

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
IN - INTERFERENZE VIARIE
IN11 - ADEGUAMENTO SVINCOLO RACCORDO AUTOSTRADALE AL km
5+050,00
SPOSTAMENTO PROVVISORIO DELLO SVINCOLO DI VIA PONTARA SANDRI -
Relazione di calcolo portale a bandiera**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA Ing. Claudio DE GIUDICI Iscritto all'ordine degli ingegneri di Udine n. 1875 Data: Luglio 2023	Conorzio Iricav Due Ing. Paolo Carmona Data: Luglio 2023			



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	I 2	C L	I N 1 1 0 X	0 0 1	A	- - - D - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing Alberto Levorato 	Luglio 2023

Progettazione:



Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	CODING 	14/07/23	C.Pinti 	14/07/23	P. Luciani 	14/07/23	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2CLIN110X001A.DOCX
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	UNITÀ DI MISURA.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4.1	CALCESTRUZZO PER PLINTO DI FONDAZIONE.....	7
4.2	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE	8
4.3	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	8
4.4	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA.....	9
4.5	COPRIFERRI	9
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
5.1	RILEVATI E RINTERRI.....	10
5.2	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	10
5.3	LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI.....	10
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	11
6.1	PESO PROPRIO E CARICHI PERMANENTI	11
6.2	AZIONE DEL VENTO	13
6.3	AZIONE SISMICA	15
7	COMBINAZIONI DI CARICO	24
8	MODELLAZIONE.....	26
9	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI	28
10	VERIFICHE STRUTTURALI.....	31
10.1	VERIFICA DEL MONTANTE DI ACCIAIO	35
10.1.1.1	Verifica spostamenti laterali in SLE	36
10.2	VERIFICA DELLA TRAVE IN ACCIAIO.....	38
10.2.1.1	Verifica spostamenti in SLE.....	39
11	CALCOLO E VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE.....	42
11.1	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	44
11.2	VERIFICA A FLESSIONE NELLA DIREZIONE TRASVERSALE.....	47
11.3	VERIFICA A FLESSIONE NELLA DIREZIONE LONGITUDINALE	52
11.4	VERIFICA A TAGLIO.....	57
11.5	VERIFICA TIRANTE – PUNTONE	58
12	VERIFICA STRUTTURALE DEL PALO DI FONDAZIONE A QUOTA TESTA PALO	59
13	VERIFICHE DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE	64
13.1	VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE.....	64
13.2	VERIFICA DI PORTANZA TRASVERSALE	66

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali del portale di segnaletica stradale posto all'interno del progetto di Spostamento provvisorio dello Svincolo di Via Pontara Sandri, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona-Padova.

Il portale a bandiera sostiene un cartello stradale di dimensione massima pari a 6 m^2 . Il portale è costituito da un elemento verticale posto al margine stradale che sostiene uno sbraccio posto al di sopra della carreggiata stradale sul quale è vincolato il cartello di indicazione. La struttura principale è realizzata in acciaio, con profili laminati a sezione cava più elementi secondari di varia sezione, cava e aperta. Le giunzioni tra gli elementi sono realizzate con bullonature e saldature

A seguire si riporta la vista frontale e la vista trasversale del portale a bandiera:

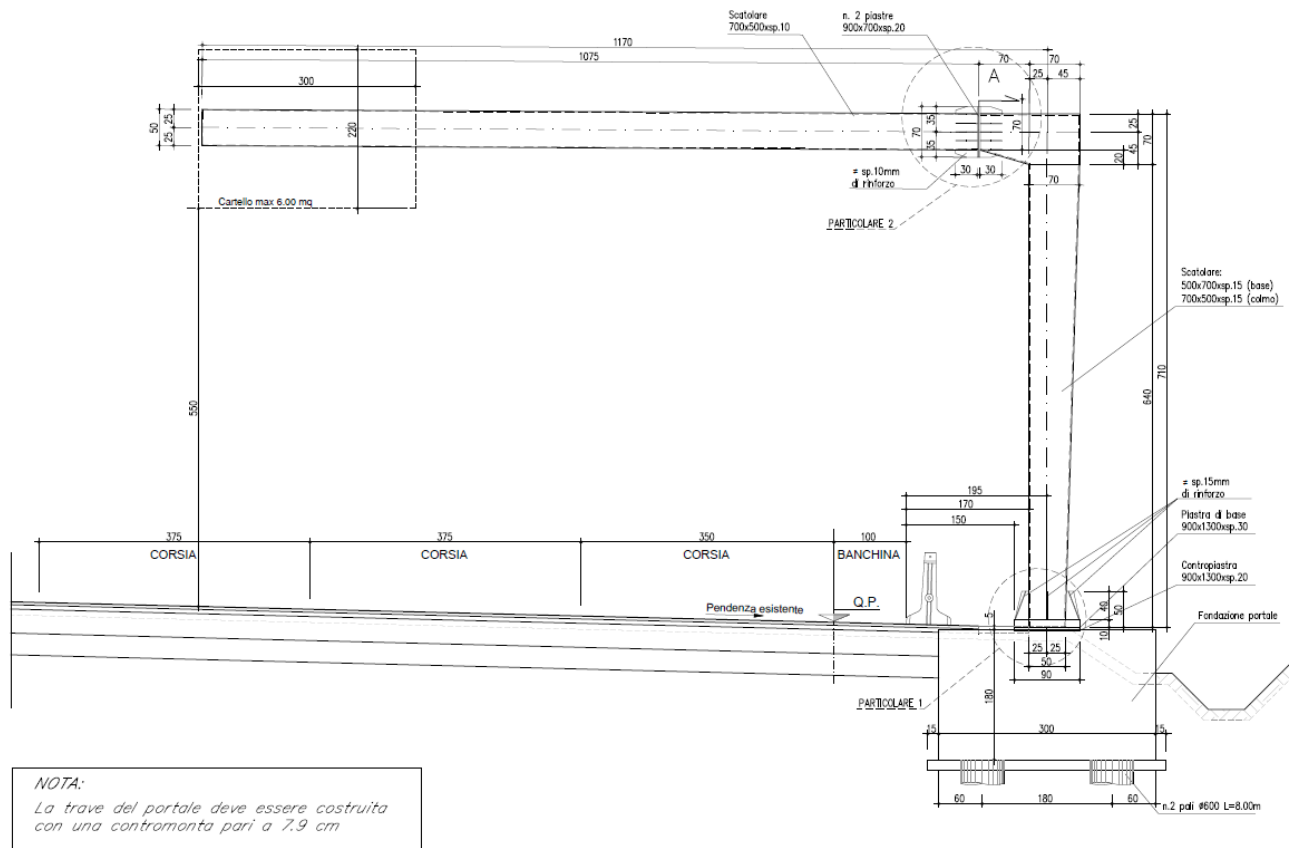


Figura 1-1: Vista frontale del portale a bandiera

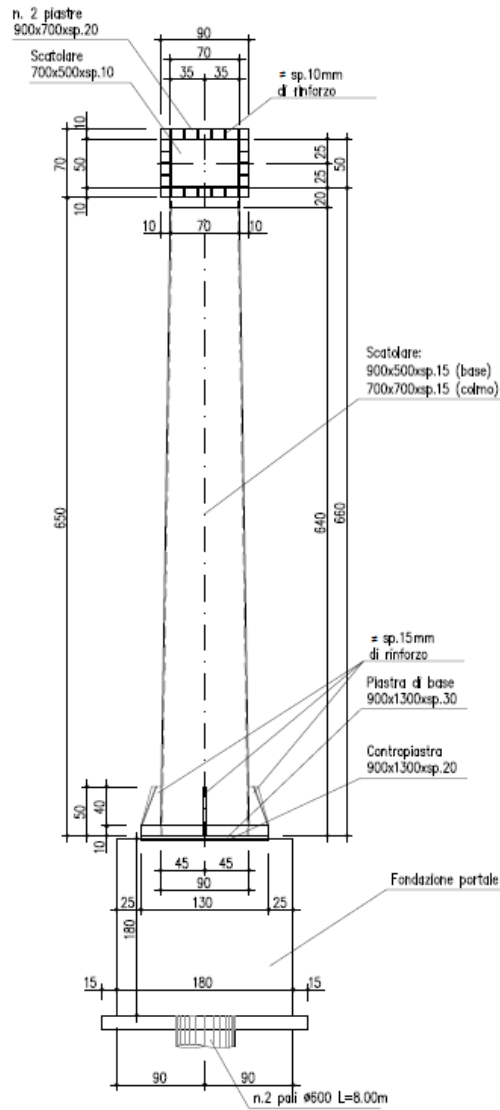




Figura 1-2: Sezione trasversale del portale a bandiera

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A


2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le disposizioni legislative in elenco e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 Febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:



- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1991-2 – Marzo 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-11-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104:2016 "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO PER PLINTO DI FONDAZIONE



Per il getto in opera del plinto di fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

C28/35 $f_{ck} \geq 28$ MPa $R_{ck} \geq 35$ MPa

Classe d'esposizione: XC2

In accordo con le norme seguite, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	35	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29.05	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19.36	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16.46	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.83	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.98	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.39	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.32	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm ²

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

4.2 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per il getto in opera dei pali di fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

C25/30 $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa



Classe d'esposizione: XC2

In accordo con le norme seguite, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16.60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14.11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

4.3 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_s = 210000$ Mpa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

4.4 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = 80.769 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 0,000012 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
densità	$\rho = 78,50 \text{ kN/m}^3$

profilo laminato a caldo tipologia

qualità dell' acciaio

normativa di riferimento

spessore nominale dell'elemento

resistenza caratteristica a snervamento

resistenza caratteristica di rottura

a sezione cava	
S 355 H	
UNI EN 10210-1 e 2	
$t \leq 40 \text{ mm}$	

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$$

Bulloneria - Rif. NTU 11.3.4.6 e CNR 10011

Per le caratteristiche dimensionanti si fa riferimento a

UNI EN ISO 4016:2002

UNI 5592:1968

per la classificazione si fa riferimento a

UNI EN ISO 898-1:2001

Elemento	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Caratteristiche della vite

classe vite =

8.8

Caratteristiche del dado

classe dado =

8

Resistenza a snervamento

$f_{yb} =$

649 N/mm^2

Resistenza a rottura per trazione

$f_{tb} =$

800 N/mm^2

Tensione di trazione ammissibile

$\sigma_{b,amm} =$

373 N/mm^2

Tensione tangenziale ammissibile

$\tau_{b,amm} =$

264 N/mm^2

Piastra di base e nervature - Rif. NTU 11.3.4.1; 11.3.4.5

qualità dell' acciaio per la piastra

spessore della piastra (30mm+20mm di contropiastra)

S 275	
$s =$	50,00 mm
$f_{yk} =$	275 N/mm^2
$f_{tk} =$	430 N/mm^2

qualità dell'acciaio per le nervature



spessore delle nervature

S 275	
$s =$	20,00 mm
$f_{yk} =$	275 N/mm^2
$f_{tk} =$	430 N/mm^2

4.5 COPRIFERRI

Si riportano di seguito i copriferrini nominali per le strutture in calcestruzzo armato:

Plinto di fondazione	4.0 cm
Palo di fondazione	6.0 cm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 RILEVATI E RINTERRI

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno dei rilevati stradali esistenti e di nuova progettazione (con γ pari al peso specifico del terreno; γ_{sat} pari al peso specifico saturo del terreno; c' pari alla coesione; ϕ' pari all'angolo di attrito; K_0 coefficiente di spinta a riposo):

Parametri del rilevato ferroviario				
γ	γ_{sat}	c'	ϕ'	k_0
(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(-)
19.00	19.00	0.0	35.0	0.426

5.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si riportano di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione della tratta in cui ricade il portale in esame, desunte dagli esiti delle indagini disponibili. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità 6;

Per quanto riguarda la falda di progetto, questa è stata posta alla quota di 40.5 m s.l.m.

Tabella 1 - Stratigrafia e valori caratteristici dei parametri geotecnici di calcolo

Strato	Formazione	γ	$\phi'_{k'}$	$c'_{k'}$	c_{uk}	E'
		(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(N/mm ²)
2	UG6	19	39	0	-	60
Z_w		Profondità di calcolo della falda da testa palo				7.5 m

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

$\phi'_{k'}$ = valore caratteristico dell'angolo di attrito;



$c'_{k'}$ = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

c_{uk} = valore caratteristico della coesione non drenata;

E' = modulo elastico del terreno.

