



COMUNE DI MIRANO

REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA PISTA CICLABILE IN VIA SCALTENIGO (S.P. 26) TRA SCALTENIGO E MIRANO

PROGETTO DEFINITIVO

PISTA CICLABILE VIA SCALTENIGO RELAZIONE DI CALCOLO PASSERELLA SU CANALE CALTRESSA				N. ELABORATO			
				6			
				FORMATO A4			
				CODICE PROGETTO			
				30	24	S	DS
3	1	3024SDS3_rel calcolo_1	gennaio 2024	GS	FC	AM	
Con.	Rev.	Nome file	Data	Redatto	Controllato	Approvato	

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ARCH. ANDREA SANCASSANI

PROGETTISTA DELL'INTERVENTO
DOTT. ING. ANTONIO MARTINI



STUDIO MARTINI INGEGNERIA S.r.l.
info@martiniingegneria.it

Studio certificato Qualità, Ambiente e Sicurezza





Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. SISMICITÀ DELL'AREA	5
4. MATERIALI ADOTTATI E RELATIVI PARAMETRI DI CALCOLO	10
4.1 MATERIALI PER CALCESTRUZZO ARMATO	10
4.1.1 Acciaio per c.a. B450C (controllato in stabilimento).....	10
4.1.2 Calcestruzzo per spalle.....	10
4.1.3 Calcestruzzo getto integrativo soletta di impalcato	11
4.1.4 Calcestruzzo per pali di fondazione	12
4.1.5 Verifiche a fessurazione per le opere in calcestruzzo armato.....	13
4.2 MATERIALI PER CARPENTERIA METALLICA	14
4.2.1 Profilati e piatti forgiati	14
4.2.2 Lamiera grecata.....	15
4.2.3 Bulloni per giunzioni a taglio	15
4.2.4 Coefficienti Parziali per le Resistenze.....	15
5. COMBINAZIONI DI CARICO	16
5.1 COMBINAZIONI AGLI SLU	18
5.2 STATO LIMITE ULTIMO IN CONDIZIONI SISMICHE	18
5.3 COMBINAZIONI AGLI SLE	19
6. PASSERELLA SUL CANALE CALTRESSA	20
6.1 PREMESSA	20
6.2 SCHEMA DI CALCOLO DELL'IMPALCATO	21
6.2.1 Caratteristiche dell'impalcato strutturale	21
6.2.2 Vincoli dell'impalcato	21
6.3 ANALISI DEI CARICHI.....	22
6.3.1 Carichi permanenti	22



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

6.3.2	Azioni variabili da traffico (§5.1.3.3 NTC)	22
6.3.3	Vento	22
6.3.4	Azione sismica.....	24
6.4	LAMIERA GRECATA	25
6.4.1	Analisi dei carichi	25
6.4.2	Scelta Tipologia di lamiera.....	25
6.5	VERIFICA DELLE TRAVI TRASVERSALI.....	26
6.5.1	Analisi dei carichi	26
6.5.2	Sollecitazioni e deformazioni di verifica.....	26
6.6	VERIFICA DELLE TRAVATURE PORTANTI.....	29
6.6.1	Verifiche agli SLU	29
6.6.2	Verifiche agli SLE.....	41
6.6.3	Verifica dei collegamenti dei puntoni-tiranti diagonali	41
6.7	VERIFICA DEI CONTROVENTI.....	44
6.7.1	Verifiche agli SLU	45
6.8	VERIFICA DEI MONTANTI	48
6.8.1	Verifica allo SLU	48
6.9	VERIFICA DELLE SPALLE	48
6.10	VERIFICA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO	52
6.10.1	Verifiche di resistenza	52
6.11	CALCOLO DELLE STRUTTURE FONDAZIONE.....	53
6.11.1	Parametri geotecnici.....	53
6.11.2	Verifiche stato limite ultimo.....	53
7.	PROCEDURA DI UTILIZZO DEL CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO	55
7.1.1	Giudizio sull'attendibilità del codice di calcolo utilizzato.....	55
7.1.2	Criteri adottati per l'analisi strutturale.....	56
7.1.3	Giudizio sull'elaborazione e sull'attendibilità dei risultati.	56



*Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano*

*Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo*

1. PREMESSA

Il presente progetto definitivo riguarda la realizzazione della pista ciclabile di collegamento tra il capoluogo Mirano e la frazione Scaltenigo, la creazione di una rotatoria tra via Scaltenigo e via Caltressa e la sistemazione di un tratto esistente di pista ciclabile lungo via Scaltenigo, compreso tra la S.P. 81 “via Venezia” fino all’intersezione con la S.P. 32 “via Cavin di Sala” oltre all’adeguamento di due strade di collegamento con via Meneghetti e via Milano come opera complementare.

In particolare nella presente relazione di calcolo si riporta i calcoli della passerella ciclabile in corrispondenza del canale Caltressa.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le strutture saranno progettate in osservanza alla vigente normativa; in particolare:

- *Norme tecniche per le costruzioni del 17 gennaio 2018*
- *Legge Regionale n. 27 del 07/11/2003 – Disposizioni generali in materia di lavori pubblici di interesse regionale e per le costruzioni in zone classificate sismiche.*
- *Legge Regionale n. 13 del 21/05/2004 – Modifiche della legge regionale 7 novembre 2003 n. 27 “Disposizioni generali in materia di lavori pubblici di interesse regionale e per le costruzioni in zone classificate sismiche”.*

Ad integrazione delle precedenti normative si assumerà come riferimento tecnico:

- *CNR 10018 – Apparecchi d'appoggio per le costruzioni, istruzioni per l'impiego.*
- *UNI EN 1991-1-5:2004 Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche.*
- *UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.*
- *UNI EN 1993-1-8:2005 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.*



3. SISMICITÀ DELL'AREA

Il Comune di Mirano nel quale è prevista l'opera in questione è classificato in zona sismica 4. Ai sensi del D.M. 17/01/2018 si esegue di seguito la determinazione dei parametri sismici, conseguenti alla zonizzazione sismica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 12.1119 LATITUDINE: 45.4926

Ricerca per comune REGIONE: Veneto PROVINCIA: Venezia COMUNE: Mirano

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta ||>
Variabilità dei parametri ||>

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri ||>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
media ponderata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Ai sensi del punto 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018 vengono assunti i parametri di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento. Si assume pertanto:

Tipo di costruzione: 2

conseguentemente:

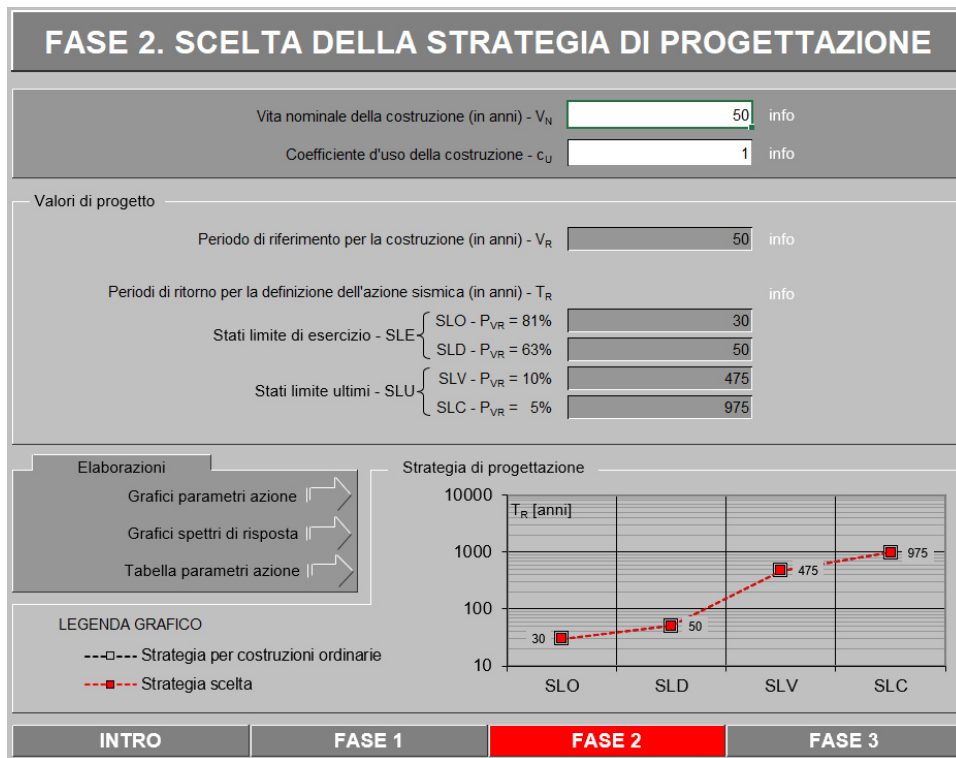
Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso: II con $C_U = 1,0$



quindi il periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

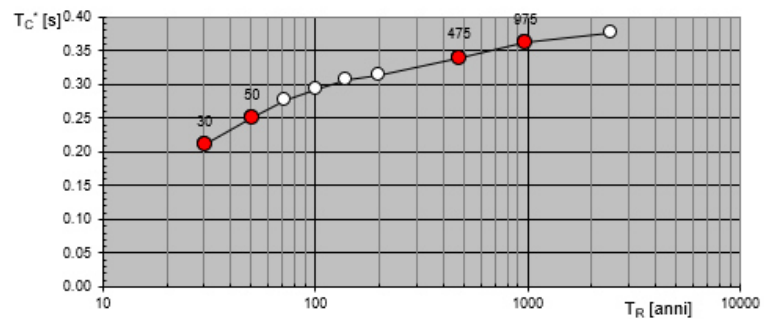
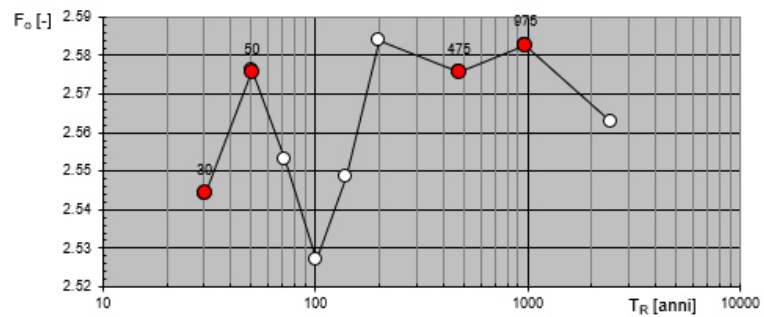
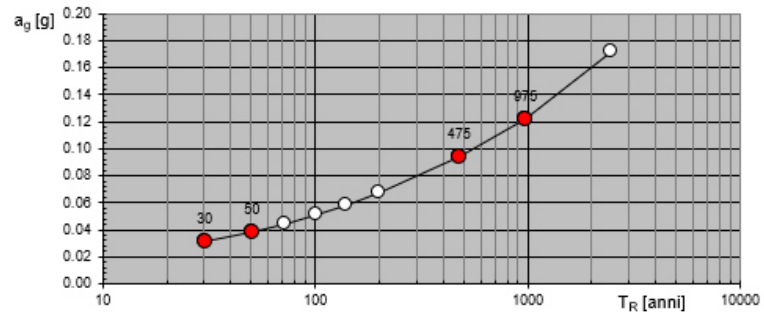


