagliante	asse y	V _{pl,y,Rd} =	42596.27 kgf
riduzione per la torsione		coeff =	1.00
		V _{pl,y,T,Rd} =	42494.06 kgf

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 42596.27$ coeff = 1.00 $V_{pl,z,T,Rd} = 42494.06$	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 7.33e+05$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 7.33e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 7.33e+05$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 7.33e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 7.16e+05$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.64$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$ $\alpha = 2.00, \beta = 2.00$	$F_{R-exp} = 0.27$	
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 0.07$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 2.40e-03$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / E_y \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.07$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 2

Sforzo normale	$N_{Ed} = -2.82e+04$	kgf
Momento flettente	$M_{z,Ed} = -1.36e+05$ $M_{y,Ed} = -3.63e+05$	kgfcm kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	3.20e+05	356.86	0.62	0.78
z	3.20e+05	356.86	0.62	0.78

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 8.98e+04$	kgf
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 8.98e+04$	kgf
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 8.98e+04$	kgf

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm
	asse z	$M_{z,Rd} = 7.90e+05$	kgfcm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} = 0.45$ $k_{yz} = 0.27$ $k_{zy} = 0.27$ $k_{zz} = 0.45$
-----------------------------	--

Verifica di Instabilità a Compressione $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} = 0.31$	(Verificato)
--	------------------	--------------

Verifica di Instabilità a Pressoflessione $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} = 0.57$	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} = 0.52$	(Verificato)

16 Verifica prop. 11

PROP. 11 - BEAM n. 61 - SEZIONE IN X = 0.00

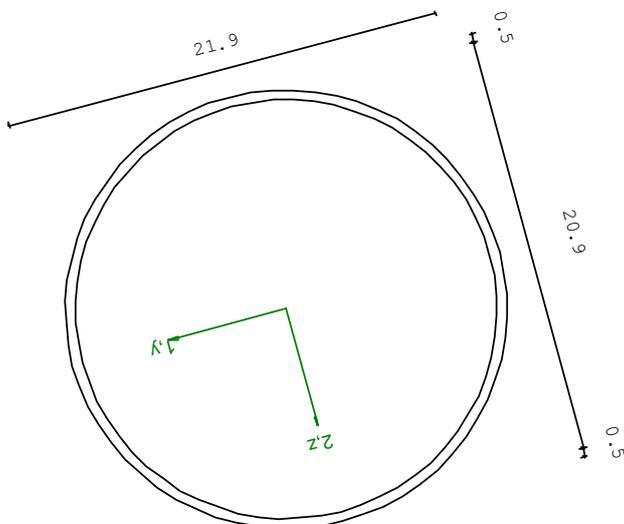
Grp.: Layer 0 diag vert Trave: 61 Prop.: 11 Sez.in: 0.00		
Cmb 2	M1 = -70778.39	M2 = 2.86e+05
	N = -37445.86	V1 = 406.85
	V2 = -1607.90	MT = -2770.69
Circolare cava D = 21.90 T1 = 0.50		
Area	= 3.36e+01	
I11	= 1.93e+03	
I22	= 1.93e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe	= Classe 2
FR-PF	= 0.61
FR-V	= 0.05
FR-T	= 3.87e-03
FR-τ	= 0.05

VERIFICA DI STABILITA':

Classe	= Classe 2
FI-N	= 0.42
FPE,y	= 0.61
FPE,z	= 0.56



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	21.90	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 10.95	cm
	X _{2G,el}	= 10.95	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 10.95	cm
	X _{2G,pl}	= 10.95	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	3.36e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	1.93e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	3.85e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	3850.69	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	7.57	cm
	asse 2	i ₂₂ =	7.57	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	1.76e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	1.76e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	1.76e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	229.02	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	229.02	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.14e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.14e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			356.86	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 9	-0.96	1.00	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	-0.91	0.99	0.44	0.40