5.3 LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

Nell'area dell'opera in oggetto, le indagini a disposizione confermano l'assenza di situazioni potenzialmente critiche e/o di impatto progettuale, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

6.1 PESO PROPRIO E CARICHI PERMANENTI

Il calcolo del peso proprio è stato condotto computando il peso di tutti gli elementi che compongono la struttura, pertanto si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto. La struttura viene suddivisa nelle seguenti parti:

- Pannello: cartello stradale delle dimensioni indicate con l'aggiunta degli elementi di rinforzo in acciaio posti a tergo dello stesso e di tutti gli elementi di carpenteria metallica necessari per realizzare i vincoli e gli attacchi tra gli elementi componenti e la struttura portante
- Piedritto: elemento verticale portante
- Nodo portale: elemento orizzontale di collegamento tra il piedritto e la trave di sbraccio
- Trave del portale: elemento orizzontale sul quale vengono apposti i cartelli
- Giunzioni: struttura di collegamento tra due elementi, composto da piastre, nervature di irrigidimento, bulloni e saldature

<u>1)Pannello stradale</u>	Tipologia sezione	Area [m ²]	Lunghezza [m]	peso unitario	numero [-]	peso tot W [kN]	
Pannello irrigidimenti	3.00m x 2.00m	6	-	0,12 kN/m ²	1	0.72	
tubolare pressio piegato per il fissaggio tra tubolare e trave	ø90 mm/sp. 7 mm	0,00183	1,80	78,50 kN/m ³	5	1.290	
	sp. 8 mm	0,014	0,080	78,50 kN/m ³	5	0.453	
Manicotto tubolare ø101,6	ø101,6 mm/sp. 5 mm	1,52E-03	0,60	78,50 kN/m ³	5	0.357	
Bulloni	M16	2,01E-04	0,06	78,50 kN/m ³	2	0.023	
Traverse in alluminio per collegamento del tubolare al pannello	omega	0,001	3,40	27,50 kN/m ³	2	0.101	
Irrigidimento a "C" della traversa sp. 4 mm	50 mm x 25 mm sp. 4 mm	0,00054	3,40	78,50 kN/m ³	2	0.29	
Morsetto di fissaggio sez. a "C" sp. 5 mm	16,50 mm x 0,005 mm	0,0001	0,05	78,50 kN/m ³	6	0.002	
Perno di fissaggio ø8	ø8	5,00E-05	0,12	78,50 kN/m ³	6	0.006	
Bulloni	M12	1,13E-04	0,05	78,50 kN/m ³	6	0.005	
saldature e/o arrotondamenti					8%	0.260	
PESO TOTALE singolo pannello							3.507


	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLIN110X001	A

<u>2)Piedritto portale</u>	Tipologia sezione	peso unitario	numero [-]	peso tot W [kN]
Scotolare L= 6 m acciaio				
sez. base	500 x900 mm sp. 15 mm	78,50 kN/m ³	1	19.360
sez. colmo	700 x700 mm sp. 15 mm			
Piastra di base	900 x1300 mm x 30 mm	78,50 kN/m ³	1	2.755
Contropiastra di base	900 x1300 mm x 20 mm	78,50 kN/m ³	1	1.837
Nervature alla base	sp. 20 mm	78,50 kN/m ³	10	0.942
saldature e/o arrotondamenti			8%	1.400
PESO TOTALE				26.294

<u>3)Nodo portale</u>	Tipologia sezione	peso unitario	numero [-]	peso tot W [kN]
Nodo tra piedritto e trave sp. 15mm	VAR.(vedi elaborati grafici)	78,50 kN/m ³	1	3.024
saldature e/o arrotondamenti			8%	0.242
PESO TOTALE				3.266

<u>4)Trave portale</u>	Tipologia sezione	peso unitario	numero [-]	peso tot W [kN]
Scotolare L=10,75 m	700 x 500 mm sp. 10 mm	78,50 kN/m ³	1	19.915
saldature e/o arrotondamenti			8%	1.132
PESO TOTALE				21.047

<u>5)Giunzione sulla Trave</u>	Tipologia sezione	peso unitario	numero [-]	peso tot W [kN]
Piastre	700 x 700 mm sp. 20 mm	78,50 kN/m ³	2	1.538
Costole	sp.10 mm	78,50 kN/m ³	20	0.411
Bulloni	M20	78,50 kN/m ³	20	0.054
saldature e/o arrotondamenti			8%	0.130
PESO TOTALE				2.133

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

6.2 AZIONE DEL VENTO

Per il calcolo dell'azione del vento si fa riferimento a quanto indicato nelle NTC2018 al paragrafo 3.3.4 e al Capitolo 1; "Per quanto non espressamente specificato nel presente documento, ci si può riferire a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel Capitolo 12. In particolare quelle fornite dagli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle presenti norme".

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$P = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

q_b = pressione cinetica di riferimento

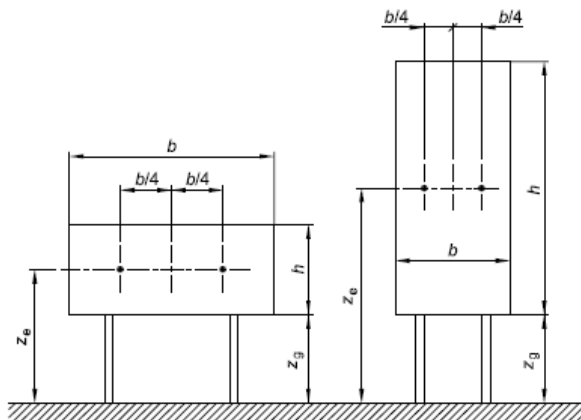
c_e = coefficiente di esposizione

c_p = coefficiente di forma

c_d = coefficiente dinamico

Per il coefficiente di forma si considera il valore indicato nell'EC1 relativo alle insegne e denominato in questa sede coefficiente di forza.

Legenda relativa alle Insegne



Nota 1 altezza di riferimento: $z_e = z_g + h/2$.

Nota 2 area di riferimento: $A_{ref} = b \times h$.

Per insegne sollevate dal suolo di un'altezza z_g maggiore di $h/4$, i coefficienti di forza risultano

$$c_f = 1.80$$

$$z_g = 5.10 \text{ m (minimo)} > 2m/4 = 0.50 \text{ m}$$


Verificato

Si sintetizzano di seguito i dati utili per il calcolo dell'azione del vento, in accordo con quanto prescritto nel DM 17.1.2018:

Zona 1

Suolo riconducibile a una Classe di Rugosità D

Tempo di ritorno: 150 anni

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLIN110X001	A

Categoria di Esposizione II

Si ottiene:

Velocità base di riferimento

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

Velocità di riferimento

$$v_r = 25.02 \text{ m/s}$$

Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = 0.50 \rho v_r^2 = 0.50 \cdot 1.25 \cdot 25.02^2 = 391.20 \text{ N/m}^2$$

dove:

$\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3$ densità dell'aria

Coefficiente dinamico $C_d = 1$

Coefficiente topografico $C_t = 1$

Coefficiente di esposizione

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.19	0.05	4.00

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
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. Affinché 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.



Individuazione della zona di esposizione in funzione delle caratteristiche geografiche del sito:

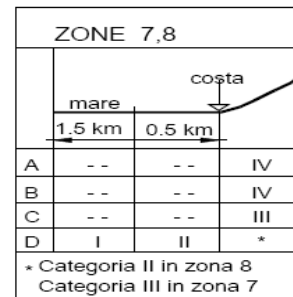
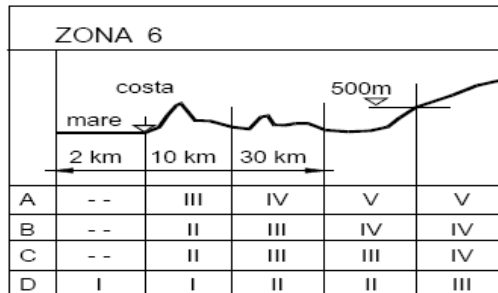
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	2 km	10 km	30 km	500m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 9		
	costa	mare
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A



coefficiente di esposizione alla quota zmin	$c_e(z_{min}) = 1.8$
coefficiente di esposizione alla quota zmin	$c_e(z) = 2.08$
coefficiente dinamico	$c_d = 1$
coefficiente di forma	$c_p = 1.8$
pressione del vento da 0 a zmin	$p = 1267.5 \text{ N/m}^2$
pressione del vento alla quota zmax	$p = 1464.7 \text{ N/m}^2$
pressione adottata	$p_w = 1366.1 \text{ N/m}^2$
incremento del 20% per gli effetti dinamici sulla sovrastruttura	$p_w = 1639.3 \text{ N/m}^2$

Si è considerata una classe di rugosità di tipo D e un ulteriore incremento della pressione del vento risultante del 20% per tenere conto di possibili effetti dinamici sulla sovrastruttura.

La pressione del vento viene applicata sulle superfici investite dal vento: pannelli e struttura in acciaio esposta ed è risultata dai calcoli effettuati essere pari a **1.64 kN/m²**.

Gli effetti dell'azione tangenziale del vento vengono invece trascurati, in quanto essa risulta:

$$p_f = q_b \times C_e \times C_f$$

$$C_e = 2.08$$

Coefficiente di attrito:

$$C_f = 0,01$$

$$p_f = 391.20 \text{ N/m}^2 \times 2.08 \times 0.01 = 8 \text{ N/m}^2 \quad \text{Trascurabile}$$

6.3 AZIONE SISMICA

Nel presente paragrafo si riportano la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del DM 17.1.2018.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 17.1.2018, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

$$T_D \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

\square : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\square=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

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



L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$: con S_S pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

F_V : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Vita Nominale

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.



	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
1	Opere provvisorie- Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥50
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 100$ anni.

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
--

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

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 III o in Classe 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 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 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 di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o 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 l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

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, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2



Pertanto per l'opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $V_R = 100 \times 1.5 = 150$ anni.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T_c^*)

Ai fini del NTC 2018 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

F_0 : 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.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento (VR), e quindi dalla vita nominale (VN) e dalla classe d'uso (C_u) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

I parametri adottati per il sito in esame (Long: 11.0442; Lat: 45.2513) risultano:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0.074	2.477	0.261
SLD	151	0.095	2.422	0.267
SLV	1424	0.231	2.433	0.285
SLC	2475	0.283	2.378	0.291

Tabella 2: Valutazione dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite



I parametri ai quali si è fatto riferimento nella definizione dell'azione sismica di progetto, indicati nella tabella precedente, corrispondono, cautelativamente, a quei parametri che danno luogo al sisma di massima entità, fra tutti quelli individuati lungo le progressive dell'opera in progetto.

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 17.1.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica. Per quanto riguarda lo stato limite di collasso (SLC), questo è stato considerato per le combinazioni sismiche di verifica dei ritegni sismici; si faccia pertanto riferimento alle considerazioni presentate nelle rispettive relazioni di calcolo di impalcato.

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici e di progetto per il restante stato limite (SLV).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).


Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.363$$

$$C_c = 1.589$$

Amplificazione topografica



Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

Spettri di progetto

Di seguito si forniscono gli spettri di risposta elastici per lo SLV, con le tabelle dei rispettivi parametri.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

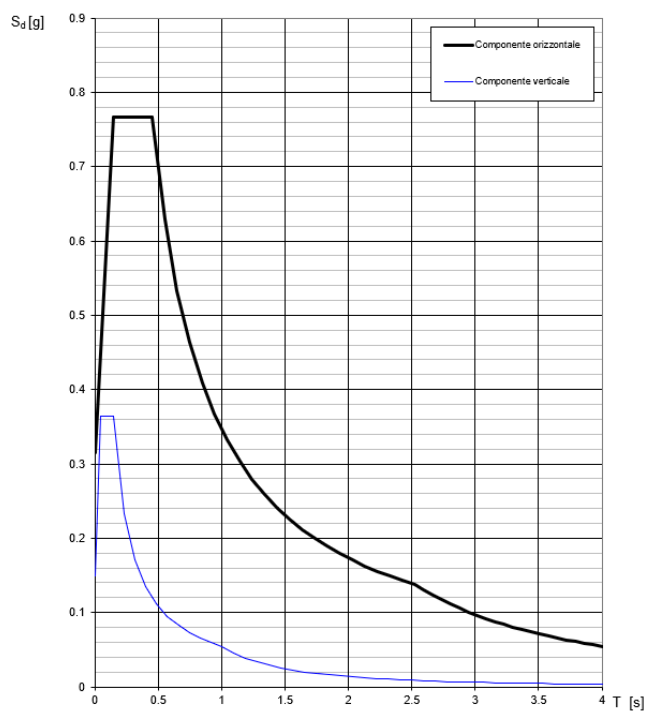


Figura 6-1: Spettri di risposta _SLV (Componente orizzontale e verticale)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$LV\$

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_0	0.231 g
F_0	2.433
T_C	0.285 s
S_S	1.363
C_C	1.589
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.363
η	1.000
T_B	0.151 s
T_C	0.453 s
T_D	2.524 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_0 / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$



$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.315
T_B	0.151	0.766
T_C	0.453	0.766
	0.551	0.629
	0.650	0.533
	0.748	0.463
	0.847	0.409
	0.946	0.367
	1.044	0.332
	1.143	0.303
	1.242	0.279
	1.340	0.259
	1.439	0.241
	1.538	0.225
	1.636	0.212
	1.735	0.200
	1.834	0.189
	1.932	0.179
	2.031	0.171
	2.129	0.163
	2.228	0.156
	2.327	0.149
	2.425	0.143
T_D	2.524	0.137
	2.594	0.130
	2.665	0.123
	2.735	0.117
	2.805	0.111
	2.875	0.106
	2.946	0.101
	3.016	0.096
	3.086	0.092
	3.157	0.088
	3.227	0.084
	3.297	0.080
	3.367	0.077
	3.438	0.074
	3.508	0.071
	3.578	0.068
	3.649	0.066
	3.719	0.063
	3.789	0.061
	3.859	0.059
	3.930	0.057
	4.000	0.055

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

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

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

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

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

Dove:

$$E = \pm 1.00 \times EY \pm 0.30 \times EZ \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times EY \pm 1.00 \times EZ$$



avendo indicato con EY e EZ rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g ₂	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Si riporta la Tabella 5.2.VI delle NTC18 in cui sono espressi i coefficienti di combinazione delle azioni:

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni (da DM 17/01/2018)



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr_1	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

8 MODELLAZIONE

L'analisi della struttura portante è stata condotta con il programma agli elementi finiti "Midas Gen" (2021, v3.1). Il modello di calcolo è formato da nodi ed elementi *beam* ai quali sono state assegnate proprietà geometriche, inerziali e meccaniche coerenti con le reali proprietà degli elementi strutturali. Nel modello è stato implementato anche il plinto di fondazione, mediante degli elementi *plate* e i pali di fondazione al fine di determinarne gli scarichi in testa.

Occorre precisare che, a favore di sicurezza, è stato applicato un doppio carico rappresentativo il peso del pannello per tenere conto di un'ipotesi futura in cui potrà sorgere la necessità di installare un secondo pannello, data la lunghezza dello sbraccio del portale.

A seguire si riportano alcune immagini del modello FEM realizzato per lo svolgimento delle analisi.