Nei grafici seguenti, relativamente a diversi periodi di ritorno T_R , vengono riportati i valori dei parametri sismici:

- Accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g) in funzione del tempo di ritorno (T_R)
- Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale (F_0)
- Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (T_C^*)



Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di rit



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.031	2.544	0.212
SLD	50	0.038	2.576	0.251
SLV	475	0.094	2.576	0.340
SLC	975	0.122	2.583	0.363



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

Il D.M. 17-01-2018 (Tab. 3.2.1) prevede, in mancanza di espresse indicazioni in merito, verifiche relative allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ($V_R = 100$ anni) pari a:

$$P_{VR} = 10\%.$$

Con riferimento ai valori testé riportati, risulta per lo stato limite ultimo SLV il seguente valore del periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 475 \text{ anni}.$$

L'interpolazione condotta per lo **stato limite ultimo SLV di salvaguardia della vita** secondo le modalità previste dal D.M. 17-01-2018, conduce ai seguenti risultati:

$$T_R = 475 \text{ anni} \quad a_g = 0,094 \text{ g} \quad F_O = 2,580 \quad T_{C^*} = 0,34 \text{ s}$$

Per quanto concerne la classificazione del terreno di fondazione, con riferimento alla Relazione geologico-geotecnica, si considera per il calcolo la categoria C.

Con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV** (periodo di ritorno $T_R = 475$ anni), nell'ipotesi di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), secondo le indicazioni fornite dal D.M. 17-01-2018 risultano i seguenti valori dei parametri:



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.094 g
F_0	2.576
T_C^*	0.340 s
S_S	1.500
C_C	1.499
S_T	1.000
q	0.800

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.250
T_B	0.170 s
T_C	0.510 s
T_D	1.976 s

ACCELERAZIONE MASSIMA al suolo: $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,15$ g.



4. MATERIALI ADOTTATI E RELATIVI PARAMETRI DI CALCOLO

4.1 MATERIALI PER CALCESTRUZZO ARMATO

4.1.1 Acciaio per c.a. B450C (controllato in stabilimento)

Caratteristiche meccaniche

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa} \quad (\text{soglia di snervamento})$$

$$f_{inom} = 540 \text{ MPa} \quad (\text{tensione di rottura nominale})$$

$$\text{Modulo elastico } E_s = 210000 \text{ MPa}$$

4.1.1.1 SLU (verifiche allo stato limite ultimo)

$$\text{Coeff. sicurezza materiali: } \gamma_{m,s} = 1.15$$

$$\text{Limite snervamento di progetto: } f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{m,s} = 391.3 \text{ MPa}$$

4.1.1.2 SLE (verifiche tensionali)

Tensione massima per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica:

$$\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

4.1.2 Calcestruzzo per spalle

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad (\text{Classe di resistenza C25/30})$$

$$c = 4 \text{ cm} \quad (\text{copriferro netto})$$

$$\text{Classe di esposizione:} \quad \text{XC3-XF2}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447 \text{ MPa} \quad (\text{Modulo elastico})$$



$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica caratteristica})$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3} = 1.79 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza caratteristica a trazione})$$

$$f_{ctm,f} = 3.07 \text{ MPa} \quad (\text{res. media a trazione per flessione})$$

4.1.2.1 SLU (verifiche allo stato limite ultimo)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica di calcolo})$$

($\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. Resistenze lunga durata, $\gamma_c = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = (0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3}) / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza traz. di progetto})$$

($\gamma_{m,c} = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

4.1.2.2 SLE (verifiche tensionali)

Tensione massima per condizioni aggressive:

$$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione caratteristica}) \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 11.21 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi permanente}) \quad [4.1.16]$$

4.1.3 Calcestruzzo getto integrativo soletta di impalcato

$$R_{ck} = 40 \text{ MPa} \quad (\text{Classe di resistenza C32/40})$$

$$c = 5 \text{ cm} \quad (\text{copriferro netto})$$

$$\text{Classe di esposizione:} \quad \text{XC4-XF4}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa} \quad (\text{Modulo elastico})$$

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica caratteristica})$$



$$f_{ctk} = 0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3} = 2.17 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza caratteristica a trazione})$$

$$f_{ctm,f} = 3.72 \text{ MPa} \quad (\text{res. media a trazione per flessione})$$

4.1.3.1 SLU (verifiche allo stato limite ultimo)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica di calcolo})$$

($\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. Resistenze lunga durata, $\gamma_c = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = (0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3}) / \gamma_c = 1.45 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza traz. di progetto})$$

($\gamma_{m,c} = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

4.1.3.2 SLE (verifiche tensionali)

Tensione massima per condizioni aggressive:

$$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione caratteristica}) \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi permanente}) \quad [4.1.16]$$

4.1.4 Calcestruzzo per pali di fondazione

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad (\text{Classe di resistenza C25/30})$$

$$c = 4 \text{ cm} \quad (\text{copriferro netto})$$

$$\text{Classe di esposizione:} \quad \text{XC2}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447 \text{ MPa} \quad (\text{Modulo elastico})$$

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica caratteristica})$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3} = 1.79 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza caratteristica a trazione})$$



$$f_{ctm,f} = 3.07 \text{ MPa} \quad (\text{res. media a trazione per flessione})$$

4.1.4.1 SLU (verifiche allo stato limite ultimo)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza cilindrica di calcolo})$$

($\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. Resistenze lunga durata, $\gamma_c = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = (0.7 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3}) / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza traz. di progetto})$$

($\gamma_{m,c} = 1.5$ coeff. sicurezza materiali)

4.1.4.2 SLE (verifiche tensionali)

Tensione massima in condizioni di esercizio:

$$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 11.21 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi permanente})$$

4.1.5 Verifiche a fessurazione per le opere in calcestruzzo armato

Le limitazioni delle fessurazioni che saranno adottate sono da assumersi come da tabella seguente:

4.1.2.4.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.4, il valore w_1 è definito al § 4.1.2.4.5.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

Per la definizione delle condizioni ambientali, di fondamentale importanza è la valutazione delle classi di esposizione secondo UNI 11104. Ogni parte strutturale verrà classificata all'interno dei vari gruppi:

Parte strutturale	Classe d'esposizione
Pali, diaframmi e strutture di fondazione profonde	XC2
Spalle	XC3 – XF2
Getto integrativo soletta di impalcato	XC4 – XF4

Si chiarisce, dunque, la classificazione in termini di aggressività dell'ambiente come la situazione peggiore tra quelle risultanti incasellando le varie classi prima ottenute nella tabella seguente:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

4.2 MATERIALI PER CARPENTERIA METALLICA

4.2.1 Profilati e piatti forgiati

Tipologia: Steel EN 10025-2 S355JR

Modulo elastico: $E_s = 210000$ MPa

Tensione allo snervamento $f_{yk} = 355$ MPa

Tensione a rottura $f_{tk} = 510$ MPa



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

4.2.2 Lamiera grecata

Tipologia: Acciaio S 280 GD

Modulo elastico: $E_s = 210000$ MPa

4.2.3 Bulloni per giunzioni a taglio

Bulloni ad alta resistenza

Classe: 10.9

Tensione allo snervamento: $f_{yb} = 649$ MPa

Tensione a rottura $f_{tb} = 800$ MPa

4.2.4 Coefficienti Parziali per le Resistenze

- resistenza delle sezioni trasversali per ogni classe: $\gamma_{M0} = 1.05$

- resistenza all'instabilità delle membrature: $\gamma_{M1} = 1.05$

- resistenza, resistenza dei bulloni, delle saldature a
parziale penetrazione ed a cordone d'angolo: $\gamma_{M2} = 1.05$



5. COMBINAZIONI DI CARICO

Per il dimensionamento delle opere si seguono le indicazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, ed in particolare per la definizione delle combinazioni di carico si fa riferimento al capitolo 5.1.3.12 “Ponti Stradali, combinazioni di carico”.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare, in genere, le combinazioni riportate in tabella 5.1.IV, in particolare quelle previste alla riga 3, valide per i ponti di terza categoria:

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

La tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell’analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli SLU.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

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

		Coefficiente	EQU ⁽³⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 ⁽³⁾	1,00 1,00 ⁽⁴⁾	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

I valori dei coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati in tab. 5.1.VI:

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

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

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



5.1 COMBINAZIONI AGLI SLU

Per gli Stati Limite Ultimi si adottano le combinazioni di carico fondamentali:

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots \quad (\text{combinazione SLU})$$

dove:

G_1 : Peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo).

G_2 : peso proprio di tutti gli elementi non strutturali.

Q_{ki} : rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2} , Q_{k3} , azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili Q_{kj} vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} , i cui valori sono forniti da tabella.

P : valore nominale della pretensione e precompressione.

γ_{G1} , γ_{G2} , γ_Q : coefficienti parziali per le azioni

γ_P : coefficiente parziale sulla precompressione.

5.2 STATO LIMITE ULTIMO IN CONDIZIONI SISMICHE

La combinazione sismica, impiegata per gli SLU in condizioni sismiche è:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad (\text{SLU sismica})$$

Il sovraccarico da traffico non viene computato in combinazione sismica in accordo con quanto previsto al punto 5.1.3.8 della normativa.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

E: azione sismica per lo stato limite e la classe di importanza in esame;

G₁: Peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo).

G₂: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali.

5.3 COMBINAZIONI AGLI SLE

Per gli Stati Limite di Esercizio si prendono in considerazione le combinazioni di carico frequente e quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots \quad (\text{comb. freq.})$$

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots \quad (\text{comb. q. p.})$$

dove:

G_k valore caratteristico delle azioni permanenti;

G₁: Peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo).