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-3.74e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	4.07e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	-1.61e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-7.08e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	2.86e+05	kgfcm
Momento torcente		MT =	-2.77e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:		CI =	Classe 2
Asse con inerzia maggiore		y-y =	2-2
Asse con inerzia minore		z-z =	1-1
Resistenza assiale		N _{Rd} =	1.16e+05 kgf
Resistenza tagliante	asse y	V _{pl,y,Rd} =	42596.27 kgf
riduzione per la torsione		coeff =	1.00
		V _{pl,y,T,Rd} =	42431.42 kgf

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 42596.27$ coeff = 1.00 $V_{pl,z,T,Rd} = 42431.42$	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 6.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 6.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 6.90e+05$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 6.90e+05$	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 7.16e+05$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.61$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$ $\alpha = 2.00, \beta = 2.00$	$F_{R-exp} = 0.18$	
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 0.05$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 3.87e-03$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / E_y \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.05$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 2

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{Ed} = -3.74e+04$ kgf
 $M_{z,Ed} = 7.34e+04$ kgfcm
 $M_{y,Ed} = 2.86e+05$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	3.20e+05	356.86	0.62	0.78
z	3.20e+05	356.86	0.62	0.78

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 8.98e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 8.98e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 8.98e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 7.90e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 7.90e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.47$
 $k_{yz} = 0.28$
 $k_{zy} = 0.28$
 $k_{zz} = 0.47$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$

$F_{I-N} = 0.42$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,y} = 0.61$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,z} = 0.56$ (Verificato)

17 Verifica prop. 12

PROP. 12 - BEAM n. 67 - SEZIONE IN X = 430.39

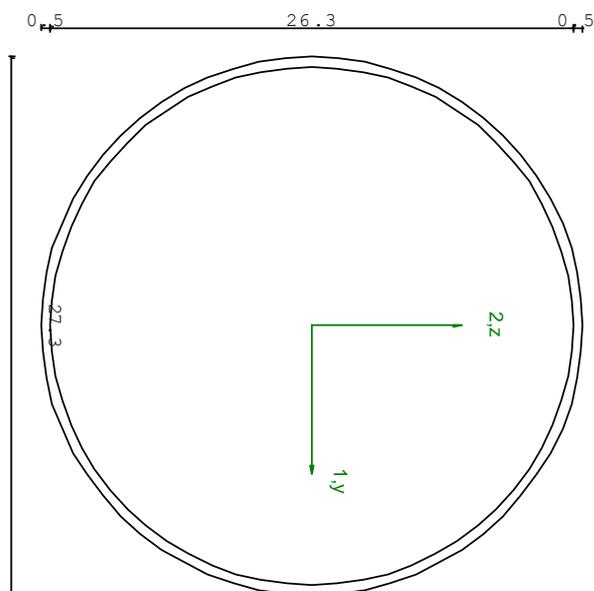
Grp.: Layer 0 corr inf Trave: 67 Prop.: 12 Sez.in: 430.39		
Cmb 1	M1 = -90407.10	M2 = 23790.70
	N = 55594.38	V1 = 0.00
	V2 = 71.92	MT = 27361.24
Circolare cava		
D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Tesa
FR-PF = 0.44
FR-V = 1.38e-03
FR-T = 0.02
FR-τ = 0.03

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Tesa
FI-N = 0.00
FPF,y = 0.06
FPF,z = 0.08



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			1023.30	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.97
Piano 2	Tipo 5	0.00	0.91	0.53	0.64

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _t =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _t =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	5.56e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kgf
	direzione 2	V2 =	7.19e+01	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-9.04e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	2.38e+04	kgfcm
Momento torcente		MT =	2.74e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Tesa