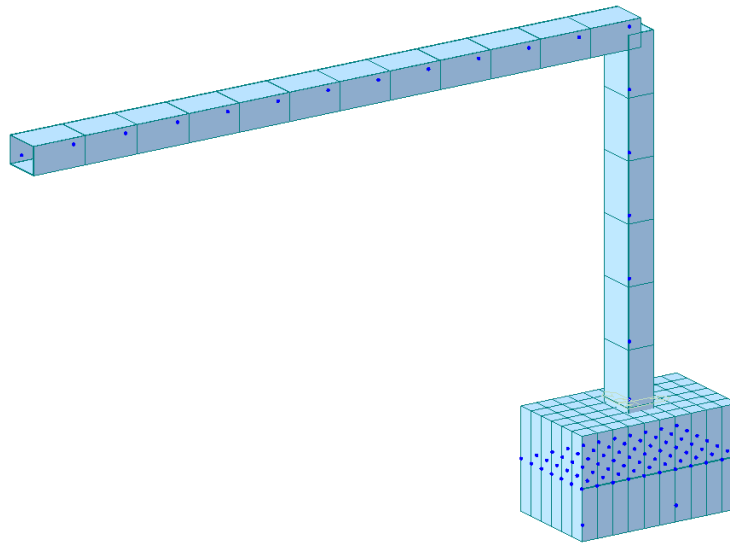


Figura 8-1: Vista estrusa modello

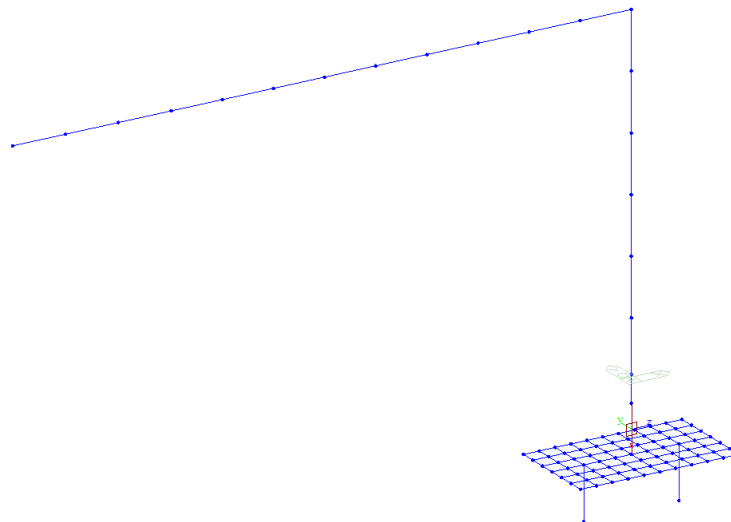




Figura 8-2: Vista "wireframe" modello

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

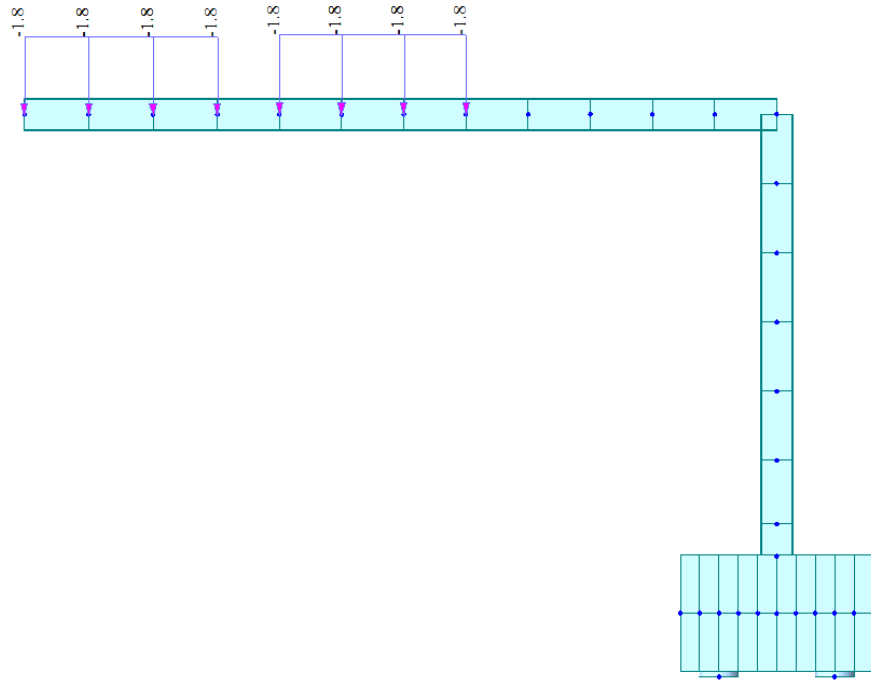



Figura 8-2: Vista estrusa modello con carico dei pannelli

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

9 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riportano a seguire i diagrammi della forza assiale N [kN], del taglio V [kN] e del momento flettente M [kNm] agenti sugli elementi strutturali che compongono la struttura portante, con riferimento alle combinazioni più significative definite in precedenza.

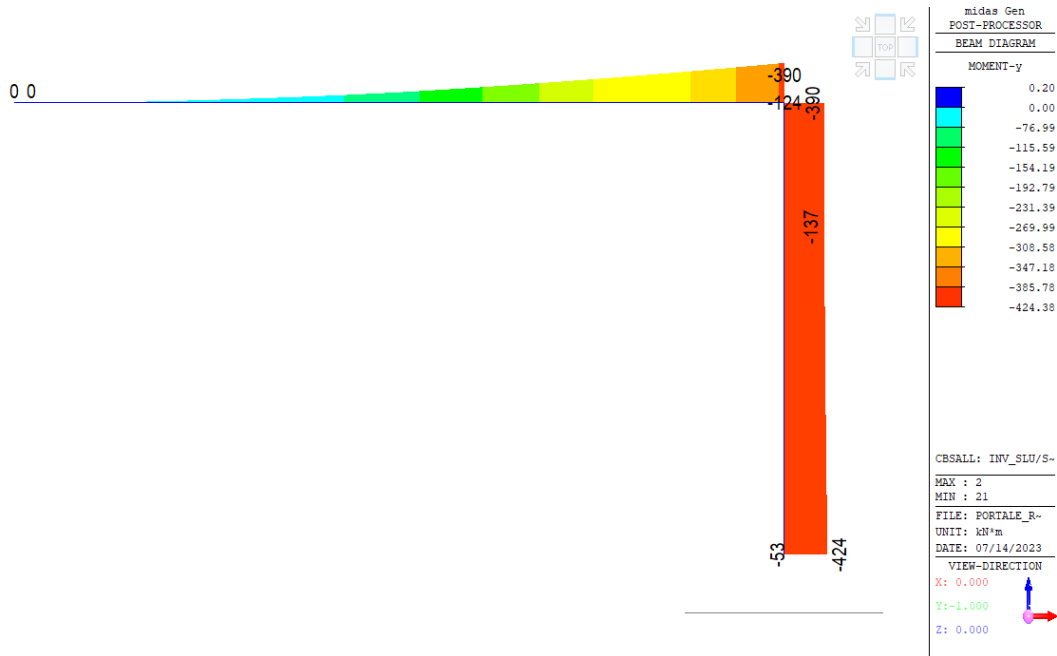


Figura 9-1: Inviluppo SLU – Momento flettente My [kNm]

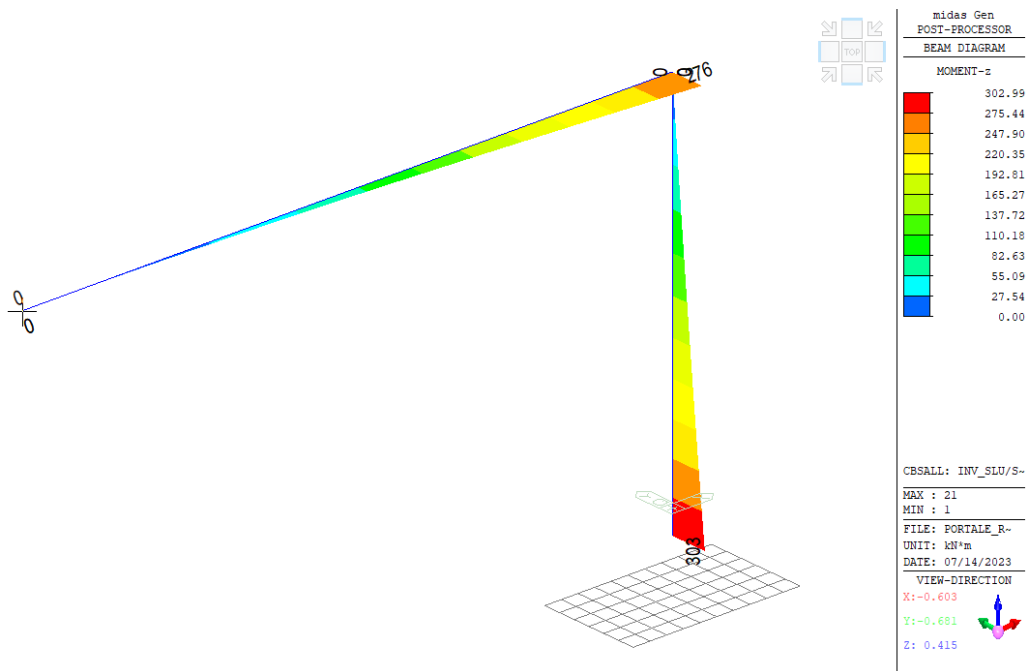


Figura 9-2: Inviluppo SLU – Momento flettente Mz [kNm]

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLIN110X001	A

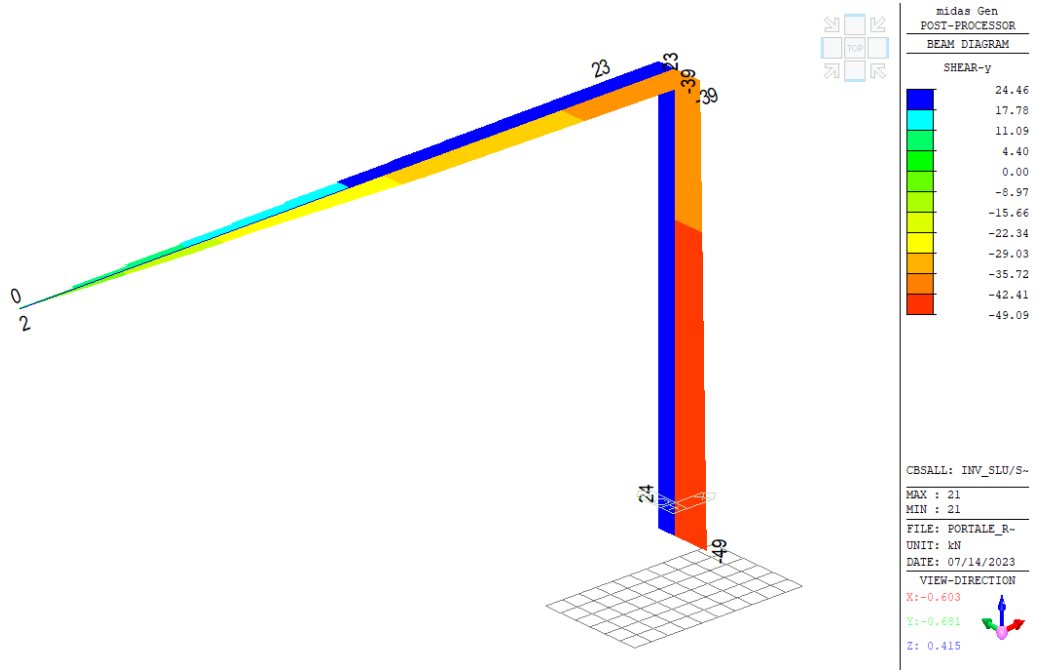


Figura 9-3: Inviluppo SLU – Sforzo di taglio Vy [kN]

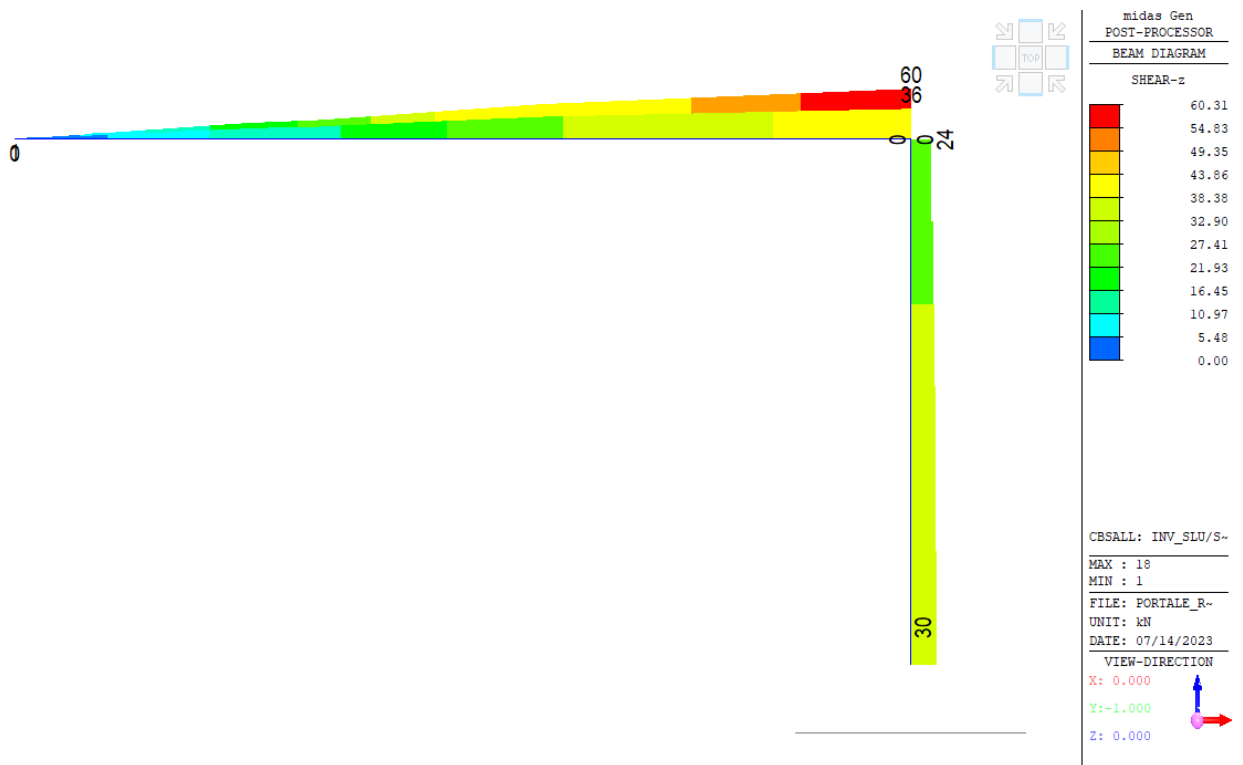



Figura 9-4: Inviluppo SLU – Sforzo di taglio Vz [kN]