G₂: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali.

Q_{ik}: rappresentano le azioni variabili della combinazione.

P: valore nominale della pretensione e precompressione.

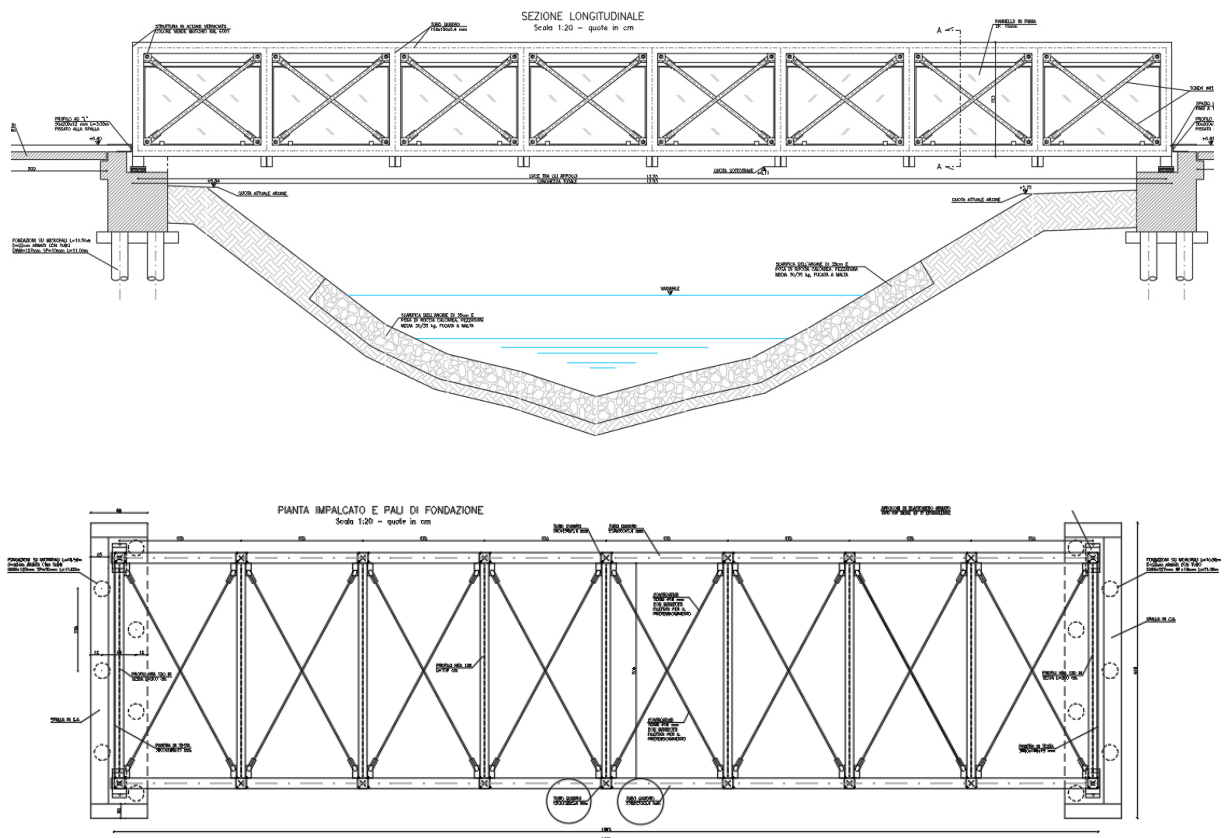


6. PASSERELLA SUL CANALE CALTRESSA

6.1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo si riferisce alle strutture delle passerelle ciclopedonali sul canale Caltressa, previste nell'ambito del progetto definitivo dell'opera.

La passerella ha una luce di circa m 14,0 in cui la struttura portante costituita da due travi principali di altezza cm 153 e costituite da montanti e traversi in tubi quadri 150x150x5.4 in acciaio verniciato di colore verde e da diagonali in tondi circolari di diametro mm 45.





*Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano*

*Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo*

6.2 SCHEMA DI CALCOLO DELL'IMPALCATO

6.2.1 Caratteristiche dell'impalcato strutturale

La struttura è costituita da un impalcato in acciaio dello spessore strutturale complessivo di cm 25.

6.2.2 Vincoli dell'impalcato

Le due travi principali in acciaio sono appoggiate su 4 apparecchi d'appoggio in elastomero armato tipo FIP serie EF o equivalenti.



6.3 ANALISI DEI CARICHI

6.3.1 Carichi permanenti

6.3.1.1 Peso proprio

Nel determinare il peso proprio della struttura, si utilizza un peso specifico dell'acciaio pari a $\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

6.3.2 Azioni variabili da traffico (§5.1.3.3 NTC)

6.3.2.1 Carico mobile folla.

Per i ponti di terza categoria (passerelle pedonali) il carico minimo previsto dalla normativa è quello associato allo schema 5 (folla compatta) applicato con la disposizione più gravosa per le singole verifiche della sezione considerata, secondo le disposizioni della normativa tecnica.



Schema di carico secondo D.M. 14-01-2018

6.3.3 Vento

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare



continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano calpestabile.

Ci si trova in Veneto (Zona 1) ad un'altitudine minore di 1000m e pertanto la velocità di riferimento è pari a

$$V_b = V_{b,0} = 25 \text{ m/s.}$$

Valutando il territorio circostante come in classe di rugosità C (in zona 1 a più di 10 km dal mare) si determina che la categoria di esposizione del sito è la II.

La formulazione per la determinazione della pressione del vento è la seguente

$$P = q_r C_e C_p C_d$$

In cui $q_r = 0.5 \rho V_r^2$

$$V_r = V_b \times C_r$$

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

$$C_r = 1$$

Si ottengono la pressione cinetica di riferimento, posto $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

$$q_r = 0.5 \times 1.25 \times (25)^2 = 391 \text{ N/m}^2$$

assumendo $z = 1.55 \text{ m} < Z_{\min} = 4 \text{ m}$

$$k^r = 0.19 \quad c^t = 1.00 \quad z^0 = 0.05$$

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

Si ha $C_e = 1.80$

si assume inoltre:

$$c_p = 1.2$$



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$c^d = 1.0$$

conseguentemente la pressione del vento da applicare sulla superficie su cui il vento impatta è:

$$P = q_b c_e c_p c_d = 391 \times 1.80 \times 1.2 \times 1.0 = 844 \text{ N/m}^2 = 0.844 \text{ kN/m}^2$$

Pertanto essa equivale ad un carico distribuito pari a $0.844 \times (3+0.26) = 2.75 \text{ kN/m}$.

6.3.4 Azione sismica

L'azione sismica non risulta dimensionante per le verifiche delle strutture principali d'impalcato. Lo è invece per il calcolo delle strutture di fondazione. Per la determinazione delle azioni sismiche si rimanda allo specifico foglio di calcolo.



6.4 LAMIERA GRECATA

6.4.1 Analisi dei carichi

Si utilizza una lamiera grecata A55 P600 s = 1 mm.

Carichi permanenti strutturali

p.p. Impalcato (lamiera+cappa 6 cm) 2.4 kN/m²

Carichi permanenti non strutturali

Pavimentazione in cemento 25.00 x 0.03 0.75 kN/m²

6.4.2 Scelta Tipologia di lamiera

Il carico complessivo utile (oltre i carichi permanenti strutturali) sulla lamiera grecata è pari a

q= 5.75 kN/m²

che, essendo l'interasse di calcolo per i traversi pari a 1.72 m, risulta compatibile con una lamiera tipo A55/P600 di spessore pari a 1,0 mm, in base a quanto dichiarato dal prefabbricatore. Si riporta a tal scopo, di seguito, stralcio della scheda tecnica.

TIPO A 55/P 600 - HI-BOND
HI-BOND TYPE A 55/P 600
Luce massima in metri per solai HI-BOND - Max spans in meters - Max entr'axes en metres -
Max spannweite in metern

H Soletta Slab Dalle Decke mm	Spessore Thickness Epaisseur Stärke mm	Sovraccarico utile uniformemente distribuito KN/m ² - Useful overload evenly distributed KN/m ² Surcharge utile uniformement repartie KN/m ² - Nutzlast gleichmassig verteilt KN/m ²													
		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
10	0,70	3,30	3,18	3,07	2,97	2,88	2,79	2,72	2,64	2,58	2,52	2,41	2,31	2,15	1,88
	0,80	3,55	3,42	3,29	3,18	3,08	2,99	2,91	2,83	2,76	2,69	2,56	2,44	2,26	1,88
	1,00	4,01	3,85	3,70	3,57	3,39	3,24	3,12	3,01	2,91	2,83	2,69	2,57	2,26	1,88
	1,20	4,41	4,23	3,94	3,71	3,53	3,37	3,24	3,13	3,03	2,95	2,80	2,68	2,26	1,88
11	0,70	3,20	3,10	3,01	2,93	2,85	2,78	2,72	2,65	2,60	2,54	2,44	2,36	2,21	2,08
	0,80	3,44	3,34	3,24	3,15	3,06	2,98	2,91	2,85	2,78	2,73	2,62	2,52	2,36	2,08
	1,00	3,89	3,76	3,64	3,54	3,44	3,35	3,27	3,19	3,12	3,05	2,93	2,80	2,50	2,08
	1,20	4,29	4,14	4,01	3,89	3,78	3,67	3,53	3,41	3,30	3,21	3,04	2,91	2,50	2,08
12	0,70	3,09	3,02	2,94	2,87	2,81	2,75	2,70	2,64	2,59	2,55	2,46	2,38	2,24	2,13
	0,80	3,33	3,25	3,17	3,09	3,02	2,96	2,89	2,84	2,78	2,73	2,64	2,55	2,40	2,27
	1,00	3,77	3,66	3,57	3,48	3,40	3,33	3,25	3,19	3,13	3,07	2,96	2,86	2,69	2,27
	1,20	4,15	4,04	3,93	3,83	3,74	3,65	3,57	3,50	3,43	3,36	3,24	3,13	2,72	2,27
13	0,70	2,99	2,93	2,87	2,81	2,76	2,71	2,66	2,62	2,58	2,53	2,46	2,39	2,27	2,16
	0,80	3,22	3,15	3,09	3,03	2,91	2,91	2,86	2,81	2,77	2,72	2,64	2,56	2,43	2,31
	1,00	3,65	3,56	3,49	3,41	3,35	3,28	3,22	3,16	3,11	3,06	2,96	2,88	2,72	2,43
	1,20	4,03	3,93	3,84	3,76	3,68	3,61	3,54	3,48	3,42	3,36	3,25	3,15	2,92	2,43



6.5 VERIFICA DELLE TRAVI TRASVERSALI

La lamiera grecata poggia su travi trasversali costituite HEA 120, con passo 172 cm, a loro volta collegati alle due travi principali.