Asse con inerzia maggiore

y-y = 2-2

Asse con inerzia minore

z-z = 1-1

Resistenza assiale

N_{Rd} = 1.45e+05 kgf

Resistenza tagliante
riduzione per la torsione

asse y

V_{pl,y,Rd} = 53344.86 kgf

coeff = 0.98

V_{pl,y,T,Rd} = 52044.95 kgf

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 53344.86$ coeff = 0.98 $V_{pl,z,T,Rd} = 52044.95$	kgf kgf
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 1.02e+06$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 1.02e+06$	kgfcm kgfcm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 1.02e+06$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 1.02e+06$	kgfcm kgfcm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 1.12e+06$	kgfcm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$	$F_{R-PF} = 0.44$	Verificato
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$ $\alpha = 2.00, \beta = 2.00$	$F_{R-exp} = 8.39e-03$	
Verifica di Resistenza plastica a Taglio $(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-V} = 1.38e-03$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica a Torsione $(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} = 0.02$	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali $\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / F_y \leq 1$	$F_{R-\tau} = 0.03$	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Tesa

Sforzo normale	$N_{Ed} = 5.56e+04$	kgf
Momento flettente	$M_{z,Ed} = -9.04e+04$ $M_{y,Ed} = -4.22e+04$	kgfcm kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	76309.28	1023.30	1.41	0.34
z	76309.28	1023.30	1.41	0.34

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 5.00e+04$	kgf
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 5.00e+04$	kgf
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 5.00e+04$	kgf

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 1.24e+06$	kgfcm
	asse z	$M_{z,Rd} = 1.24e+06$	kgfcm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} = 0.64$ $k_{yz} = 0.58$ $k_{zy} = 0.38$ $k_{zz} = 0.97$
-----------------------------	--

Verifica di Instabilità a Compressione $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} = 0.00$	(Verificato)
--	------------------	--------------

Verifica di Instabilità a Pressoflessione $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} = 0.06$	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} = 0.08$	(Verificato)

18 Verifica prop. 12

PROP. 12 - BEAM n. 71 - SEZIONE IN X = 1023.18

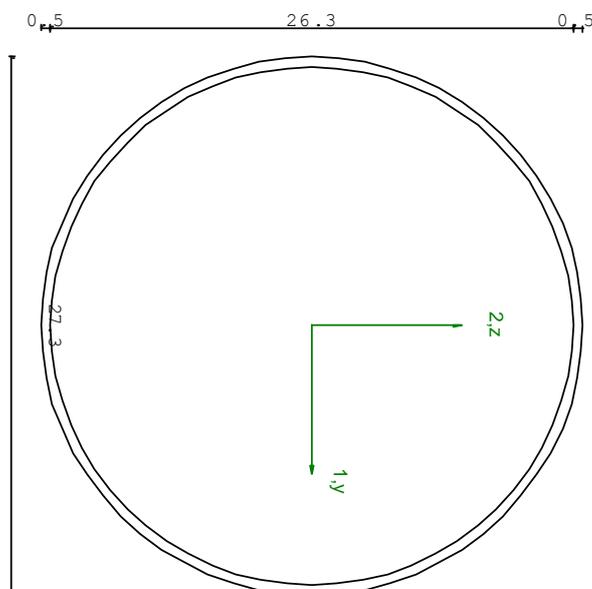
Grp.: Layer 0 corr inf Trave: 71 Prop.: 12 Sez.in: 1023.18		
Cmb 2	M1 = 36426.71	M2 = 37158.32
	N = -19453.72	V1 = 298.74
	V2 = 229.69	MT = 35837.65
Circolare cava D = 27.30 T1 = 0.50		
Area	= 4.21e+01	
I11	= 3.78e+03	
I22	= 3.78e+03	

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 3
 σ_{VM} = 659.90
 FR = 0.19

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 3
 F_{inst-N} = 0.39
 F_{inst-PF,y} = 0.48
 F_{inst-PF,z} = 0.48



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Diametro	D =	27.30	cm
Spessore	T1 =	0.50	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 13.65	cm
	X _{2G,el}	= 13.65	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 13.65	cm
	X _{2G,pl}	= 13.65	cm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G}	= 0.00	cm
	X _{2CT} -X _{2G}	= 0.00	cm