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

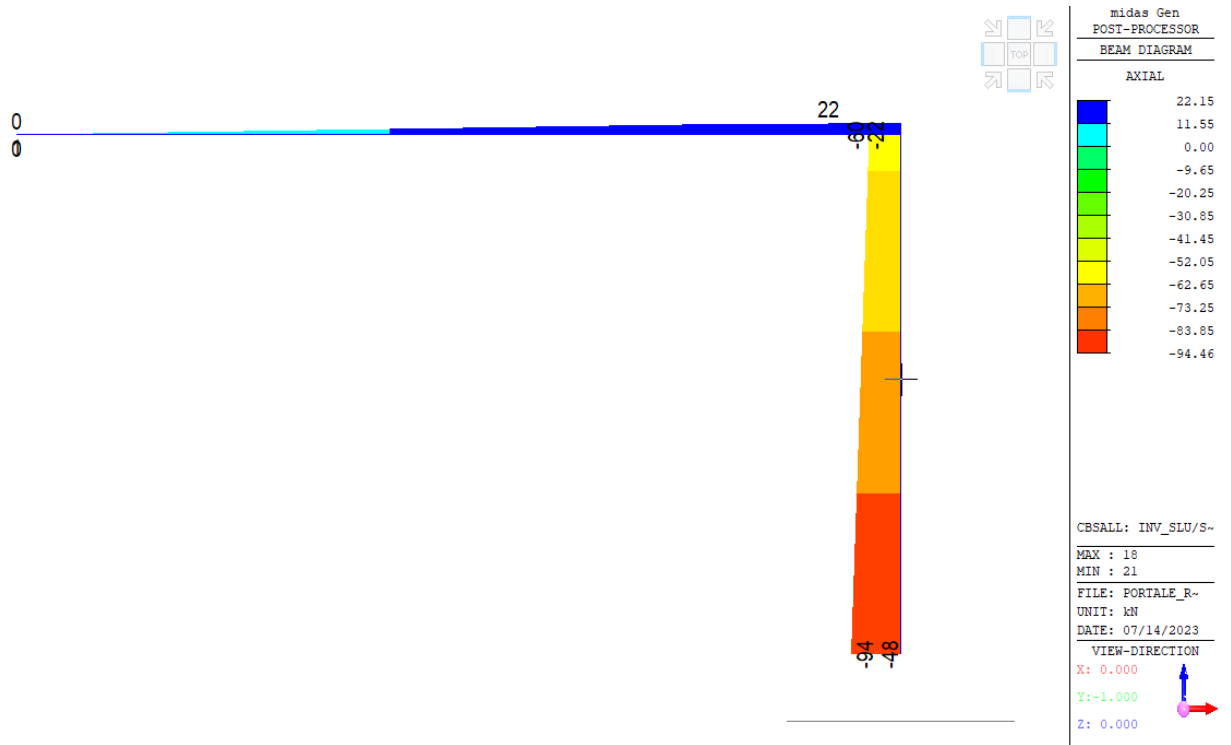




Figura 9-5:Inviluppo SLU – Sforzo assiale N [kN]

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

10 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifica riportata di seguito è di tipo grafico ed è condotta attraverso il programma “Midas Gen” (2021, v3.1) sulla base della normativa di riferimento. Dall’involuppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni il software esegue la verifica di ogni singolo elemento della struttura. Ad ognuno di essi viene associato un valore dato dal rapporto fra le sollecitazioni agenti (combinare fra loro) più limitanti e quelle resistenti. Se tale valore (coefficiente di verifica) è compreso fra 0 ed 1 il singolo elemento risulta essere verificato. Nella legenda delle immagini di verifica è riportata una mappa cromatica associata all’immagine con il relativo coefficiente di verifica. Poiché il piedritto del portale ha una sezione variabile lungo l’altezza, cautelativamente, per le verifiche strutturali si è fatto riferimento ad una sezione inferiore, pari a 500x700x15mm.