6.5.1 Analisi dei carichi

Il collegamento saldato adottato permette di utilizzare uno schema di calcolo di trave doppiamente incastrata alle estremità, su cui gravano i seguenti carichi:

- Peso proprio HEA 120: 0.20 kN/m
- Peso proprio della lamiera e del getto integrativo:
 $2.4 \times 1.72 = 4.13$ kN/m
- Peso proprio della pavimentazione:
 $0.75 \times 1.72 = 1.29$ kN/m
- Carico accidentale (schema 5) 8.6 kN/m

La luce di calcolo è pari a 2,87 m.

6.5.2 Sollecitazioni e deformazioni di verifica

Si riporta di seguito la determinazione delle sollecitazioni di verifica e delle deformazioni massime per lo stato limite di esercizio.

A tal fine si procede a calcolare il carico applicato secondo la formulazione

$$1.35 \times (0.20 + 4.13 + 1.29) + 1.35 \times 8.60 = 19.20 \text{ kN/m}$$

Pertanto le sollecitazioni saranno le seguenti:

$$M_{\max} (q \cdot l^2 / 8) = 19.77 \text{ kNm}$$



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$\text{Taglio } (q \cdot l/2) = 27.55 \text{ kN}$$

$$F_{\max} (5 \cdot q \cdot l^4 / 384EJ) = 0.59 \text{ cm}$$

6.5.2.1 Verifiche di resistenza SLU

Dal paragrafo precedente si desume:

$$M_{E,d} = 19.77 \text{ kNm}$$

$$V_{E,d} = 27.55 \text{ kN}$$

6.5.2.1.1 Verifica a flessione

$$M_{R,d} = \frac{W \times f_{yk}}{1.05} = \frac{106000 \times 355}{1.05} = 35.84 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} = \frac{19.77}{35.84} = 0.55$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.5.2.1.2 Verifica a taglio

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{570 \times 355}{\sqrt{3} \times 1.05} = 111 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{E,d}}{V_{c,Rd}} = \frac{27.55}{111} = 0.25$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.5.2.1.3 Verifica a flessione e taglio

$$V_{E,d} \leq 0,5V_{c,Rd}$$



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$27.55 \leq 111/2 = 55.50$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.5.2.2 Verifiche di deformazione SLE

La freccia SLE risulta pari a 59 mm

Essendo $L/486 < L/400$ la verifica risulta soddisfatta.



6.6 VERIFICA DELLE TRAVATURE PORTANTI

L'interasse tra gli appoggi relativo alla passerella, che è quella dimensionante, è pari a 14.00 m.

6.6.1 Verifiche agli SLU

6.6.1.1 Verifiche di resistenza

Per le verifiche di resistenza si utilizza un modello monodimensionale rappresentante una singola travatura, su cui agiscono i carichi pertinenti:

- Peso proprio della trave, computato automaticamente dal software.
- Peso permanente strutturale della lamiera grecata e del getto integrativo, su un campo longitudinale pari ad 1.72 m ed un'influenza trasversale di 1.35 m:

$$F_{\text{conc},g1,\text{SLE}} = (2.4 \times 1.72 \times 1.35) = 5.57\text{kN}$$

$$F_{\text{conc},g1,\text{SLU}} = 1.35 \times 5.57 = 7.52\text{kN}$$

- Peso permanente strutturale dei traversi

$$F_{\text{conc},g2,\text{SLE}} = (0.199 \times 1.35) = 0.27\text{kN}$$

$$F_{\text{conc},g2,\text{SLU}} = 0.27 \times 1.35 = 0.36\text{kN}$$

- Peso permanente della lamiera forata

$$F_{\text{conc},g3,\text{SLE}} = (1.05 \times 1.55 \times 0.03) \times 3.9 = 0.19\text{ kN}$$

$$F_{\text{conc},g3,\text{SLU}} = 0.19 \times 1.35 = 0.26\text{ kN}$$

- Peso permanente della pavimentazione

$$F_{\text{conc},g4,\text{SLE}} = 0.03 \times 1.72 \times 1.35 \times 25 = 1.74\text{ KN}$$



$$F_{\text{conc, g4, SLU}} = 1.74 \times 1.35 = 2.35$$

Totale peso permanente:

$$F_{\text{conc, g, SLE}} = 5.57 + 0.27 + 0.19 + 1.74 = 7.77$$

$$F_{\text{conc, g, SLU}} = 7.52 + 0.36 + 0.26 + 2.35 = 10.49$$

- Carico accidentale (schema 5):

$$F_{\text{conc, g, SLE}} = 5.00 \times 1.72 \times 1.35 = 11.61 \text{ kN}$$

$$F_{\text{conc, g, SLU}} = 1.35 \times 11.61 = 15.67 \text{ kN}$$

Pertanto i carichi concentrati totali ai nodi sono pari a:

$$F_{\text{conc, g, SLE}} = 7.77 + 11.61 = 19.38$$

$$F_{\text{conc, g, SLU}} = 10.49 + 15.67 = 26.16$$

Ai nodi di estremità andranno applicati i valori sopraindicati dimezzati.

La verifica viene effettuata considerando nel calcolo il solo contributo delle aste diagonali soggette a trazione, nel caso più sfavorevole di insorgenza del fenomeno di instabilità dell'equilibrio sui diagonali compressi.

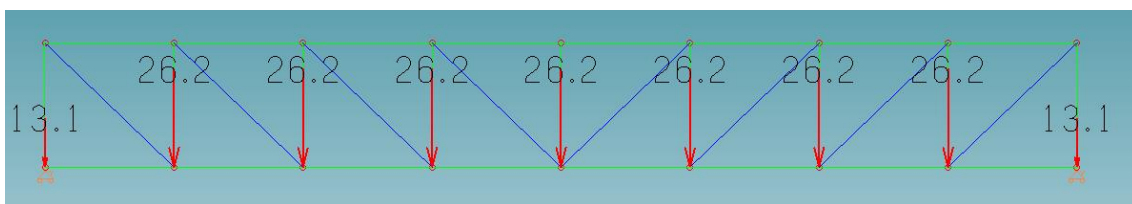


Figura 3 - Modello FEM della travatura principale.

Si riporta di seguito l'andamento dello sforzo normale nella combinazione allo Stato Limite Ultimo.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

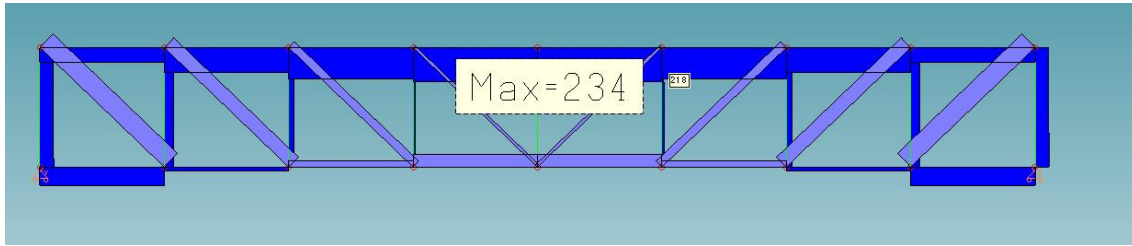


Figura 4 – Sforzo normale sulle aste, combinazione SLU.

Le sollecitazioni taglianti e flettenti hanno valori minimi, ed interessano solamente i montanti ed i traversi, modellati con elementi beam, mentre i diagonali sono soggetti a solo sforzo normale essendo elementi truss liberi di ruotare ai nodi.

6.6.1.1.1 Dettagli delle verifiche con il post-processor

Lavoro: Solo tiranti_1 Intestazione lavoro: Stati limite
Elemento: TRAVE Metodo di verifica: Descrizione: travi
Gruppo: 1
Tabella: Tabella travi
Tipo acciaio: S 355 Beta piano 'yx': 1.000 Beta piano 'zx': 1.000

ASTA NUM. 1 NI 2 NF 4 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-95.590	-4.039	0.000	0.000	0.000	3.374	33.0	24.9	3.1	0.0	57.8	1	
1	55	-95.430	-4.039	0.000	0.000	0.000	1.153	32.9	8.5	3.1	0.0	41.4	1	
1	110	-95.270	-4.039	0.000	0.000	0.000	-1.068	32.9	7.9	3.1	0.0	40.7	1	
1	165	-95.110	-4.039	0.000	0.000	0.000	-3.289	32.8	24.2	3.1	0.0	57.0	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	
1	-95.590	0.000	1.350	28	28	28	1.04	1.00	44.4	

ASTA NUM. 2 NI 2 NF 3 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.
qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-127.200	3.865	0.000	0.000	0.000	-3.374	43.9	24.9	3.0	0.0	68.7	1	
1	57	-127.200	3.698	0.000	0.000	0.000	-1.202	43.9	8.9	2.9	0.0	52.7	1	
1	115	-127.200	3.532	0.000	0.000	0.000	0.874	43.9	6.4	2.7	0.0	50.3	1	
1	172	-127.200	3.365	0.000	0.000	0.000	2.854	43.9	21.0	2.6	0.0	64.9	1	



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	

1 -127.200 0.000 1.350 30 30 30 1.05 1.00 56.2
ASTA NUM. 3 NI 1 NF 4 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						

1 0 -99.170 -3.273 0.000 0.000 0.000 2.781 34.2 20.5 2.5 0.0 54.7 1
 1 57 -99.170 -3.440 0.000 0.000 0.000 0.853 34.2 6.3 2.7 0.0 40.5 1
 1 115 -99.170 -3.606 0.000 0.000 0.000 -1.170 34.2 8.6 2.8 0.0 42.8 1
 1 172 -99.170 -3.773 0.000 0.000 0.000 -3.289 34.2 24.2 2.9 0.0 58.4 1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	

1 -99.170 0.000 1.316 30 30 30 1.05 1.00 45.8
ASTA NUM. 4 NI 3 NF 1 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						