Area della sezione		A =	4.21e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	3.78e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	7.56e+03	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	7561.63	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I _ω =	0.00	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁ =	9.48	cm
	asse 2	i ₂₂ =	9.48	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,el} =	2.77e+02	cm ³
	inferiore	W _{1 inf,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,el} =	2.77e+02	cm ³
	sinistro	W _{2 sx,el} =	2.77e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,pl} =	359.16	cm ³
	asse 2	W _{2,pl} =	359.16	cm ³
Area di taglio	asse 1	A _{V1,pl} =	2.68e+01	cm ²
	asse 2	A _{V2,pl} =	2.68e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			1023.18	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β ₁ =	1.00	
	asse 2	β ₂ =	1.00	
	asse 3	β ₃ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k _c	m _{LT}	C _m
Piano 1	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.91
Piano 2	Tipo 5	0.00	0.91	0.53	0.76

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f _y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f _u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f _y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f _u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ _{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ _{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-1.95e+04	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	2.99e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	2.30e+02	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	3.64e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	3.72e+04	kgfcm
Momento torcente		MT =	3.58e+04	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 cm
z = 0.00 cm

Tensione da pressoflessione σ_{pf} = -649.97 kgf/cm²
Tensione tangenziale massima τ_{max} = 81.28 kgf/cm²

Tensione ideale σ_{VM} = √(σ_{pf}² + 3τ_{max}²) = 659.90 kgf/cm²
σ_{VM}/f_d = 0.19 Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

CI = Classe 3

Sforzo normale
Momento flettente

$N_{ED} = -1.95e+04$ kgf
 $M_{z,ED} = -5.03e+04$ kgfcm
 $M_{y,ED} = 3.72e+04$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	76326.56	1023.18	1.41	0.34
z	76326.56	1023.18	1.41	0.34

Resistenza assiale

minimo
asse y
asse z

$N_{b,Rd} = 5.00e+04$ kgf
 $N_{b,y,Rd} = 5.00e+04$ kgf
 $N_{b,z,Rd} = 5.00e+04$ kgf

Resistenza flessionale

asse y
asse z

$M_{b,y,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm
 $M_{z,Rd} = 9.55e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.94$
 $k_{yz} = 0.94$
 $k_{zy} = 0.90$
 $k_{zz} = 1.13$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.39$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.48$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.48$ (Verificato)

19 Verifica prop. 13

PROP. 13 - BEAM n. 123 - SEZIONE IN X = 427.53

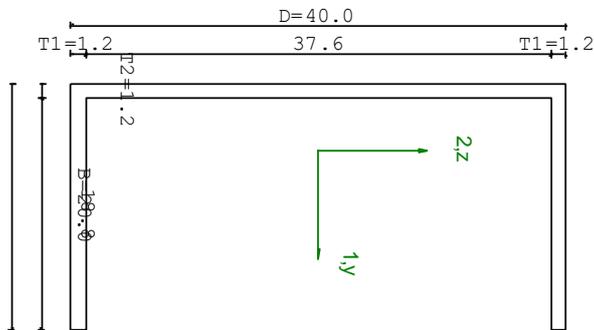
Grp.: long Trave: 123 Prop.: 13 Sez.in: 427.53		
Cmb 2	M1 = -1926.64	M2 = -2.15e+06
	N = -4725.32	V1 = 130.17
	V2 = -4646.72	MT = -4286.05
Sezione a C chiusa		
D = 40.00 B = 20.00 T1 = 1.20 T2 = 1.20 T3 = 1.20		
Area = 9.31e+01		
I11 = 2.34e+04		
I22 = 3.66e+03		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 4
 σ_{VM} = 1918.89
FR = 0.56

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 4
Finst-N = 0.02
Finst-PF,y = 0.39
Finst-PF,z = 0.64