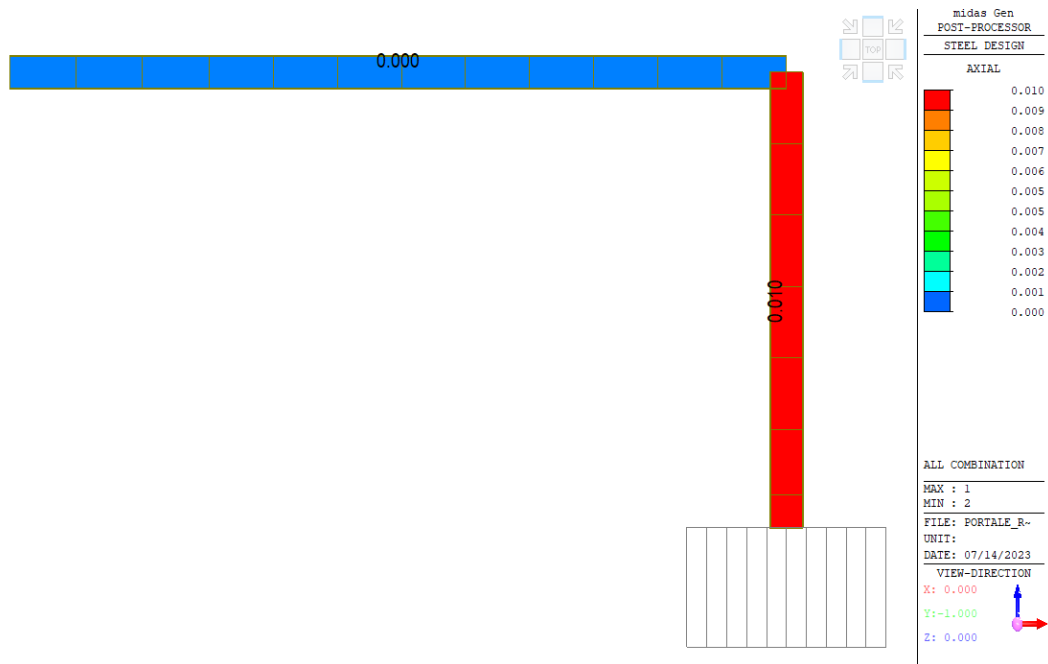


Figura 2: Verifica grafica – Sollecitazioni assiali

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

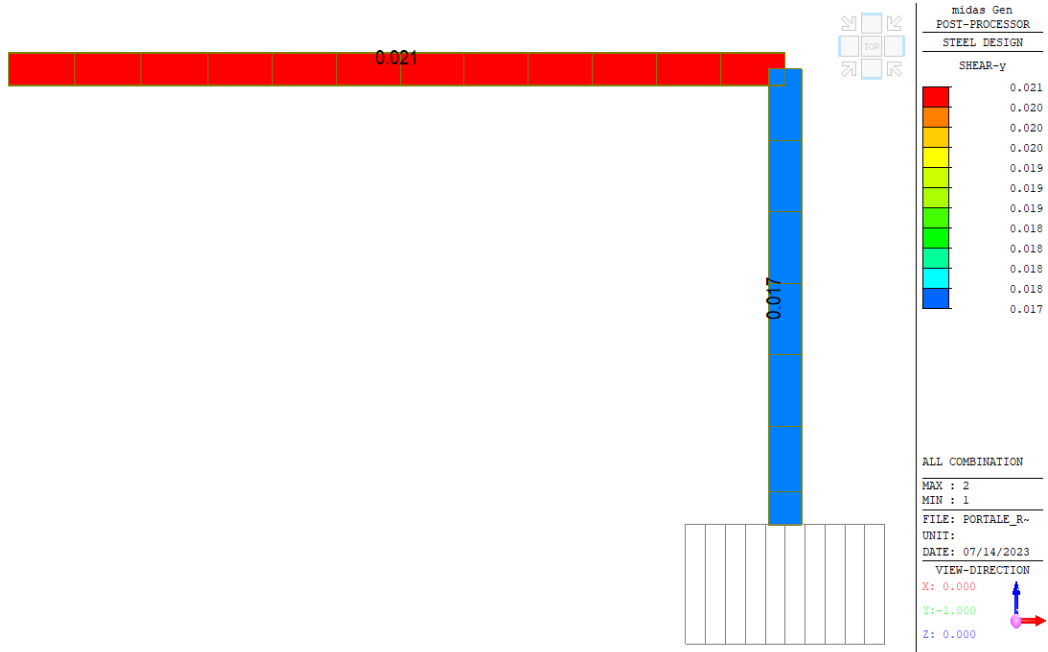


Figura 3: Verifica grafica - Sollecitazioni taglianti in y

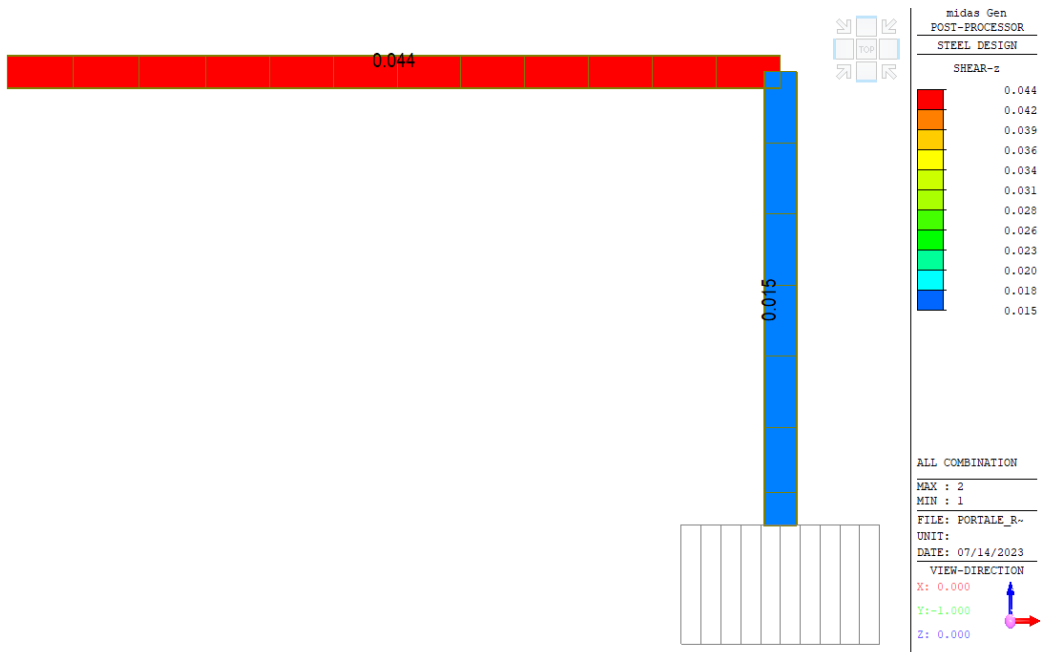




Figura 4: Verifica grafica - Sollecitazioni taglianti in z

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

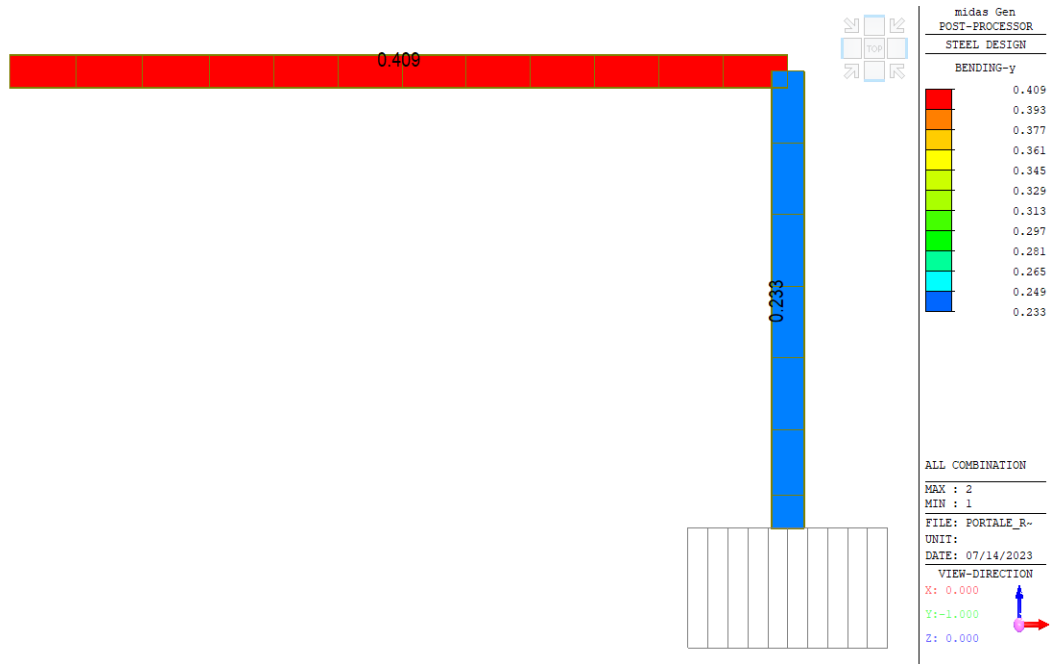


Figura 5: Verifica grafica – Sollecitazioni flettenti in y

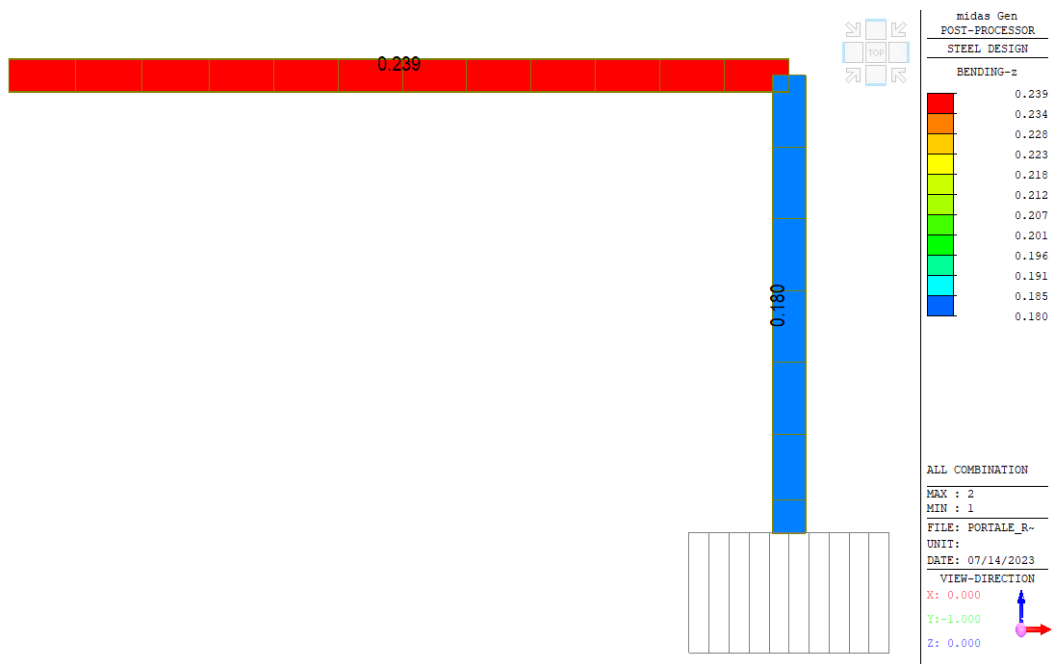


Figura 6: Verifica grafica – Sollecitazioni flettenti in z

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

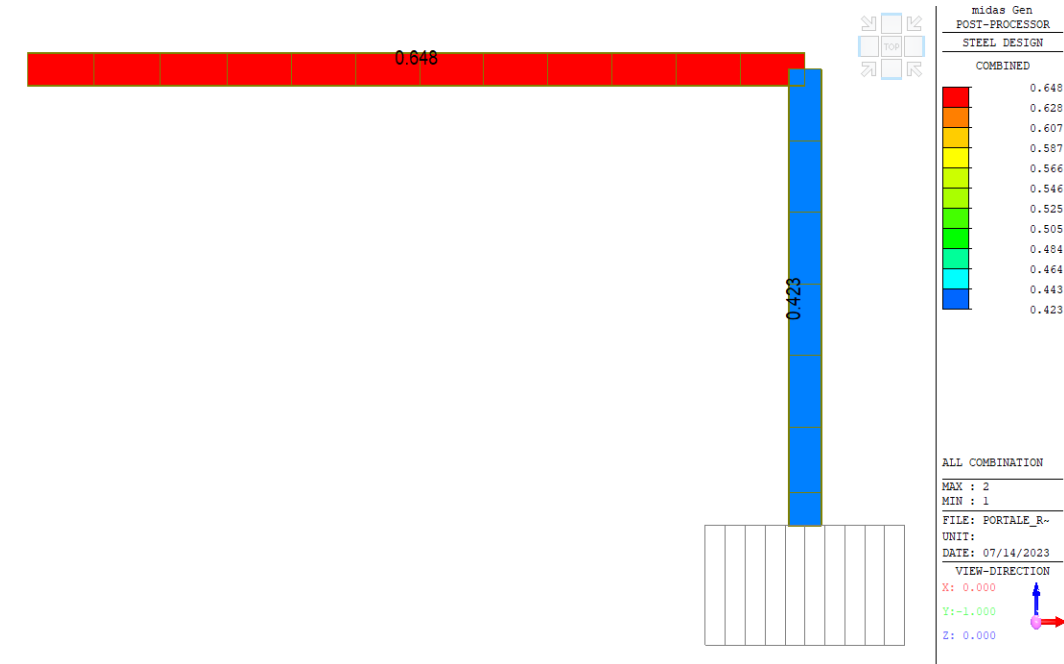




Figura 10-7:Verifica grafica – Sollecitazioni combinate

Come evidenziato dalle immagini sopra riportate, in ogni punto la struttura risulta verificata. Il dettaglio delle verifiche strutturali degli elementi strutturali in acciaio viene riportato nei paragrafi seguenti, ed è stato condotto dal software con il quale è stata eseguita l'analisi del portale stesso.

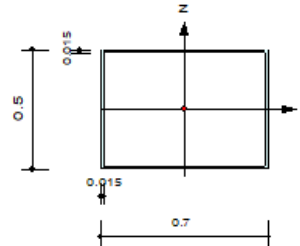
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

10.1 VERIFICA DEL MONTANTE DI ACCIAIO

Le verifiche strutturali sono condotte considerando le combinazioni di carico più gravose, rappresentate da quelle che massimizzano le diverse sollecitazioni. Come già riportato in precedenza, poiché il piedritto del portale ha una sezione variabile lungo l'altezza, cautelativamente, per le verifiche strutturali si è fatto riferimento ad una sezione inferiore, pari a 500x700x15mm.

1. Design Information

Design Code	Eurocode3:05
Unit System	kN, m
Member No	1
Material	S355giunz_pil (No:2) ($F_y = 235000$, $E_s = 210000000$)
Section Name	500x700x15 (No:1) (Built-up Section).
Member Length	: 6.86250



2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = -80.415$ (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments	$M_y = -308.34$, $M_z = 302.986$
End Moments	$M_{yi} = -308.34$, $M_{yj} = -308.34$ (for L_b) $M_{zi} = -308.34$, $M_{zj} = -308.34$ (for L_y) $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 302.986$ (for L_z)
Shear Forces	$F_{yy} = -49.092$ (LCB: 2, POS:J) $F_{zz} = 30.3432$ (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.50000	Web Thick	0.01500
Flg Width	0.70000	Top F Thick	0.01500
Web Center	0.08500	Bot.F Thick	0.01500
Area	0.03510	Asz	0.01500
Cyb	0.11249	Ozb	0.14174
Iyy	0.00149	Izz	0.00251
Ybar	0.35000	Zbar	0.25000
Wely	0.00598	Welz	0.00718
ry	0.20637	rz	0.20751

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 6.86250$, $L_z = 6.86250$, $L_b = 6.86250$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 0.85$, $C_{mz} = 0.85$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$$KL/r = 33.3 < 200.0 \text{ (Memb:1, LCB: 2)} \dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/MN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 80.42/8049.84 = 0.010 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 308.34/1325.56 = 0.233 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 302.99/1686.48 = 0.180 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R_{byN} = N_{Ed}/(A_{eff}f_y/\Gamma_{M0}), R_{byM} = (M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/M_{z,Rd}$$

$$R_{c,LT1} = N_{Ed}/(X_{iy}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$$

$$R_{b,LT1} = k_{yy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i,LT}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{yz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$$

$$R_{c,LT2} = N_{Ed}/(X_{iz}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$$



$$R_{b,LT2} = k_{zy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i,LT}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{zz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R_{byN}+R_{byM}, \text{MAX}(R_{c,LT1}+R_{b,LT1}, R_{c,LT2}+R_{b,LT2})] = 0.423 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.017 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.015 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

10.1.1.1 Verifica spostamenti laterali in SLE

Nel seguente paragrafo riportiamo i calcoli eseguiti per quanto riguarda la verifica dello spostamento massimo subito dal montante nella condizione di inviluppo SLE.

Secondo quanto riportato all'interno del par. 4.2.4.2 delle NTC18, il limite massimo di deformabilità per gli elementi sottoposti alle azioni orizzontali è deducibile attraverso la suddetta tabella:

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carro-ponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Figura 10-8: Tabella limiti di deformabilità

Nel seguito si riporta un'immagine delle deformate orizzontali massime registrate nella colonna, nella condizione di inviluppo SLE:

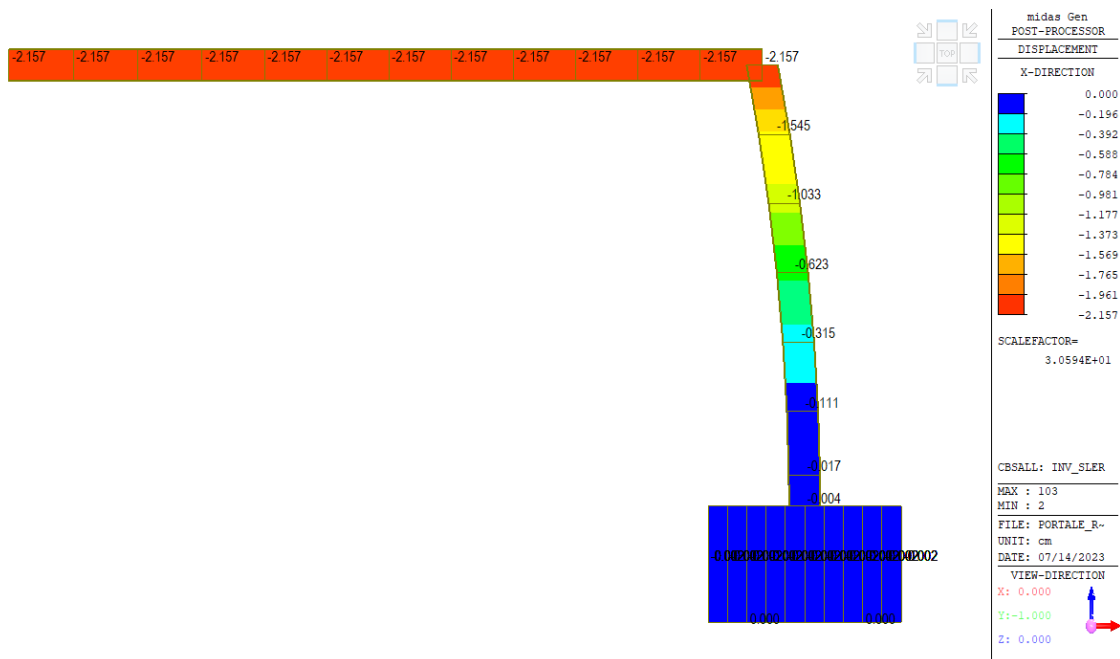



Figura 10-3: Rappresentazione grafica spostamento massimo



Nel nostro caso la verifica risulta soddisfatta in quanto:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

$$\frac{L}{300} = 2.29 \text{ cm} > 2.16 \text{ cm}$$

Si tenga presente che, il diagramma degli spostamenti trasversali sopra riportati, è relativo ad una sezione del montante pari a 500x700x15, costante, lungo lo sviluppo del profilo, pertanto, si sta trascurando, cautelativamente, parte del contributo resistente della sezione.

La verifica dunque risulterebbe in maggior misura soddisfatta.

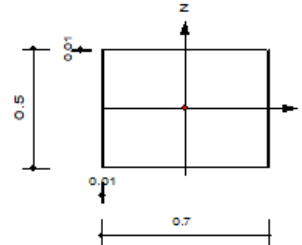
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

10.2 VERIFICA DELLA TRAVE IN ACCIAIO

Riportiamo nel seguito i calcoli eseguiti per la verifica della trave:

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 2
Material S355giunz_tr (No:4)
(Fy = 235000, Es = 210000000)
Section Name 700x500x10 (No:2)
(Built-up Section).
Member Length : 11.7000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -308.34, Mz = 275.517
End Moments Myi = 0.00000, Myj = -308.34 (for Lb)
Myi = 0.00000, Myj = -308.34 (for Ly)
Mzi = 0.00000, Mzj = 275.517 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -39.210 (LCB: 2, POS:J)
Fzz = 60.3115 (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.50000	Web Thick	0.01000
Flg Width	0.70000	Top F Thick	0.01000
Web Center	0.50000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.02350	Asz	0.01000
Oyb	0.11455	Ozb	0.14405
Iyy	0.00102	Izz	0.00171
Ybar	0.35000	Zbar	0.25000
Wely	0.00410	Welz	0.00490
ry	0.20838	rz	0.25952

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 11.7000, Lz = 11.7000, Lb = 11.7000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$$L/r = 56.1 < 300.0 \text{ (Memb:2, LCB: 2)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00/5546.00 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 308.337/754.258 = 0.409 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 275.52/1151.09 = 0.239 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance



$$R_{byN} = N_{Ed}/(A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}), R_{byM} = (M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz})/M_{z,Rd}$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R_{MNRd}, (R_{byN} + R_{byM})] = 0.648 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.021 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.044 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

10.2.1.1 Verifica spostamenti in SLE

Nel seguente paragrafo riportiamo i calcoli eseguiti per quanto riguarda la verifica dello spostamento massimo subito dalla trave nella condizione di inviluppo SLE.

Secondo quanto riportato all'interno del par. 4.2.4.2 dell'Ntc 2018, il limite massimo di deformabilità per gli elementi sottoposti alle azioni verticali è deducibile attraverso la suddetta tabella:

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Figura 10-4: Tabella limiti di deformabilità

Occorre precisare che nel caso di travi a mensola, come nel nostro caso, il calcolo del limite di deformabilità dovrà essere effettuato prendendo in considerazione una luce pari al doppio dello sbalzo.

Nel seguito si riporta un'immagine delle deformate verticali massime registrate nella trave, nella condizione di inviluppo SLE:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

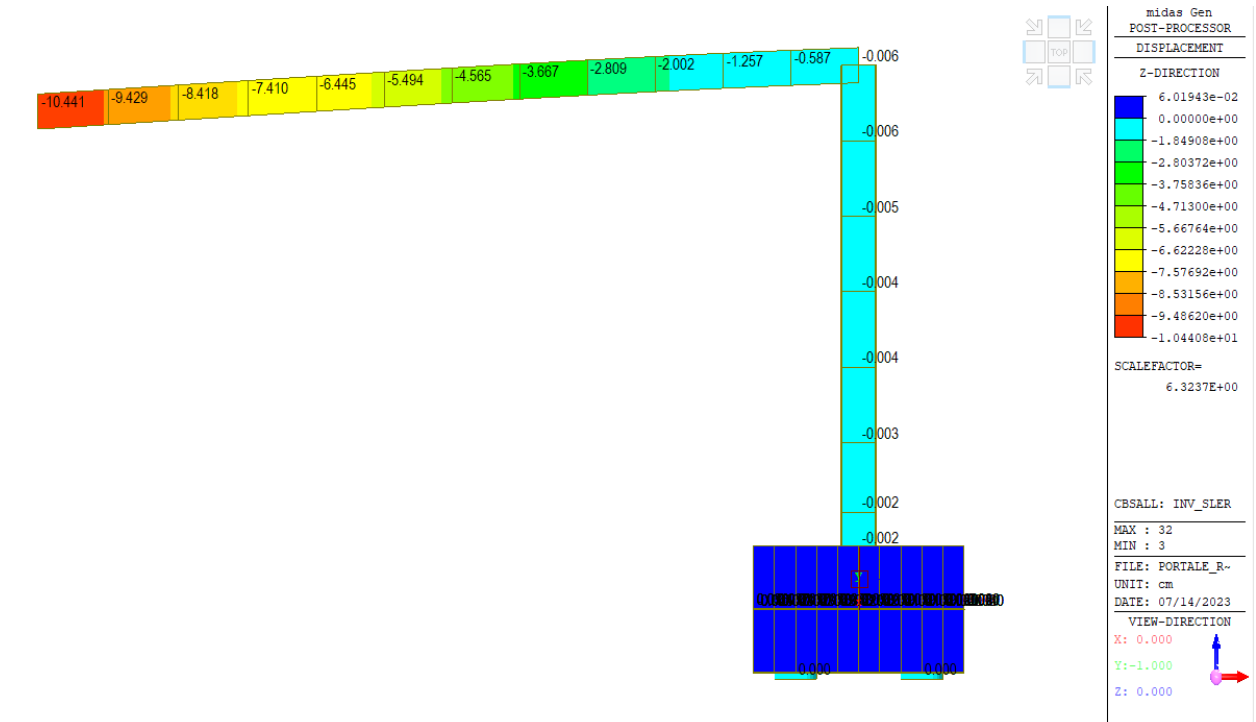


Figura 10-5: Rappresentazione grafica spostamento verticale massimo



Va precisato che la trave verrà costruita con una contromonta pari a 7.9 cm (valore di spostamento verticale massimo registrato a causa dell'azione dovuta al peso proprio della trave e del solo pannello stradale che verrà momentaneamente messo in opera), pertanto lo spostamento verticale massimo registrato risulta essere pari a:

$$\delta_z = 10.44 - 7.9 = 2.54 \text{ cm}$$

Nel nostro caso la verifica risulta soddisfatta in quanto:

$$\frac{2 \cdot L}{250} = 9.36 \text{ cm} > 2.54 \text{ cm}$$

Di seguito viene anche riportata un'analisi degli spostamenti laterali della trave. In particolare, si riporta un'immagine delle deformate orizzontali massime registrate nella trave, nella condizione di inviluppo SLE:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