1 0 -65.810 -4.920 0.000 0.000 0.000 4.108 22.7 30.3 3.8 0.0 53.0 1
 1 55 -65.650 -4.920 0.000 0.000 0.000 1.402 22.6 10.3 3.8 0.0 33.0 1
 1 110 -65.490 -4.920 0.000 0.000 0.000 -1.304 22.6 9.6 3.8 0.0 32.2 1
 1 165 -65.330 -4.920 0.000 0.000 0.000 -4.010 22.5 29.6 3.8 0.0 52.1 1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	

1 -65.810 0.000 1.643 28 28 28 1.04 1.00 35.8
ASTA NUM. 5 NI 3 NF 6 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						

1 0 -27.150 2.259 0.000 0.000 0.000 -1.254 9.4 9.2 1.8 0.0 18.6 1
 1 57 -27.150 2.092 0.000 0.000 0.000 -0.004 9.4 0.0 1.6 0.0 9.8 2
 1 115 -27.150 1.926 0.000 0.000 0.000 1.150 9.4 8.5 1.5 0.0 17.8 1
 1 172 -27.150 1.759 0.000 0.000 0.000 2.208 9.4 16.3 1.4 0.0 25.6 1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
--------	----	--------	--------	-----------	-------	-------	-------	--------	----	------



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

	-- kN	----- kN*m								-- N/mm ²
1	-27.150	0.000	0.883	30	30	30	1.05	1.00	16.4	
ASTA NUM. 6	NI 6	NF 8	Lungh.	172.3 cm	SEZ. 1	Rc	B= 0.150	H= 0.150	s= 0.005	t= 0.005 m
categoria: p.p. y qy tot. qy medio: 0.22 0.22 kN/m										

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	45.180	1.666	0.000	0.000	0.000	-0.526	15.6	3.9	1.3	0.0	19.5	1	
1	57	45.180	1.499	0.000	0.000	0.000	0.383	15.6	2.8	1.2	0.0	18.4	1	
1	115	45.180	1.332	0.000	0.000	0.000	1.196	15.6	8.8	1.0	0.0	24.4	1	
1	172	45.180	1.165	0.000	0.000	0.000	1.913	15.6	14.1	0.9	0.0	29.7	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mm ²					
1	45.180	0.000	0.937	30	30	30	1.00	1.00	22.5	
ASTA NUM. 7	NI 8	NF 10	Lungh.	172.3 cm	SEZ. 1	Rc	B= 0.150	H= 0.150	s= 0.005	t= 0.005 m
categoria: p.p. y qy tot. qy medio: 0.22 0.22 kN/m										

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	88.040	0.663	0.000	0.000	0.000	0.355	30.4	2.6	0.5	0.0	33.0	1	
1	57	88.040	0.496	0.000	0.000	0.000	0.688	30.4	5.1	0.4	0.0	35.4	1	
1	115	88.040	0.330	0.000	0.000	0.000	0.925	30.4	6.8	0.3	0.0	37.2	1	
1	172	88.040	0.163	0.000	0.000	0.000	1.067	30.4	7.9	0.1	0.0	38.2	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mm ²					
1	88.040	0.000	0.782	30	30	30	1.00	1.00	36.1	
ASTA NUM. 8	NI 16	NF 18	Lungh.	172.3 cm	SEZ. 1	Rc	B= 0.150	H= 0.150	s= 0.005	t= 0.005 m
categoria: p.p. y qy tot. qy medio: 0.22 0.22 kN/m										

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	45.040	-1.049	0.000	0.000	0.000	1.761	15.5	13.0	0.8	0.0	28.5	1	
1	57	45.040	-1.216	0.000	0.000	0.000	1.111	15.5	8.2	0.9	0.0	23.7	1	
1	115	45.040	-1.382	0.000	0.000	0.000	0.364	15.5	2.7	1.1	0.0	18.2	1	
1	172	45.040	-1.549	0.000	0.000	0.000	-0.478	15.5	3.5	1.2	0.0	19.1	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

	kN	kN*m		N/mmq					
1	45.040	0.000	0.866	30	30	30	1.00	1.00	21.9

ASTA NUM. 9 NI 18 NF 20 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-27.180	-1.772	0.000	0.000	0.000	2.225	9.4	16.4	1.4	0.0	25.8	1	
1	57	-27.180	-1.939	0.000	0.000	0.000	1.159	9.4	8.5	1.5	0.0	17.9	1	
1	115	-27.180	-2.105	0.000	0.000	0.000	-0.002	9.4	0.0	1.6	0.0	9.8	2	
1	172	-27.180	-2.272	0.000	0.000	0.000	-1.259	9.4	9.3	1.8	0.0	18.7	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	
1	-27.180	0.000	0.890	30	30	30	1.05	1.00	16.4	

ASTA NUM. 10 NI 20 NF 22 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-127.200	-3.362	0.000	0.000	0.000	2.851	43.9	21.0	2.6	0.0	64.9	1	
1	57	-127.200	-3.529	0.000	0.000	0.000	0.872	43.9	6.4	2.7	0.0	50.3	1	
1	115	-127.200	-3.695	0.000	0.000	0.000	-1.203	43.9	8.9	2.9	0.0	52.7	1	
1	172	-127.200	-3.862	0.000	0.000	0.000	-3.373	43.9	24.9	3.0	0.0	68.7	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	
1	-127.200	0.000	1.349	30	30	30	1.05	1.00	56.2	

ASTA NUM. 11 NI 5 NF 1 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-173.200	-1.726	0.000	0.000	0.000	2.177	59.7	16.0	1.3	0.0	75.8	1	
1	57	-173.200	-1.893	0.000	0.000	0.000	1.138	59.7	8.4	1.5	0.0	68.1	1	
1	115	-173.200	-2.059	0.000	0.000	0.000	0.003	59.7	0.0	1.6	0.0	59.8	2	
1	172	-173.200	-2.226	0.000	0.000	0.000	-1.228	59.7	9.1	1.7	0.0	68.8	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

1	-173.200	0.000	0.871	30	30	30	1.05	1.00	69.3
---	----------	-------	-------	----	----	----	------	------	------

ASTA NUM. 12 NI 7 NF 5 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m
 categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-217.400	-1.083	0.000	0.000	0.000	1.832	75.0	13.5	0.8	0.0	88.5	1	
1	57	-217.400	-1.250	0.000	0.000	0.000	1.162	75.0	8.6	1.0	0.0	83.5	1	
1	115	-217.400	-1.416	0.000	0.000	0.000	0.396	75.0	2.9	1.1	0.0	77.9	1	
1	172	-217.400	-1.583	0.000	0.000	0.000	-0.466	75.0	3.4	1.2	0.0	78.4	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	
1	-217.400	0.000	0.913	30	30	30	1.05	1.00	85.7	

ASTA NUM. 13 NI 9 NF 7 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m
 categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-233.000	-0.151	0.000	0.000	0.000	1.036	80.3	7.6	0.1	0.0	88.0	1	
1	57	-233.000	-0.318	0.000	0.000	0.000	0.901	80.3	6.6	0.2	0.0	87.0	1	
1	115	-233.000	-0.484	0.000	0.000	0.000	0.671	80.3	4.9	0.4	0.0	85.3	1	
1	172	-233.000	-0.651	0.000	0.000	0.000	0.345	80.3	2.5	0.5	0.0	82.9	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	
1	-233.000	0.000	0.760	30	30	30	1.05	1.00	90.2	

ASTA NUM. 14 NI 17 NF 15 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m
 categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-217.500	1.474	0.000	0.000	0.000	-0.421	75.0	3.1	1.1	0.0	78.1	1	
1	57	-217.500	1.307	0.000	0.000	0.000	0.378	75.0	2.8	1.0	0.0	77.8	1	
1	115	-217.500	1.141	0.000	0.000	0.000	1.081	75.0	8.0	0.9	0.0	83.0	1	
1	172	-217.500	0.974	0.000	0.000	0.000	1.689	75.0	12.5	0.8	0.0	87.5	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m							N/mmq	



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

1 -217.500 0.000 0.845 30 30 30 1.05 1.00 85.2
ASTA NUM. 15 NI 19 NF 17 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.
qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-173.100	2.238	0.000	0.000	0.000	-1.233	59.7	9.1	1.7	0.0	68.8	1	
1	57	-173.100	2.071	0.000	0.000	0.000	0.004	59.7	0.0	1.6	0.0	59.8	2	
1	115	-173.100	1.905	0.000	0.000	0.000	1.145	59.7	8.4	1.5	0.0	68.1	1	
1	172	-173.100	1.738	0.000	0.000	0.000	2.191	59.7	16.2	1.3	0.0	75.8	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mmq					
1	-173.100	0.000	0.876	30	30	30	1.05	1.00	69.3	

ASTA NUM. 16 NI 21 NF 19 Lungh. 172.3 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

categoria: p.p. y qy tot.
qy medio: 0.22 0.22 kN/m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-99.130	3.771	0.000	0.000	0.000	-3.288	34.2	24.2	2.9	0.0	58.4	1	
1	57	-99.130	3.604	0.000	0.000	0.000	-1.170	34.2	8.6	2.8	0.0	42.8	1	
1	115	-99.130	3.437	0.000	0.000	0.000	0.852	34.2	6.3	2.7	0.0	40.5	1	
1	172	-99.130	3.270	0.000	0.000	0.000	2.778	34.2	20.5	2.5	0.0	54.7	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mmq					
1	-99.130	0.000	1.315	30	30	30	1.05	1.00	45.7	

ASTA NUM. 17 NI 6 NF 5 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mmq						
1	0	-39.840	-3.258	0.000	0.000	0.000	2.734	13.7	20.2	2.5	0.0	33.9	1	
1	55	-39.680	-3.258	0.000	0.000	0.000	0.942	13.7	6.9	2.5	0.0	20.6	1	
1	110	-39.520	-3.258	0.000	0.000	0.000	-0.850	13.6	6.3	2.5	0.0	19.9	1	
1	165	-39.360	-3.258	0.000	0.000	0.000	-2.642	13.6	19.5	2.5	0.0	33.0	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mmq					
1	-39.840	0.000	1.094	28	28	28	1.04	1.00	22.4	