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	40.00	cm
Base	B =	20.00	cm
Spessore ali	T1 =	1.20	cm
Spessore anima	T2 =	1.20	cm
Spessore alette	T3 =	1.20	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 5.45	cm
	X _{2G,el}	= 20.00	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 1.16	cm
	X _{2G,pl}	= 20.00	cm

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= -12.40	cm
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	cm
Area della sezione		A =	9.31e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	2.34e+04	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	3.66e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	4.45e+01	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	41370.08	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	1.04e+06	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	15.85	cm
	asse 2	i_{22} =	6.27	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\text{ sup,el}}$ =	1.17e+03	cm ³
	inferiore	$W_{1\text{ inf,el}}$ =	1.17e+03	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\text{ dx,el}}$ =	2.51e+02	cm ³
	sinistro	$W_{2\text{ sx,el}}$ =	6.72e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	1355.33	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	452.88	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	4.51e+01	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	4.51e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			427.53	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	0.50	
	asse 2	β_2 =	0.50	
	asse 3	β_3 =	0.50	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.96
Piano 2	Tipo 2	0.00	0.75	0.60	0.60

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-4.73e+03	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	1.30e+02	kgf
	direzione 2	V2 =	-4.65e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.93e+03	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-2.15e+06	kgfcm
Momento torcente		MT =	-4.29e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 4	
Classe in classe 4 verificata senza detrazioni			
Punto maggiormente sollecitato	\bar{y} =	0.00	cm
	z =	0.00	cm
Tensione da pressoflessione	σ_{pf} =	-1890.05	kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima	τ_{max} =	227.67	kgf/cm ²

Tensione ideale $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$ $\sigma_{VM} = 1918.89$ kgf/cm²
 σ_{VM}/f_d $F_R = 0.56$ Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -4.73e+03$ kgf

Momento flettente

$M_{z,ED} = -1.54e+04$ kgfcm

$M_{y,ED} = -2.15e+06$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ	Coefficiente riduttivo χ
y	1.08e+07	213.76	0.18	1.00
z	1.69e+06	213.76	0.45	0.87
θ	1.17e+06	213.76	0.54	0.82
min	1.12e+06		0.55	0.82
	M_{cr} [kgfcm]	l_0 [cm]	λ_{LT}	χ_{LT}
fless.tors.	3.21e+07	213.76	0.36	0.88

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 2.62e+05$ kgf

asse y

$N_{b,y,Rd} = 3.21e+05$ kgf

asse z

$N_{b,z,Rd} = 2.80e+05$ kgf

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 3.54e+06$ kgfcm

asse z

$M_{z,Rd} = 8.67e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.60$

$k_{yz} = 0.60$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.96$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$

$F_{I-N} = 0.02$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,y} = 0.39$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,z} = 0.64$ (Verificato)

20 Verifica prop. 13

PROP. 13 - BEAM n. 122 - SEZIONE IN X = 0.00

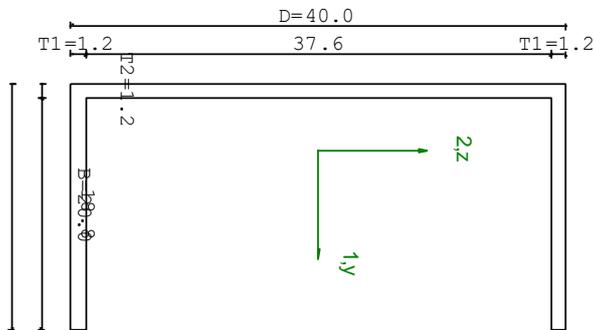
Grp.: long Trave: 122 Prop.: 13 Sez.in: 0.00		
Cmb 2	M1 = -10481.70	M2 = -1.96e+06
	N = 2495.78	V1 = -77.65
	V2 = 5407.99	MT = 3044.01
Sezione a C chiusa		
D = 40.00 B = 20.00 T1 = 1.20 T2 = 1.20 T3 = 1.20		
Area = 9.31e+01		
I11 = 2.34e+04		
I22 = 3.66e+03		

VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 4
 σ_{VM} = 1751.55
 FR = 0.51

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 4
 Finst-N = 0.00
 Finst-PF,y = 0.41
 Finst-PF,z = 0.68



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	40.00	cm
Base	B =	20.00	cm
Spessore ali	T1 =	1.20	cm
Spessore anima	T2 =	1.20	cm
Spessore alette	T3 =	1.20	cm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G,el}	= 5.45	cm
	X _{2G,el}	= 20.00	cm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G,pl}	= 1.16	cm
	X _{2G,pl}	= 20.00	cm

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= -12.40	cm
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	cm
Area della sezione		A =	9.31e+01	cm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I_{11} =	2.34e+04	cm ⁴
	asse 2	I_{22} =	3.66e+03	cm ⁴
	asse 3	J =	4.45e+01	cm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I_p =	41370.08	cm ⁴	
Costante di ingobbamento		I_w =	1.04e+06	cm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i_{11} =	15.85	cm
	asse 2	i_{22} =	6.27	cm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\text{ sup,el}}$ =	1.17e+03	cm ³
	inferiore	$W_{1\text{ inf,el}}$ =	1.17e+03	cm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\text{ dx,el}}$ =	2.51e+02	cm ³
	sinistro	$W_{2\text{ sx,el}}$ =	6.72e+02	cm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	1355.33	cm ³
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	452.88	cm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	4.51e+01	cm ²
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	4.51e+01	cm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			343.40	cm
Molt. per inflessione	asse 1	β_1 =	1.00	
	asse 2	β_2 =	1.00	
	asse 3	β_3 =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.99
Piano 2	Tipo 2	0.00	0.75	0.60	0.60

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f_y =	3619.99	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f_u =	5200.55	kgf/cm ²
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f_y =	3416.05	kgf/cm ²
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f_u =	4792.67	kgf/cm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{M0} =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ_{M1} =	1.05		

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	2.50e+03	kgf
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-7.77e+01	kgf
	direzione 2	V2 =	5.41e+03	kgf
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.05e+04	kgfcm
	direzione 2	M2 =	-1.96e+06	kgfcm
Momento torcente		MT =	3.04e+03	kgfcm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 4	
Classe in classe 4 verificata senza detrazioni			
Punto maggiormente sollecitato	\bar{y} =	0.00	cm
	z =	0.00	cm
Tensione da pressoflessione	σ_{pf} =	1745.78	kgf/cm ²
Tensione tangenziale massima	τ_{max} =	212.59	kgf/cm ²

Tensione ideale $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$ $\sigma_{VM} = 1751.55$ kgf/cm²
 σ_{VM}/f_d $F_R = 0.51$ Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2018 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = 2.50e+03$ kgf

Momento flettente

$M_{z,ED} = -1.53e+04$ kgfcm

$M_{y,ED} = -1.96e+06$ kgfcm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P_{cr} [kgf]	Lunghezza libera l_0 [cm]	Snellezza adimensionale λ^*	Coefficiente riduttivo χ
y	4.19e+06	343.40	0.28	0.96
z	6.56e+05	343.40	0.72	0.71
θ	5.04e+05	343.40	0.82	0.65
min	4.82e+05		0.84	0.64
	M_{cr} [kgfcm]	l_0 [cm]	λ_{LT}^*	χ_{LT}
fless.tors.	1.30e+07	343.40	0.57	0.73

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 2.05e+05$ kgf

asse y

$N_{b,y,Rd} = 3.07e+05$ kgf

asse z

$N_{b,z,Rd} = 2.29e+05$ kgf

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 2.94e+06$ kgfcm

asse z

$M_{z,Rd} = 8.67e+05$ kgfcm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.60$

$k_{yz} = 0.60$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.99$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$

$F_{I-N} = 0.00$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,y} = 0.41$ (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

$F_{R-PF,z} = 0.68$ (Verificato)