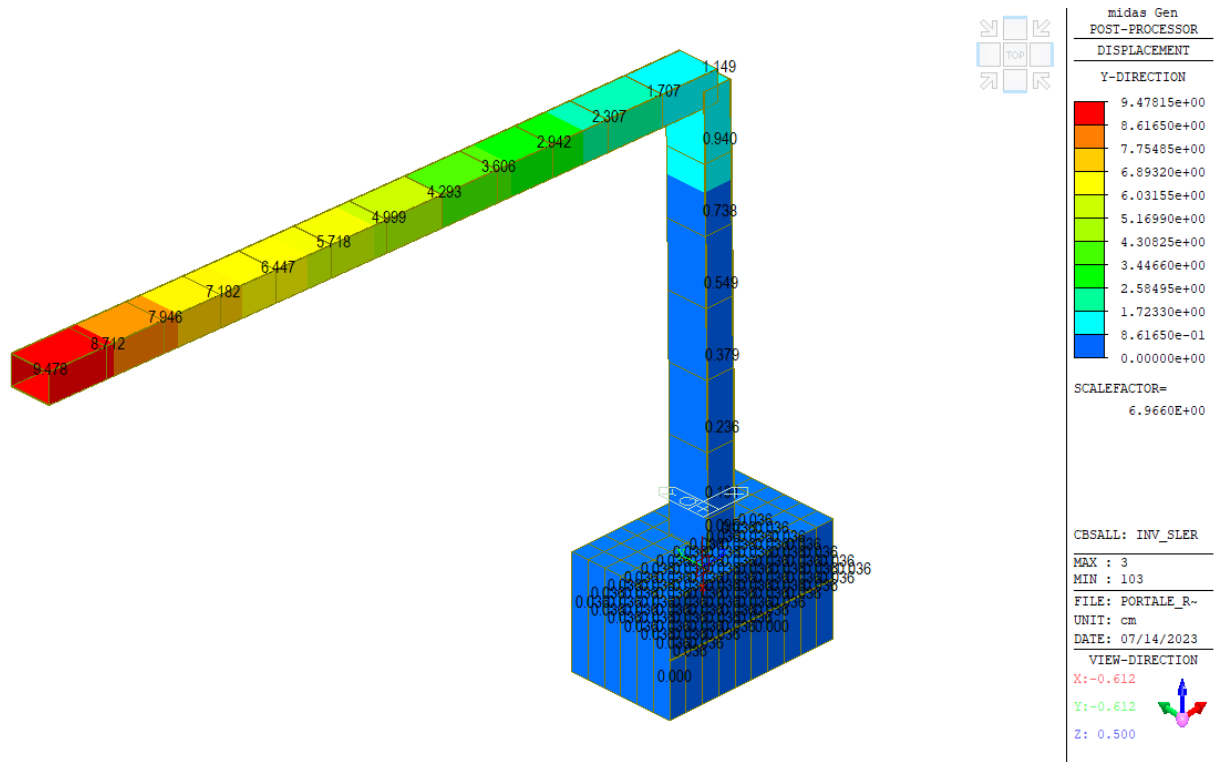




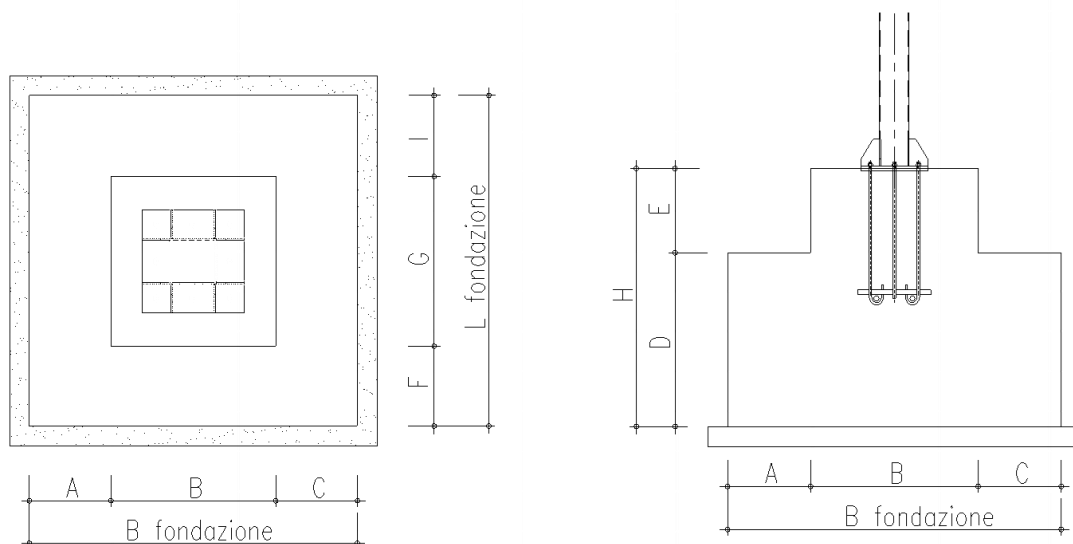
Figura 10-69: Rappresentazione grafica spostamento orizzontale massimo

Nel nostro caso la verifica risulta soddisfatta in quanto:

$$\frac{2 \cdot L}{250} = 9.36 \text{ cm} > (9.478 - 1.149) = 8.33 \text{ cm}$$



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

11 CALCOLO E VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE



Geometria della fondazione

In direzione trasversale alla strada			
Altezza fondazione	D	1.8	m
Lunghezza mensola	A	0	m
Lunghezza mensola	C	0	m
Spessore dello spiccato	B	3.0	m
Altezza dello spiccato	E	0	m
Base della fondazione	B _{fondaz}	3.0	m
In direzione longitudinale alla strada			
Larghezza mensola	F	0	m
Larghezza mensola	I	0	m
Larghezza dello spiccato	G	1.8	m
Larghezza della fondazione	L _{fondaz}	1.8	m
Altezza totale plinto	H	1.8	m
Altezza del terreno da estradosso magrone	H _{terr}	1.8	m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Carichi agenti

I carichi considerati per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, sono quelli utilizzati per l'elevazione del portale a bandiera sommati al peso proprio del plinto di fondazione e alle spinte del terreno esercitate sul plinto in cls dovute anche al sovraccarico stradale, nelle condizioni statiche e sismiche.

Peso proprio plinto di fondazione	PP _{fondaz}	243	kN
Sovraccarico stradale sul terrenocdz statiche	q	20	kN/m ²
Sovraccarico stradale sul terrenocdz sismiche	q _s	10	kN/m ²

Per il terreno di rinfianco del plinto di fondazione si utilizzano parametri geotecnici pari a quelli del materiale da rilevato:


$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 35^\circ$$

$$c' = 0.$$

Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle riportate nel Capitolo 7 del presente documento.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

11.1 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni del plinto di fondazione, estrapolati dal modello considerando l'involuppo massimo delle combinazioni SLU e SLE.