ASTA NUM. 18 NI 8 NF 7 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	-13.380	-1.845	0.000	0.000	0.000	1.557	4.6	11.5	1.4	0.0	16.1	1	
1	55	-13.220	-1.845	0.000	0.000	0.000	0.542	4.6	4.0	1.4	0.0	8.6	1	
1	110	-13.060	-1.845	0.000	0.000	0.000	-0.472	4.5	3.5	1.4	0.0	8.0	1	
1	165	-12.900	-1.845	0.000	0.000	0.000	-1.487	4.4	11.0	1.4	0.0	15.4	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mm ²					
1	-13.380	0.000	0.623	28	28	28	1.04	1.00	9.4	

ASTA NUM. 19 NI 10 NF 9 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	-0.437	-1.214	0.000	0.000	0.000	1.015	0.2	7.5	0.9	0.0	7.6	1	
1	55	-0.277	-1.214	0.000	0.000	0.000	0.347	0.1	2.6	0.9	0.0	2.7	5	
1	110	-0.118	-1.214	0.000	0.000	0.000	-0.320	0.0	2.4	0.9	0.0	2.5	5	
1	165	0.042	-1.214	0.000	0.000	0.000	-0.988	0.0	7.3	0.9	0.0	7.3	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mm ²					
1	-0.437	0.000	0.406	28	28	28	1.04	1.00	3.1	

ASTA NUM. 20 NI 16 NF 15 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	-13.880	2.160	0.000	0.000	0.000	-1.819	4.8	13.4	1.7	0.0	18.2	1	
1	55	-13.720	2.160	0.000	0.000	0.000	-0.631	4.7	4.7	1.7	0.0	9.4	1	
1	110	-13.560	2.160	0.000	0.000	0.000	0.557	4.7	4.1	1.7	0.0	8.8	1	
1	165	-13.400	2.160	0.000	0.000	0.000	1.745	4.6	12.9	1.7	0.0	17.5	1	

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n.comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn.yx	Sn.zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
	kN	kN*m			N/mm ²					
1	-13.880	0.000	0.728	28	28	28	1.04	1.00	10.4	

ASTA NUM. 21 NI 18 NF 17 Lungh. 165.0 cm SEZ. 1 Rc B= 0.150 H= 0.150 s= 0.005 t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm	kN			kN*m			N/mm ²						
1	0	-39.910	3.221	0.000	0.000	0.000	-2.702	13.8	19.9	2.5	0.0	33.7	1	
1	55	-39.750	3.221	0.000	0.000	0.000	-0.931	13.7	6.9	2.5	0.0	20.6	1	



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

1	110	-39.590	3.221	0.000	0.000	0.000	0.841	13.7	6.2	2.5	0.0	19.8	1
1	165	-39.430	3.221	0.000	0.000	0.000	2.612	13.6	19.3	2.5	0.0	32.9	1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n. comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn. yx	Sn. zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	kN		kN*m						N/mm ²	

1	-39.910	0.000	1.081	28	28	28	1.04	1.00	22.3		
ASTA NUM. 22	NI 20	NF 19	Lungh.	165.0 cm	SEZ.	1	Rc	B= 0.150	H= 0.150	s= 0.005	t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf. id.	Loc.	Nota
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	cm		kN			kN*m				N/mm ²				

1	0	-65.760	4.922	0.000	0.000	0.000	-4.110	22.7	30.3	3.8	0.0	53.0	1
1	55	-65.600	4.922	0.000	0.000	0.000	-1.403	22.6	10.3	3.8	0.0	33.0	1
1	110	-65.440	4.922	0.000	0.000	0.000	1.305	22.6	9.6	3.8	0.0	32.2	1
1	165	-65.280	4.922	0.000	0.000	0.000	4.012	22.5	29.6	3.8	0.0	52.1	1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n. comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn. yx	Sn. zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	kN		kN*m						N/mm ²	

1	-65.760	0.000	1.644	28	28	28	1.04	1.00	35.8		
ASTA NUM. 23	NI 22	NF 21	Lungh.	165.0 cm	SEZ.	1	Rc	B= 0.150	H= 0.150	s= 0.005	t= 0.005 m

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf. id.	Loc.	Nota
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	cm		kN			kN*m				N/mm ²				

1	0	-95.550	4.037	0.000	0.000	0.000	-3.373	32.9	24.9	3.1	0.0	57.8	1
1	55	-95.390	4.037	0.000	0.000	0.000	-1.153	32.9	8.5	3.1	0.0	41.4	1
1	110	-95.230	4.037	0.000	0.000	0.000	1.068	32.8	7.9	3.1	0.0	40.7	1
1	165	-95.070	4.037	0.000	0.000	0.000	3.288	32.8	24.2	3.1	0.0	57.0	1

Verifica di STABILITA' e/o SVERGOLAMENTO

n. comb	Fx	My eq.	Mz eq.	Sn. omega	Sn. yx	Sn. zx	OMEGA	OMEGA1	Sf	Nota
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	kN		kN*m						N/mm ²	

1	-95.550	0.000	1.349	28	28	28	1.04	1.00	44.3	
---	---------	-------	-------	----	----	----	------	------	------	--

6.6.1.2 Verifica di stabilità globale

Si verifica di seguito la stabilità globale del corrente superiore compreso della travatura principale, considerando i vincoli allo sbandamento laterale dati dalla rigidità dei montanti verticali secondo quanto riportato al § 9.5.3 del testo “*Strutture in Acciaio*” (G. Ballio, F. Mazzolani).

I parametri utilizzati vengono riportati di seguito:



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$E = 210000\text{Mpa}$$

Per profilati 150x150x5.4:

$$A = 3120\text{mm}^2$$

$$J_x = J_y = 10900000\text{mm}^4$$

$$W_x = 145000\text{mm}^3$$

$$i_x = i_y = 59.1\text{mm}$$

Operando con il metodo degli stati limite, lo sforzo massimo vale:

$$N_{\max} = 234 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{234000}{3120} = 75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{355}{1.05} = 338\text{Mpa}$$

$$\omega_{\max} = \frac{f_{yd}}{\sigma_{\max}} = \frac{338}{75} = 4.50$$

Dalla tabella 7-IVa della CNR 10011 si ricava:

$$\lambda_{\max} = 154$$

$$L_{c,i} = 154 \times 59.1 \approx 9101\text{mm} = 9.1\text{m}$$

$$\beta_i = \beta_m = \frac{9.1}{1.72} = 5.29 > 1.2$$

Pertanto relativamente ai montanti è necessario verificare solamente che la rigidezza sia superiore al valore:



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$k_{\min} = \frac{\pi^2}{4 \times \beta_m^2} \times \frac{v \times N_{\max}}{L_{\min}} = \frac{3.14^2}{4 \times 5.29^2} \times \frac{1 \times 234}{1.72} = 11.98 \frac{N}{\text{mm}}$$

La rigidezza dei montanti è pari a:

$$k = \frac{E}{\frac{h^3}{3I_t} + \frac{h^2b}{2I_b}} = \frac{210000}{\frac{1530^3}{3 \times 10900000} + \frac{1530^2 \times 2850}{2 \times 6060000}} = 318 \frac{N}{\text{mm}} > k_{\min}$$

Non essendo fissi gli estremi dell'asta, ma sorretti a loro volta da montanti di rigidezza k sopra calcolata, è necessario verificare che:

$$k_i \geq n k_{\min} \quad e \quad k_e \geq \frac{n}{\zeta} k_{\min}$$

$$\zeta = \frac{\min(k_i)}{k_e} = 1$$

Dove: (Poiché si è considerata l'asta maggiormente sollecitata per il calcolo della snellezza, in favore di sicurezza.)

$$n = \frac{1 + 0.60 \times \zeta \beta_m}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{1.44 \times \zeta \beta_m}{(1 + 0.6 \times \zeta \beta_m)^2}} \right\}$$
$$= \frac{1 + 0.60 \times 5.29}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{1.44 \times 5.29}{(1 + 0.6 \times 5.29)^2}} \right\} = 3.65$$

$$k_i = k_e = k = 318 \frac{N}{\text{mm}} > n k_{\min} = 3.65 \times 11.98 = 43.72 \frac{N}{\text{mm}}$$

Pertanto anche questa verifica risulta soddisfatta e si può considerare soddisfatta la stabilità globale del corrente superiore compresso della travatura principale.



6.6.2 Verifiche agli SLE

6.6.2.1 Verifiche di deformazione

Si riporta di seguito l'andamento della deformata ricavato dal modello di calcolo.

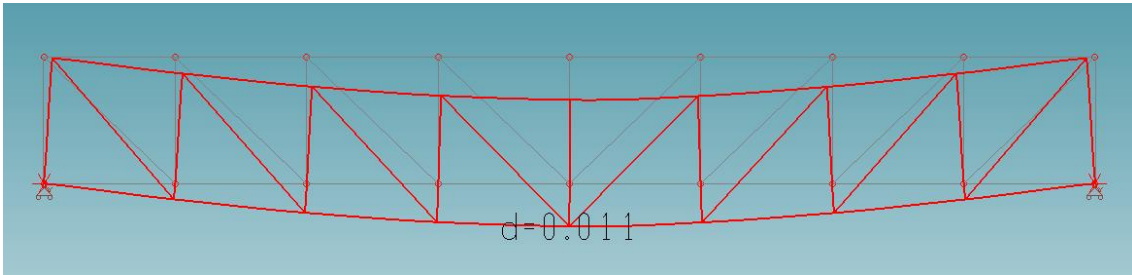


Figura 5 - Deformata massima, SLU.

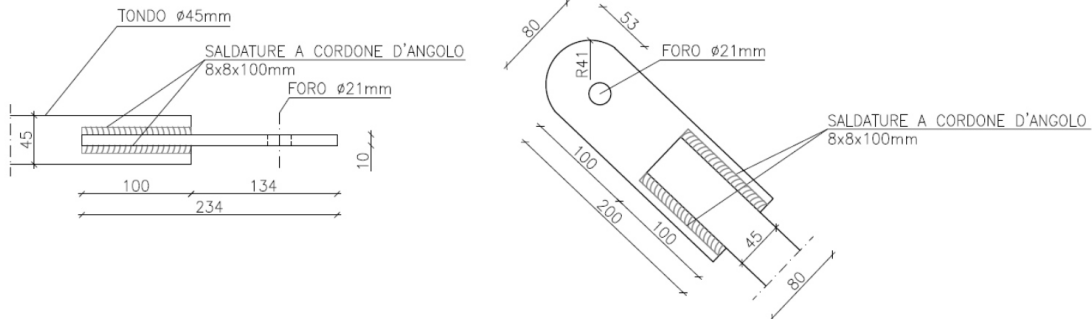
La deformazione massima di 0,011 m riportata in figura corrisponde alla combinazione fondamentale agli SLU. Sulla luce di calcolo di 14,00 m, essa corrisponde ad $L/1266 < L/400$. La verifica risulta quindi implicitamente verificata anche con i carichi in combinazione SLE.

Pertanto la verifica a deformazione risulta soddisfatta.

6.6.3 Verifica dei collegamenti dei puntoni-tiranti diagonali

La massima azione di design (SLU) su tali elementi è pari a:

$$N_{\max} 132 \text{ kN}$$



6.6.3.1 Verifica del collegamento saldato

Cordoni di saldatura

Il profilo tubolare viene collegato mediante 4 cordoni di saldatura lunghi $L=100\text{mm}$ con altezza di gola $a=5\text{mm}$ alla piastra forata:

pertanto sulle saldature si ha:

$$\tau_l = \frac{N_{Ed}}{4L_a} = \frac{132000}{4 \times 100 \times 5} = 66 < \beta_1 f_{yk} = 357 \text{ MPa}$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.6.3.2 Verifica del collegamento bullonato

Resistenza del bullone

Ipotizzando bulloni di classe 10.9 - M20, e considerando il collegamento interessante 2 superfici di taglio:

$$F_{v,Rd} = 0.5 \times f_{tb} \times \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}} \times 0.5 \times 1000 \times \frac{245}{1.25} = 98 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{sd}}{2 \times 1} = 66 \text{ kN}$$



$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.67 < 1$$

pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Rifollamento del piatto

$$\alpha = \frac{e_1}{3d_0} = 0.84$$

$$F_{b,Rd} = k \times \alpha \times f_{tk} \times d \times \frac{t}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.84 \times 510 \times 20 \times \frac{10}{1.25} = 171 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{Sd} = 132 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.77 < 1 \text{ pertanto la verifica risulta soddisfatta.}$$

Trazione del piatto

$$F_{R,d} = \frac{A_{netta} \times f_{yk}}{1.05} = \frac{(80 - 21) \times 10 \times 355}{1.05} = 199 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{Sd} = 132 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.66 < 1 \text{ pertanto la verifica risulta soddisfatta.}$$



6.7 VERIFICA DEI CONTROVENTI

Sui tiranti di controvento agisce un carico distribuito pari a 2.75 kN/m

Esso equivale, nella combinazione SLU, ad un carico nodale (sul campo 1.72 m) pari ad:

$$F = 2.75 \times 1.72 \times 1.5 = 7.10 \text{ kN}$$

Sui nodi di estremità la forza ha un intervallo di pertinenza dimezzato e si divide ulteriormente sui due appoggi. Si è considerato, in favore di sicurezza, nullo il contributo flessionale delle aste tubolari, così come quello dei traversi intermedi tra le due sezioni di attacco dei controventi. Vengono riportanti nel modello i soli tiranti tesi, mentre il contributo dei tiranti compressi viene trascurato.

Pertanto lo schema di calcolo è il seguente:

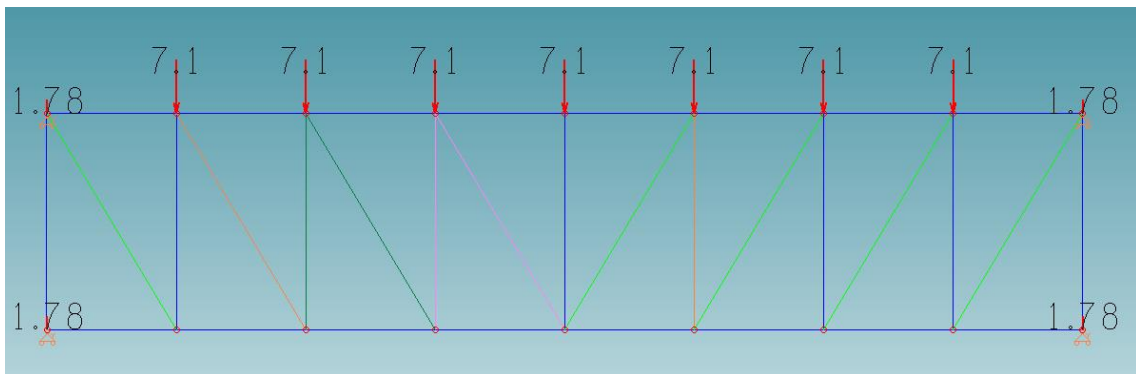


Figura 6 - Controventi e carichi

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo in combinazione SLU

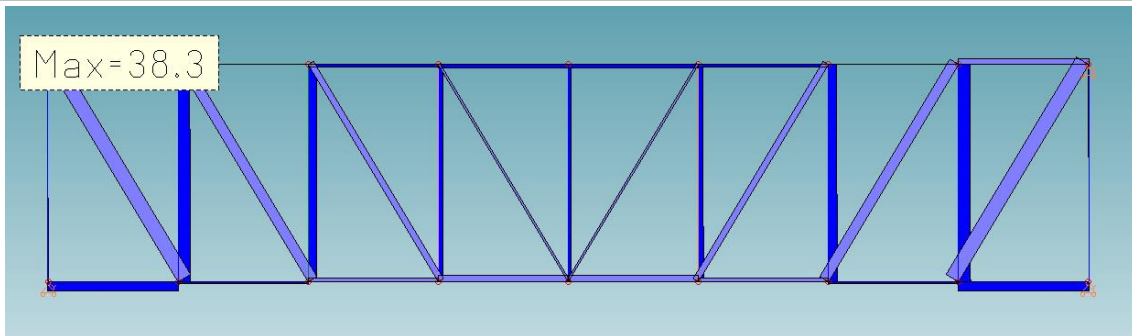


Figura 7 - Sollecitazioni SLU

6.7.1 Verifiche agli SLU

6.7.1.1 Verifica a trazione dei controventi

$$N_{E,d} = 38.30 \text{ kN}$$

Si considerano dei tondi $\Phi 18$.

$$N_{R,d} = \frac{A_s \times f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{254 \times 355}{1.05} = 86 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} / N_{R,d} = 38.30 / 86 = 0.45 \text{ la verifica risulta soddisfatta}$$

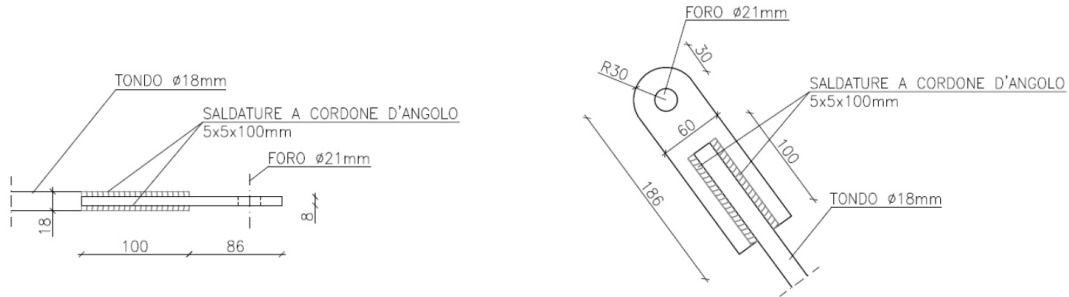
6.7.1.2 Verifica del collegamento

I tondi $\Phi 18$ vengono collegati mediante saldatura ad una opportuna piastra forgiata di spessore 5mm, mediante 4 cordoni d'angolo. La piastra è forata e permette di realizzare un'unione bullonata con le travi principali alle quali viene fissato un opportuno piatto forato.

6.7.1.2.1 Verifica della saldatura

Lo sforzo massimo sul controvento più sollecitato è pari a:

$$N_{E,d} = 38.30 \text{ kN}$$



$$\tau_{//} =$$

$$\frac{N_{Ed}}{4L_a} = \frac{38300}{4 \times 100 \times 5} = 19.15 < \beta_1 f_{yk} = 357 \text{ MPa}$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.7.1.2.2 Verifica della bullonatura

Resistenza del bullone a taglio

Ipotizzando bulloni di classe 10.9 - M20, e considerando il collegamento interessante 1 superficie di taglio:

$$F_{v,Rd} = 0.5 \times f_{tb} \times \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}} = 0.5 \times 1000 \times \frac{245}{1.25} = 98 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{Sd} / 1 \times 1 = 38.30 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.39 < 1 \text{ pertanto la verifica risulta soddisfatta.}$$

Rifollamento del piatto

$$\alpha = \frac{e_1}{3d_0} = 0.48$$

$$F_{b,Rd} = k \times \alpha \times f_{tk} \times d \times \frac{t}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.48 \times 510 \times 20 \times \frac{8}{1.25} = 97 \text{ kN}$$



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$F_{v,Ed} = V_{Sd} = 38.30 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.39 < 1 \text{ pertanto la verifica risulta soddisfatta}$$

Trazione del piatto

$$F_{R,d} = \frac{A_{netta} \times f_{yk}}{1.05} = \frac{(60 - 21) \times 8 \times 355}{1.05} = 110 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{Sd} = 38.30 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.34 < 1 \text{ pertanto la verifica risulta soddisfatta}$$



6.8 VERIFICA DEI MONTANTI

Come previsto dal D.M. 17/01/2018 si verifica la struttura per un'azione orizzontale pari a 1,5 kN/m applicata al corrimano.

6.8.1 Verifica allo SLU

Considerato l'interasse dei traversi pari ad 1.72 m, si ha:

$$M_{S,d} = 1.35 \times 1.5 \times 1.72 \times 1.20 = 4.18 \text{ kNm}$$

In favore di sicurezza si verifica la sezione del tubo quadro 150x150x5 considerando W_{el} in luogo di W_{pl} .

$$M_{R,d} = \frac{W_{el} \times f_{yk}}{1.05} = \frac{145000 \times 355}{1.05} = 49 \text{ kNm}$$

Poiché $M_{R,d} > M_{S,d}$ la verifica risulta soddisfatta.

6.9 VERIFICA DELLE SPALLE

Nel presente capitolo si riporta la verifica della spalla del ponte e la determinazione dei carichi agenti alla quota del piano di fondazione.

Sulla spalla si considerano agenti i carichi trasmessi dall'impalcato ai quali si aggiungono i carichi statici e dinamici conseguenti alla presenza della spalla e del terrapieno.