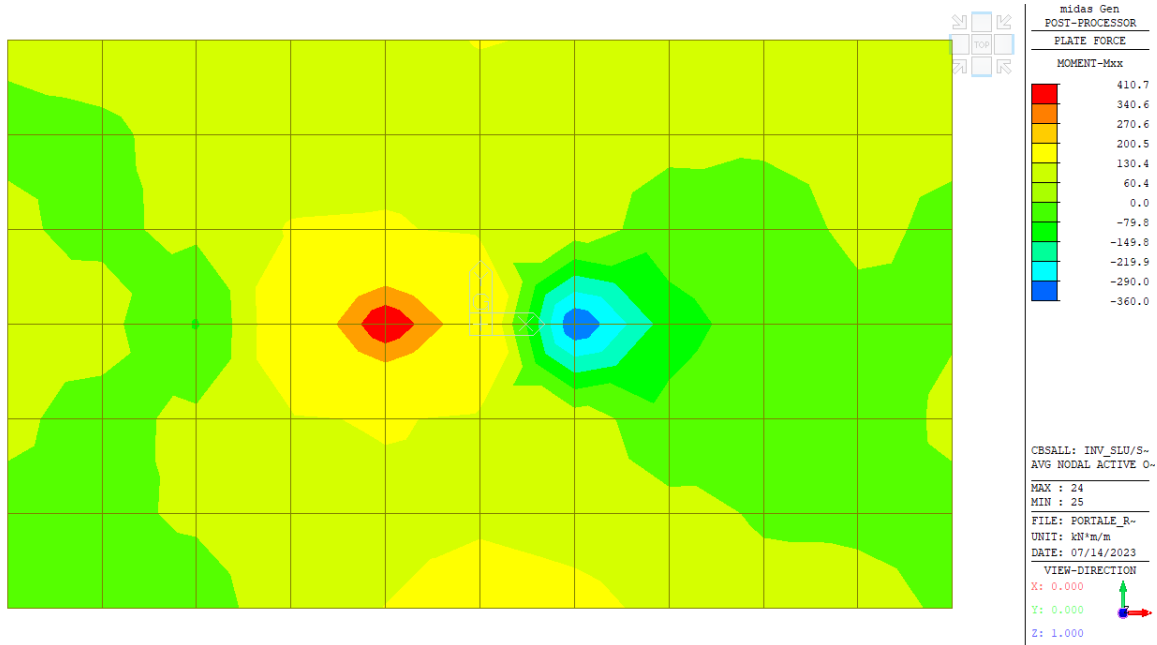


Figura 10: Momento trasversale Mxx – INV SLU/SLV

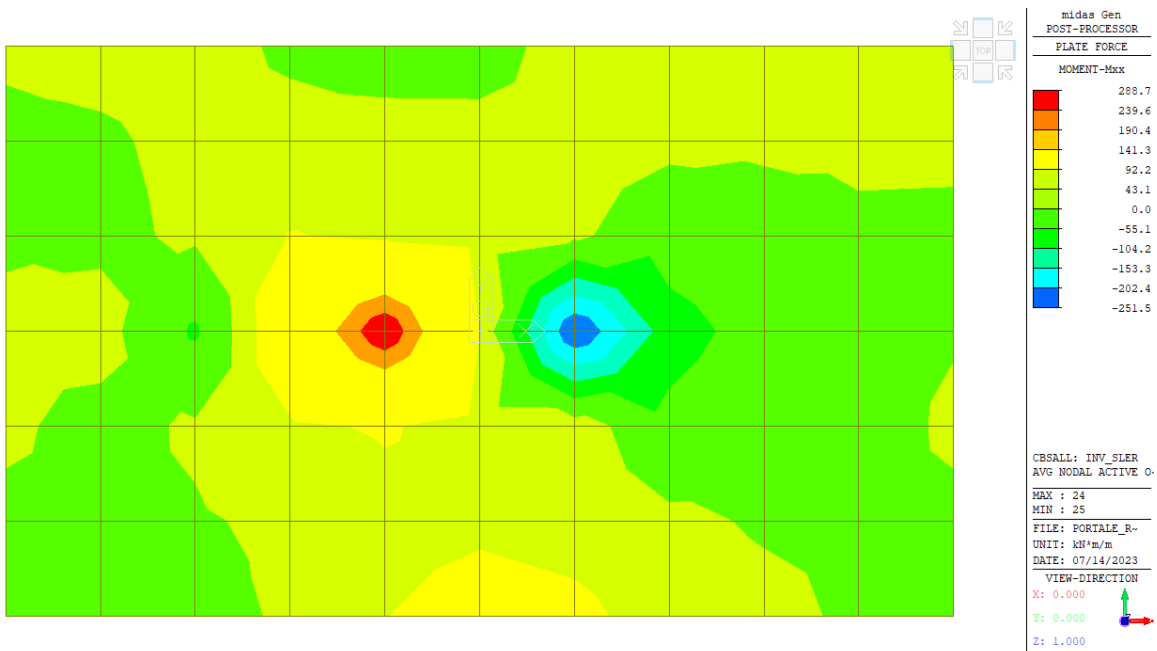




Figura 11: Momento trasversale Mxx – INV SLE

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

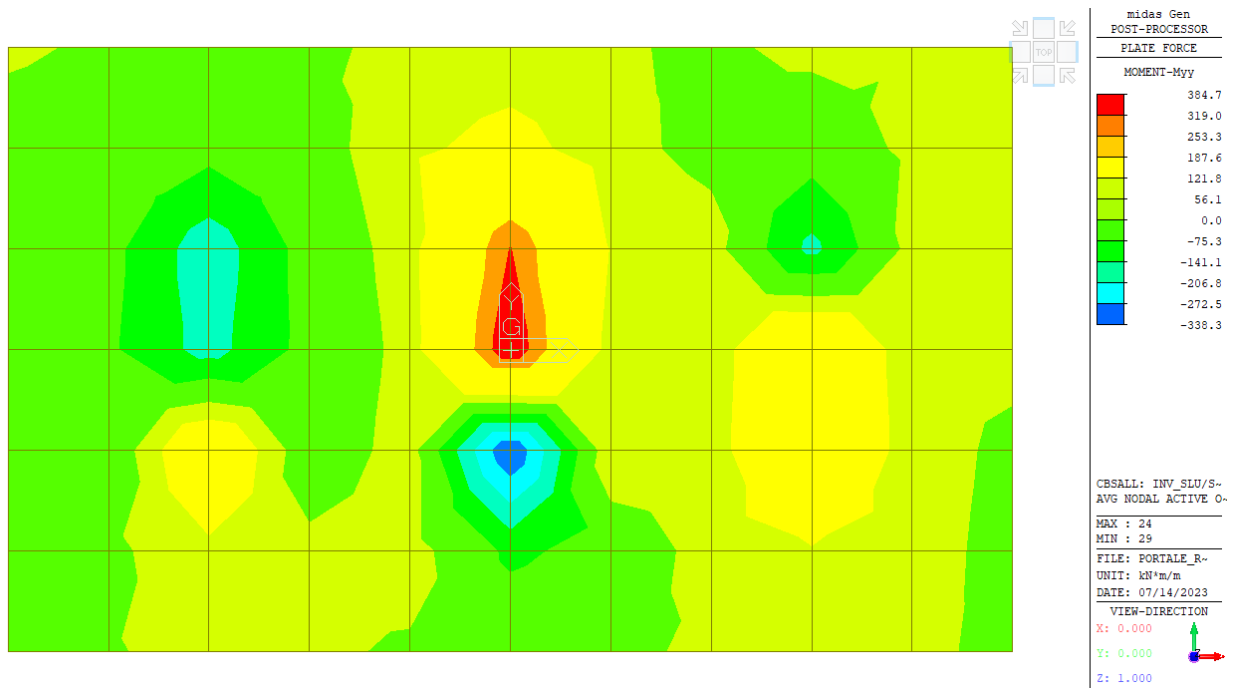


Figura 12: Momento longitudinale Myy – INV SLU/SLV

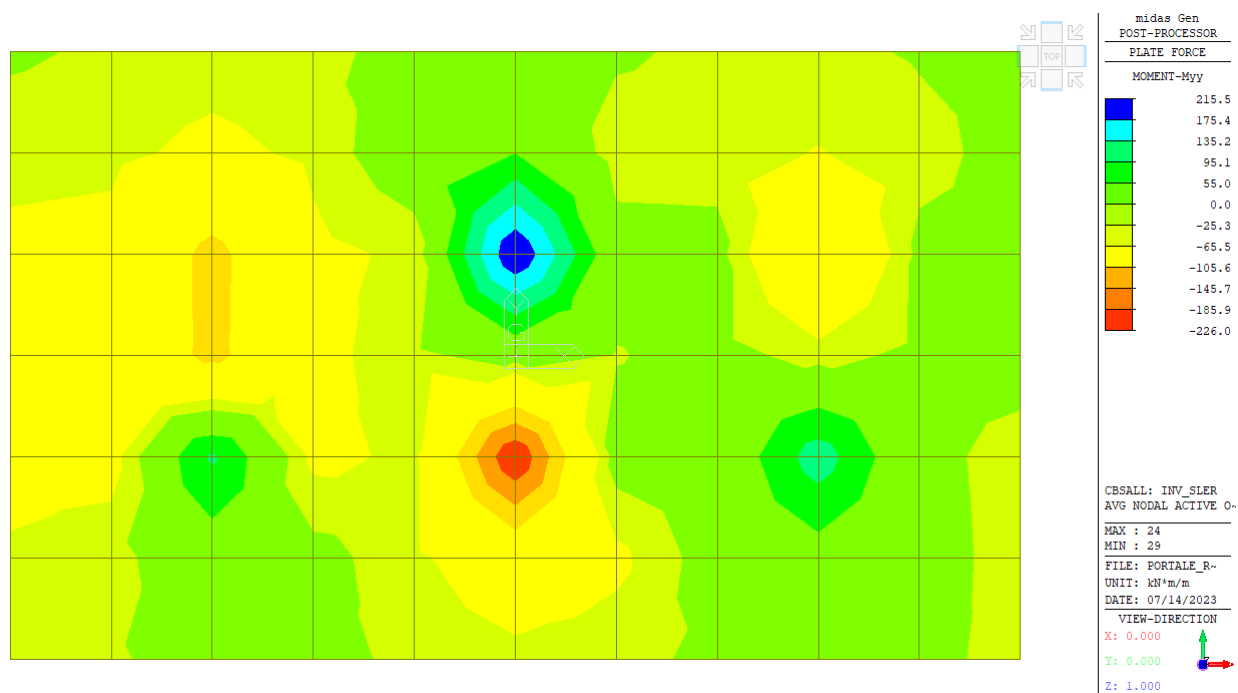


Figura 13: Momento longitudinale Myy – INV SLE

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLIN110X001	A

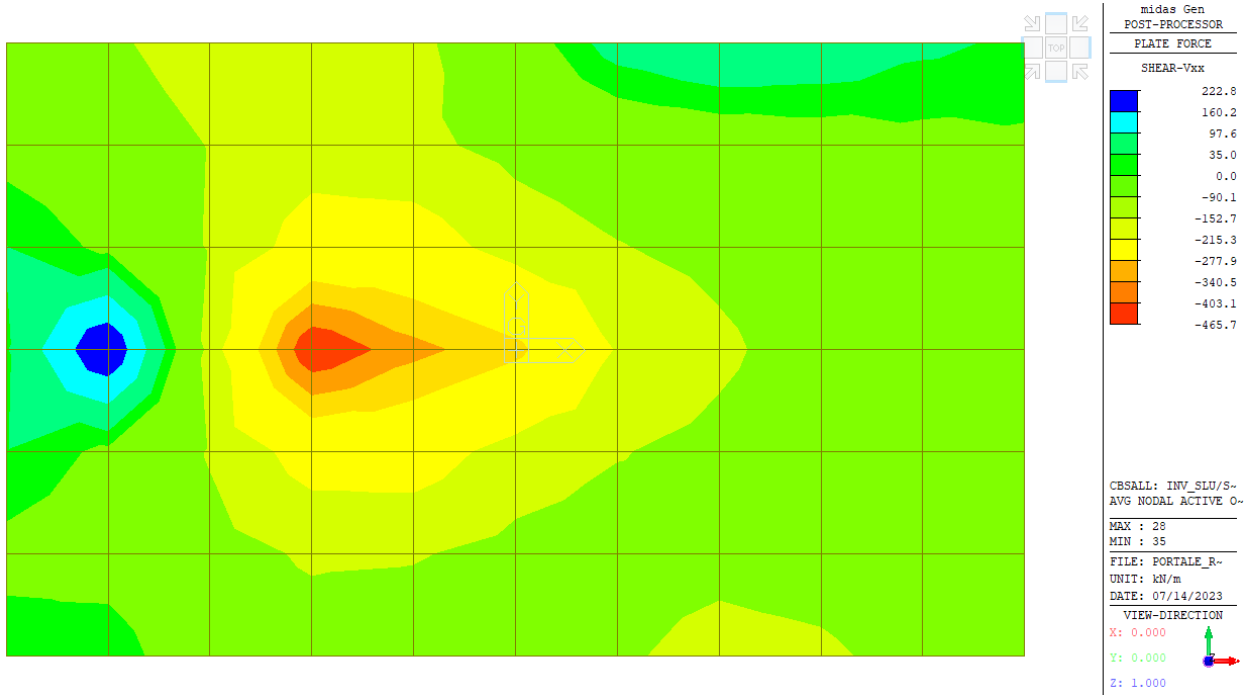


Figura 14: Sollecitazione a taglio Vxx – INV SLU/SLV

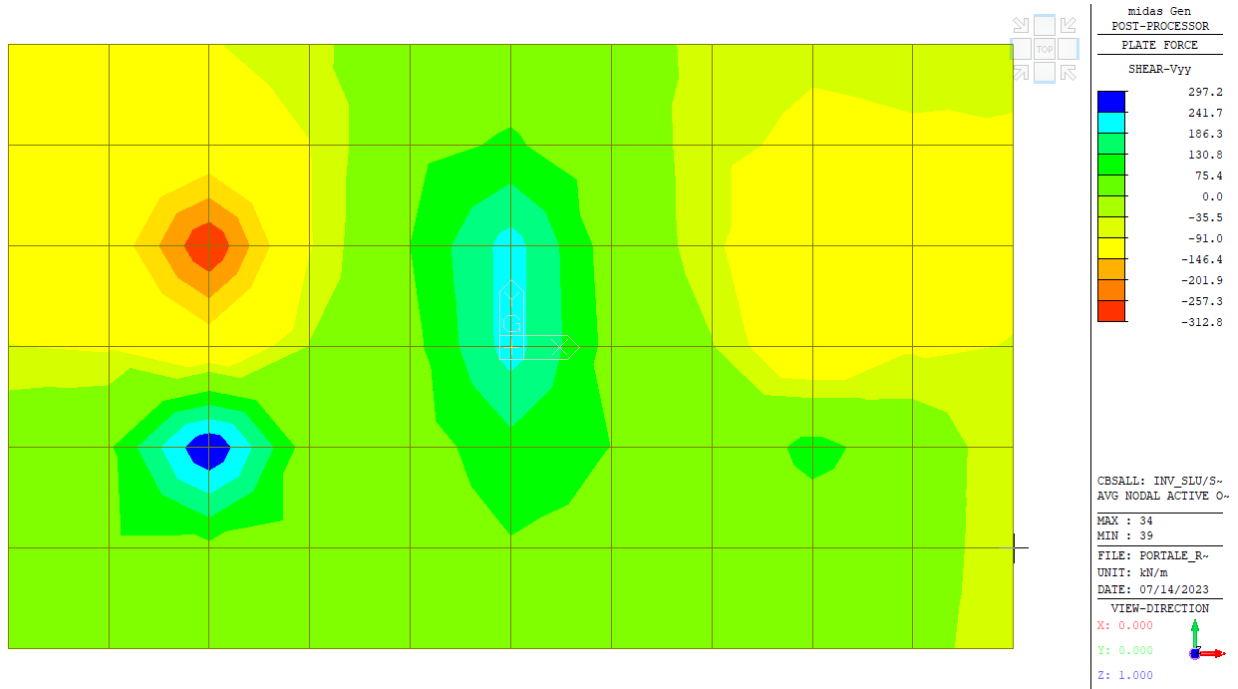


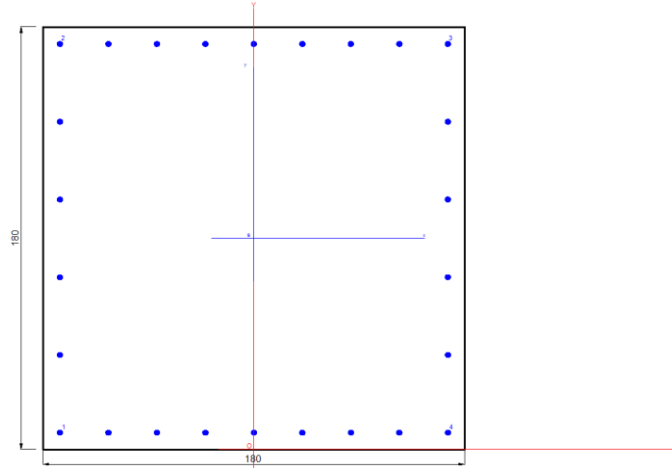


Figura 15: Sollecitazione a taglio Vyy – INV SLU/SLV

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

11.2 VERIFICA A FLESSIONE NELLA DIREZIONE TRASVERSALE



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.9	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.76	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	16.8	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.8	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-90.0	0.0
2	-90.0	180.0
3	90.0	180.0
4	90.0	0.0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-82.8	7.2	20
2	-82.8	172.8	20
3	82.8	172.8	20
4	82.8	7.2	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	7	20
2	2	3	7	20
3	1	2	4	20
4	4	3	4	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	360.00	0.00
2	0.00	-411.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	252.00	267.00
2	0.00	-289.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	252.00 (2876.91)	267.00 (3048.15)
2	0.00	-289.00 (-2876.91)	0.00 (0.00)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLIN110X001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLIN110X001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLIN110X001	A						

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	252.00 (2876.91)	267.00 (3048.15)
2	0.00	-289.00 (-2876.91)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	360.00	0.00	2717.74	7.55	53.4(64.8)
2	S	0.00	-411.00	0.00	-2717.74	6.61	53.4(64.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)



N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00335	0.047	-90.0	180.0	0.00040	-82.8	172.8	-0.06750	-82.8	7.2
2	0.00335	0.047	-90.0	0.0	0.00040	-82.8	7.2	-0.06750	-82.8	172.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000409996	-0.070451969	0.047	0.700
2	0.000000000	-0.000409996	0.003347244	0.047	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLIN110X001	A

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.59	-90.0	180.0	-44.0	-62.1	7.2	3569	28.3	20.7	1.00
2	S	0.67	-90.0	0.0	-50.5	62.1	172.8	3569	28.3	20.7	1.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * srm$. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00009 (0.00009)	292	0.044 (990.00)	2876.91	3048.15
2	S	-0.3	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00010 (0.00010)	292	0.050 (990.00)	-2876.91	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.59	-90.0	180.0	-44.0	-62.1	7.2	3569	28.3	20.7	0.50
2	S	0.67	-90.0	0.0	-50.5	62.1	172.8	3569	28.3	20.7	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE



Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00009 (0.00009)	292	0.044 (0.20)	2876.91	3048.15
2	S	-0.3	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00010 (0.00010)	292	0.050 (0.20)	-2876.91	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.59	-90.0	180.0	-44.0	-62.1	7.2	3569	28.3	20.7	0.50
2	S	0.67	-90.0	0.0	-50.5	62.1	172.8	3569	28.3	20.7	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

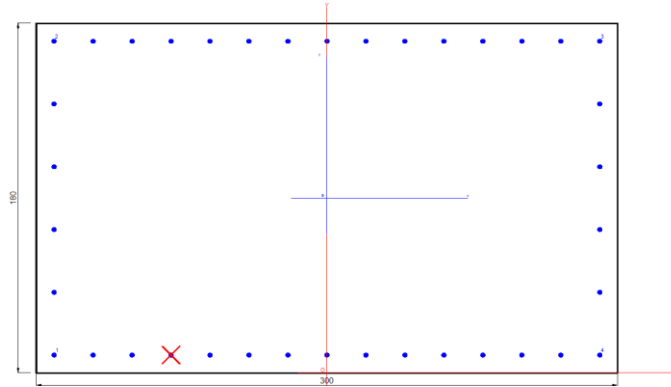
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

1	S	-0.2	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00009 (0.00009)	292	0.044 (0.20)	2876.91	3048.15
2	S	-0.3	0.0	0.125	20	62	0.400	0.00010 (0.00010)	292	0.050 (0.20)	-2876.91	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

11.3 VERIFICA A FLESSIONE NELLA DIREZIONE LONGITUDINALE




CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.9	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.76	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	16.8	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.8	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-150.0	0.0
2	-150.0	180.0
3	150.0	180.0
4	150.0	0.0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-140.8	9.2	20
2	-140.8	170.8	20
3	140.8	170.8	20
4	140.8	9.2	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	13	20
2	2	3	13	20
3	1	2	4	20
4	4	3	4	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	340.00	0.00
2	0.00	-385.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	226.00	267.00
2	0.00	-216.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	226.00 (4769.34)	267.00 (5634.57)
2	0.00	-216.00 (-4769.34)	0.00 (0.00)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLIN110X001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLIN110X001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLIN110X001	A						

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	226.00 (4769.34)	267.00 (5634.57)
2	0.00	-216.00 (-4769.34)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	340.00	0.00	3957.72	11.64	72.3(108.0)
2	S	0.00	-385.00	0.00	-3957.72	10.28	72.3(108.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)



N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00345	0.049	-150.0	180.0	-0.00038	-140.8	170.8	-0.06750	-140.8	9.2
2	0.00345	0.049	-150.0	0.0	-0.00038	-140.8	9.2	-0.06750	140.8	170.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000415374	-0.071321438	0.049	0.700
2	0.000000000	-0.000415374	0.003445831	0.049	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLIN110X001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLIN110X001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLIN110X001	A						

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.33	-150.0	180.0	-25.9	-120.7	9.2	6561	47.1	20.1	1.00
2	S	0.31	-150.0	0.0	-24.7	120.7	170.8	6561	47.1	20.1	1.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi $= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.030 (990.00)	4769.34	5634.57
2	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.029 (990.00)	-4769.34	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.33	-150.0	180.0	-25.9	-120.7	9.2	6561	47.1	20.1	0.50
2	S	0.31	-150.0	0.0	-24.7	120.7	170.8	6561	47.1	20.1	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE



Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.030 (0.20)	4769.34	5634.57
2	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.029 (0.20)	-4769.34	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.33	-150.0	180.0	-25.9	-120.7	9.2	6561	47.1	20.1	0.50
2	S	0.31	-150.0	0.0	-24.7	120.7	170.8	6561	47.1	20.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

1	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.030 (0.20)	4769.34	5634.57
2	S	-0.1	0.0	0.125	20	82	0.400	0.00005 (0.00005)	343	0.029 (0.20)	-4769.34	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLIN110X001	A

11.4 VERIFICA A TAGLIO

Riportiamo nel seguito i calcoli eseguiti per quanto riguarda la verifica al taglio della sezione:

SEZIONE					
b_w	=	180	cm		
h	=	180	cm		
c	=	5	cm		
d	=	$h-c$	=	175	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	35	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	29.05	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	16.46	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
\varnothing_{st}	=	12			
braccia	=	5			
\varnothing_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	20	cm		
(A_{sw} / s)	=	28.274	cm^2 / m		
α	=	90	$^\circ$	(90° staffe verticali)	
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	466	(KN)	
SFORZO NORMALE		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

Calcolo di $\cot \theta$

$$\cot(\theta) = 3.52$$

$$\theta = 15.86^\circ$$

$\cot q > 2,5$

Si assume

$q = 15,86^\circ$



Armatura trasversale

$$V_{Rsd} = 4356.40 \text{ (KN)}$$

$$V_{Rcd} = 8046.35 \text{ (KN)}$$

$$V_{Rd} = 4356 \text{ (KN)}$$

$$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

11.5 VERIFICA TIRANTE – PUNTONE

Di seguito viene eseguita la verifica tirante puntone per il plinto di fondazione:

Caratteristiche geometriche sezione

Larghezza mensola	b	1800	mm
Altezza mensola	h	1800	mm
Copriferro tirante principale all'asse	c	7.2	mm
Altezza utile	d=h-c	1792.8	mm
Distanza di applicazione carico	a	900	mm

Materiali

Resistenza di calcolo snervamento acciaio	f_{ywd}	391.3	MPa
Resistenza caratteristica Cubica Cls	R_{ck}	35	MPa
Fattore parziale materiale Cls	γ_c	1.5	
Resistenza caratteristica Cilindrica Cls	$f_{ck}=0.83 \times R_{ck}$	29.05	MPa
Resistenza di calcolo Cilindrica Cls	$f_{cd}=0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	16.46	MPa

Sollecitazioni agenti

Sollecitazione verticale agente di calcolo	P_{Ed}	468	kN
Sollecitazione orizzontale agente di calcolo	H_{Ed}	0	kN
Sollecitazione assiale	N_{Ed}	0	kN

Armatura tirante principale

Diametro armatura corrente principale	ϕ_l	20	mm
Numero di barre di armatura	n	9	
Area totale di acciaio tirante principale	A_{sl}	2827	mm ²



Verifiche di resistenza

Lunghezza teorica tirante principale	l	1259	mm
Parametro inclinazione	$\lambda=l/(0.9d) \approx ctg\psi$	0.780	
Parametro che tiene conto della staffatura dell'elemento di attacco della mensola	c	1.5	

Resistenza del tirante costituito dall'armatura tesa	P_{rs}	1418	kN
Resistenza del puntone di cls compresso	P_{rc}	19817	kN

Verifica gerarchia di resistenza ($P_{rs} > P_{rc}$)

Fattore di sicurezza tirante teso	FS_{acc}	3.03
Fattore di sicurezza puntone compresso	FS_{cls}	42.34

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLIN110X001	A

12 VERIFICA STRUTTURALE DEL PALO DI FONDAZIONE A QUOTA TESTA PALO

Alla quota di testa del palo le sollecitazioni agenti sono quelle trasmesse dall'elevazione e, dunque dal plinto di fondazione. Nella tabella seguente viene riportato un riepilogo delle sollecitazioni in testa al palo nelle combinazioni più gravose:

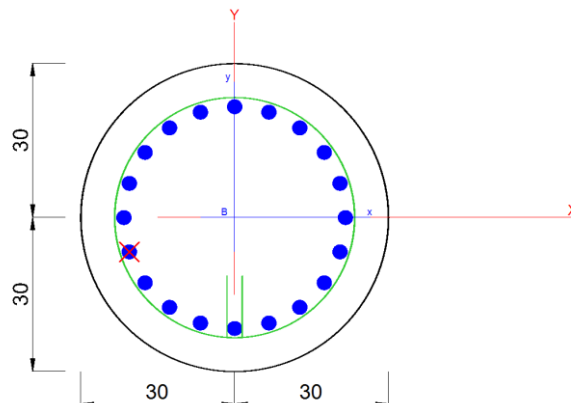
Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ _{min} (kN)	FZ _{max} (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)
SLU1	24	-56	-26	380	0	4
SLU2	24	-56	47	467	228	18
SLV1	22	1	72	310	35	7
SLV2	22	1	146	390	117	17
SLE1	17	-39	-10	276	0	3
SLE2	17	-39	39	335	155	13

Per la verifica del palo di diametro $\phi 600$, poiché la sezione è circolare è possibile comporre tra loro le sollecitazioni flettenti e allo stesso modo quelle taglianti. Si verifica dunque la sezione superiore del palo per le combinazioni di calcolo più gravose agli SLU e agli SLE.

Armatura adottata


Armatura longitudinale : 20 $\phi 24$

Armatura a taglio: spirale $\phi 12/15$



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.2 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0	MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.0	MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	11.3	MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Calcestruzzo:	C25/30

Raggio circ.:	30.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				



N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	21.6	20	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-26.00	0.10	61.00
2	47.00	229.00	61.00
3	72.00	36.00	22.00
4	146.00	118.00	22.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	3.00	268.00
2	39.00	156.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	3.00 (64.89)	268.00 (5796.64)
2	39.00	156.00 (82.88)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	3.00 (64.89)	268.00 (5796.64)
2	39.00	156.00 (82.88)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO



Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	-26.00	0.10	-25.99	597.30	999.00	90.5(8.5)
2	S	47.00	229.00	46.87	603.81	2.64	90.5(8.5)
3	S	72.00	36.00	72.29	606.04	16.83	90.5(8.5)
4	S	146.00	118.00	146.26	612.50	5.19	90.5(8.5)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLIN110X001</td> <td>A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLIN110X001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLIN110X001	A						

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	30.0	0.00213	0.0	21.6	-0.00494	0.0	-21.6
2	0.00350	0.0	30.0	0.00215	0.0	21.6	-0.00478	0.0	-21.6
3	0.00350	0.0	30.0	0.00216	0.0	21.6	-0.00472	0.0	-21.6
4	0.00350	0.0	30.0	0.00219	0.0	21.6	-0.00456	0.0	-21.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue



N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000163546	-0.001406366	----	----
2	0.000000000	0.000160449	-0.001313479	----	----
3	0.000000000	0.000159384	-0.001281511	----	----
4	0.000000000	0.000156287	-0.001188623	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna) I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	61.00	478.10	536.08	44.7 36.3	53.9	2.500	1.000	1.7	15.1(0.0)
2	S	61.00	481.34	533.83	44.6 36.2	53.8	2.500	1.012	1.7	15.1(0.0)
3	S	22.00	483.47	533.04	44.5 36.1	53.8	2.500	1.018	0.6	15.1(0.0)
4	S	22.00	489.70	530.67	44.4 36.0	53.8	2.500	1.036	0.6	15.1(0.0)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLIN110X001	A

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.12	0.0	0.0	-3.8	0.0	-21.6	911	31.7	6.8	1.00
2	S	7.05	0.0	0.0	-126.2	0.0	-21.6	714	31.7	6.8	1.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S}2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
Mx fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0.0	0.125	24	72	0.400	0.00001 (0.00001)	192	0.002 (990.00)	64.89	5796.64
2	S	-4.8	0.0	0.125	24	72	0.718	0.00045 (0.00025)	185	0.142 (990.00)	82.88	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.12	0.0	0.0	-3.8	0.0	-21.6	911	31.7	6.8	0.50
2	S	7.05	0.0	0.0	-126.2	0.0	-21.6	714	31.7	6.8	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0.0	0.125	24	72	0.400	0.00001 (0.00001)	192	0.002 (0.20)	64.89	5796.64
2	S	-4.8	0.0	0.125	24	72	0.859	0.00054 (0.00025)	185	0.170 (0.20)	82.88	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.12	0.0	0.0	-3.8	0.0	-21.6	911	31.7	6.8	0.50
2	S	7.05	0.0	0.0	-126.2	0.0	-21.6	714	31.7	6.8	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0.0	0.125	24	72	0.400	0.00001 (0.00001)	192	0.002 (0.20)	64.89	5796.64
2	S	-4.8	0.0	0.125	24	72	0.859	0.00054 (0.00025)	185	0.170 (0.20)	82.88	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

13 VERIFICHE DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE

Nel presente capitolo vengono riportate le verifiche di portanza verticale e trasversale del palo di fondazione, considerando un palo di diametro f600 e lunghezza pari a 8.00m.

13.1 VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE

La verifica a carico limite verticale del palo è stata condotta considerando il valore massimo dello sforzo assiale di compressione, al quale è stato aggiunto il peso del palo ($W_{palo} = 56.5kN$).

La verifica stta condotta in condizioni drenate:

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE:

OPERA:

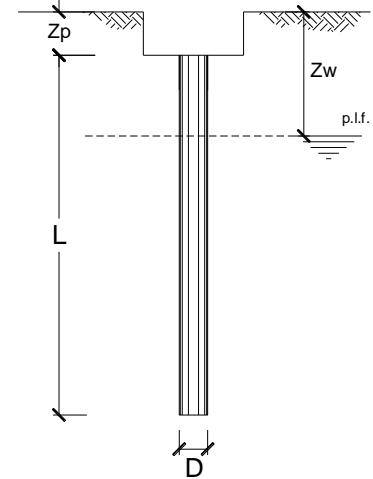
TR03

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0.60	(m)	Area del Palo (A_p):	0.283	(m^2)
Quota testa Palo dal p.c. (z_p):	1.80	(m)	Quota falda dal p.c. (z_w):	9.30	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	523.52	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	1		$L_{palo} =$	8.00	(m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_b	γ_s	$\gamma_{s\text{ traz}}$	
			γ_G	γ_Q				
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLIN110X001

A

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c'_{med} (kPa)	ϕ'_{med} (°)	$c_{u,med}$ (kPa)
1	8.00	UG6	19.00	0.0	39.0	
2						
3						
4						

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.37	0.81		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c'_{min} (kPa)	ϕ'_{min} (°)	$c_{u,min}$ (kPa)
1	8.00	UG6	19.00	0.0	39.0	
2						
3						
4						

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.37	0.81		

RISULTATI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	8.00	UG6	498.1	27.36	0.00	4956.8	1401.5	498.1	27.36	0.00	4956.8	1401.5
2												
3												
4												

CARICO ASSIALE AGENTE

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = 523.5 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal \text{ med}} = 1401.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ med}} = 498.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ med}} = 1899.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal \text{ min}} = 1401.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ min}} = 498.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ min}} = 1899.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = 824.4 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 293.0 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 1117.4 \text{ (kN)}$$



CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 865.5 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 1.65$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLIN110X001	A

13.2 VERIFICA DI PORTANZA TRASVERSALE

Per il calcolo del momento di plasticizzazione M_y della sezione del palo si è considerato che il palo stesso sia armato con 20 ϕ 24.

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 600 (mm)
Raggio = 300 (mm)
Sforzo Normale = -26 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

R_{ck} = 30 (Mpa)
 f_{ck} = 25 (Mpa)
 γ_c = 1.5
 α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)

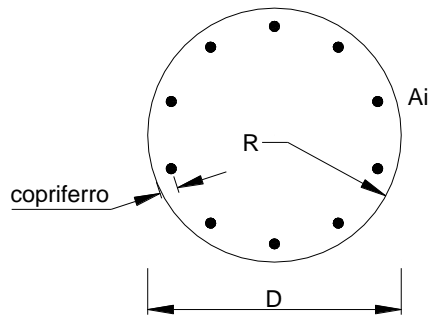
Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (Mpa)
 γ_s = 1.15
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$ (Mpa)

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.190%
 ϵ_{uk} = 10.000%



Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
20	ϕ 24	9048	84
0	ϕ 0	0	0
0	ϕ 0	0	0

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

$M_y = 598.5$ (kN m)

Inserisci

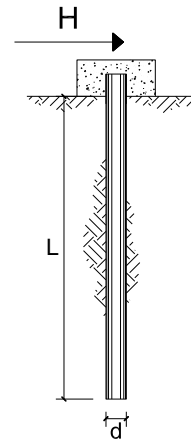
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: IN11

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_ϕ	γ_T
			γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.40

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2}k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	8.00	(m)	
Diametro del palo	d =	0.60	(m)	
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	598.47	(kN m)	
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	39.00	(°)	$\phi'_{min} = 39.00$ (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	39.00	(°)	$\phi'_{min,d} = 39.00$ (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1+\sin\phi)/(1-\sin\phi)$)	$k_{p,med} =$	4.40	(-)	$k_{p,min} = 4.40$ (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	19.00	(kN/m ³)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =	61	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)	

Palo corto:

$H1_{med} = 4810.43$ (kN) $H1_{min} = 4810.43$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 1678.28$ (kN) $H2_{min} = 1678.28$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 623.61$ (kN) $H3_{min} = 623.61$ (kN)

$H_{med} = 623.61$ (kN) palo lungo $H_{min} = 623.61$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 366.83$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 282.18$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 61.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 4.63$