Peso proprio delle strutture portanti di carpenteria metallica:

$$G_1 = 2.50 \text{ kN/m}$$

Peso della lamiera forata in acciaio

$$G_2 = 2 \times (1.05 \times 1.55 \times 0.03) \times 3.90/1.72 = 0.22 \text{ kN/m}$$

Peso della soletta di calcestruzzo e della lamiera grecata:



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$G_3 = 2.40 \times 2.70 = 6.50 \text{ kN/m}$$

$$G_1 + G_2 + G_3 = 2.50 + 0.22 + 6.50 = 9.22 \text{ kN/m}$$

Lo scarico per ciascun appoggio vale:

$$P = (1.3 \times 9.22 + 1.5 \times 5 \times 2.7) \times 14.00 / 4 = 112.84 \text{ kN}$$

$$P = 112.27 \text{ kN}$$

Essendo pari a circa 15° l'angolo tra il puntone di calcestruzzo compresso e la verticale, si riportano di seguito le verifiche dell'armatura tesa.

La forza di trazione sulle armature è pari a:

$$T_{Sd} = P \operatorname{tg} 15^\circ = 30.08 \text{ kN}$$

Considerando che la forza sia assorbita da $3\Phi 16$

$$T_{Rd} = \frac{3 \cdot 201 \cdot 450}{1.05} = 258 \text{ kN} > T_{Sd}$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Nelle pagine seguenti si riportano i fogli di calcolo relativi alla determinazione dei carichi agenti sulla spalla e per la determinazione delle sollecitazioni sulle fondazioni.

I carichi per la combinazione sismica vengono determinati con riferimento all'approccio 2 (A1+M1+R3) di cui al D.M. 17/01/2018, coerentemente con le ipotesi assunte in sede di relazione geotecnica.



Comune di Mirano
 Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
 Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
 Relazione di Calcolo

Carichi sulla spalla (D.M. 17 gennaio 2018) impalcato di 3 ^a categoria					
Dimensioni della spalla					
L (m) =	4.15	m	Dimensioni del dente		
Sp1 (m) =	0.8	m	Sp2 (m) =	0	m
H1 (m) =	0.8	m	H2 (m) =	0	m
			Sp (m) =	0.25	m
			h (m) =	0.27	m
Dati per la determinazione dei carichi sismici					
a_g/g =	0.100				
S_S =	1.500	coefficiente di amplificazione stratigrafica			
S_T =	1.00	coefficiente di amplificazione topografica			
ϕ (M1) =	28.00	°			
ϕ (M2) =	24.00	°			
β_m =	1.00	1 per strutture che non possono muoversi rispetto al terreno			
$S = S_S \times S_T$ =	1.5				
$K_{th} = \beta_m \cdot a_{max}/g$ =	0.15				
$K_y = \pm 0.5 \cdot K_{th}$ =	0.08				
Caratteristiche del terreno a tergo della spalla					
$K_{a(M1)} = \text{tg}^2(45 - \phi_{(M1)}/2)$ =	0.361	coeff. di spinta attiva (M1)		γ (kN/m ³) =	19
$K_{a(M2)} = \text{tg}^2(45 - \phi_{(M2)}/2)$ =	0.422	coeff. di spinta attiva (M2)		α (gradi) =	28
q =	1.00	fattore di struttura		K_a =	0.361
F_0 =	2.540	fattore di amplificazione spettrale massima			
$S_d = a_g \cdot S \cdot F_0 / q$ =	0.381			γ_ψ =	
		M1	M2		
		1.00	1.25		
Forze statiche orizzontali					
1) Peso proprio spalla (kN) =					
	73.4	+	0	=	73.4 kN
2) Spinte del terreno					
Spinta del terreno (caso M1) (kN) =					
	16.30	kN	b =	0.357	m
Spinta del terreno (caso M2) (kN) =					
	19.04	kN			
Spinta per sovraccarico (caso M1) (kN) =					
	14.43	kN	b =	0.535	m
Spinta per sovraccarico (caso M2) (kN) =					
	16.85	kN			
Forze sismiche (sull'intera struttura)					
3) Forza inerziale cuneo di terreno					
$F_{t,dinamica,h} = V_{t,attivo} \times \gamma \times K_{th}$ =					
	4.07	kN	b_1 =	0.54	m
$V_{t,attivo}$ =					
	1.43	m ³	(caso sismico)		



Comune di Mirano
 Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
 Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
 Relazione di Calcolo

<u>4) Forza inerziale spalla in cls</u>			
$E_{spalla,dinamica} = V_{m,v} \times \gamma_{cls} \times K_h =$	11.01	kN	$b_{m,v} = 0.45$ m
$V_{m,v} =$	2.94	m ³	(caso sismico)
<u>5) Spinta dell'impalcato</u>			
forza sulle due spalle	SI	<i>la forza sismica dell'impalcato si ripartisce tra le due spalle</i>	
peso impalcato	9.33	kN/m	
largh. Impalcato	2.70	m	
lunghezza impalcato =	14	m	
$G_{imp} =$	65.31	kN	
$E_d = S_d \times G_{imp} =$	24.88	kN	$b = 0.85$ m
<i>Forze statiche verticali</i>			
<u>6) Carichi accidentali sull'impalcato</u>			
$Q_{folla} =$	5.00	kN/m ²	
$Q_{totale} =$	189.00	kN	su tutto l'impalcato
<u>7) Forza peso dell'impalcato su una sola spalla</u>			
$G_1 =$	65.31	kN	
<i>Parametri di sollecitazione sulla spalla</i>			
A1 M1 statica			
N =	322.08	kN	
T =	46.09	kN	
M =	20.30	kNm	
A2 M2 statica			
N =	261.56	kN	
T =	46.66	kN	
M =	20.55	kNm	
A1 M1 sismica			
N =	138.71	kN	
T =	56.26	kN	
M =	34.11	kNm	
Coefficienti SLU GEO (A2)		Coefficienti SLU STR (A1)	
$\gamma_{g1} =$	1.0	$\gamma_{g1} =$	1.3
$\gamma_{g1} =$	1.0	$\gamma_{g1} =$	1.0
$\gamma_{g2} =$	1.3	$\gamma_{g2} =$	1.5
$\gamma_{g2} =$	0.0	$\gamma_{g2} =$	0.0
$\gamma_{Q} =$	1.3	$\gamma_{Q} =$	1.5
$\gamma_{Q} =$	0.0	$\gamma_{Q} =$	0.0
$\Psi_{2i} =$	0.0	$\Psi_{2i} =$	0.0
$\Psi_{1i} =$	0.7	$\Psi_{1i} =$	0.7
			Permanente sfavorevole
			Permanente favorevole
			Permanente non strutturale sfavorevole
			Permanente non strutturale favorevole
			Variabile sfavorevole
			Variabile favorevole
			valore quasi permanente dell'azione variabile
			valore frequente dell'azione variabile



6.10 VERIFICA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

Sono previsti apparecchi d'appoggio in elastomero armato tipo FIP EF 50 o equivalenti.

6.10.1 Verifiche di resistenza

Si effettuano di seguito le verifiche di resistenza secondo la normativa CNR 10018 : “*Apparecchi d'appoggio per le costruzioni, istruzioni per l'impiego*”. Si deve rispettare la condizione: $\sigma_v \leq 15 \text{ N/mm}^2$ sotto l'intero carico di progetto. In via semplificativa si ipotizza $A_r = A$ essendo le sollecitazioni molto inferiori ai limiti ammessi.

$$\sigma_v = \frac{140000}{60000} = 2.33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 15 \text{Mpa}$$

Si ritiene pertanto implicitamente soddisfatta la condizione $\sigma_v \leq 10 \text{ N/mm}^2$ sotto i soli carichi permanenti. Secondo quanto riportato al §2.4 della normativa sopracitata, per strutture in zona sismica come la presente, il collegamento degli apparecchi di appoggio deve sempre essere di tipo meccanico, a prescindere dall'attrito.

Si riporta comunque la verifica della resistenza per attrito alle azioni orizzontali, tenendo tuttavia presente che si utilizza una tipologia di appoggio con collegamenti di tipo meccanico.

Deve risultare:

$$\tau_v \leq 3G = 2.4 \text{MPa} \text{ e } \tau_h \leq 0.5G = 2.4 \text{MPa}$$

$$\sigma_v = \frac{1.5 \times \sigma_v}{S} = \frac{1.5 \times 2.33}{7.5} = 0.47 < 15 \text{Mpa}$$

$$S = \frac{200 \times 300}{2 \times 8 \times (200 + 300)} = 7.5$$

$$\tau_h = \frac{F_{xy}}{A_c} = \frac{12295}{200 \times 300} = 0.21 \text{MPa}$$

Pertanto entrambe le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.



6.11 CALCOLO DELLE STRUTTURE FONDAZIONE

Si prevedono fondazioni profonde su micropali, di diametro 22 cm, nel numero di 7 per spalla disposti a quinconce su due file distanti 48cm lungo l'asse dell'impalcato ed 1.15 cm lungo la profondità della spalla.

Per il calcolo delle resistenze dei micropali si rimanda alla relazione geotecnica.

6.11.1 Parametri geotecnici

I valori di resistenza riportati sono stati elaborati secondo quanto riportato nella relazione geotecnica.

6.11.2 Verifiche stato limite ultimo

Deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$, con:

E_d = valore di progetto dell'azione

R_d = valore di progetto della resistenza

6.11.2.1 Carico verticale – AI MI statica

La sollecitazione agente dalla spalla è pari a:

$$N_{spalla} = 322.08 \text{ kN}$$

$$V_{spalla} = 46.09 \text{ kN}$$

$$M_{spalla} = 20.30 \text{ kN}$$

Essa si divide tra i 7 pali della spalla:

$$N_d = \frac{N_{spalla}}{n_{pali}} + \frac{(M_{spalla} + V_{spalla} \times s_p)}{\sum_i x_i^2} x_i =$$



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

$$= \frac{322.08}{7} + \frac{(20.30 + 46.09 \times 0.80)0.24}{0.40} =$$

$$= 80.31 \text{ kN}$$

$N_d = 80.31 \text{ kN} < Q_{Vrd} = 138 \text{ kN}$ pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6.11.2.2 Carico verticale – A1 M1 sismica

La sollecitazione agente dalla spalla è pari a:

$$N_{spalla} = 138.71 \text{ kN}$$

$$M_{spalla} = 56.26 \text{ kNm}$$

$$V_{spalla} = 34.11 \text{ kN}$$

Essa si divide tra i 7 pali della spalla:

$$N_d = \frac{N_{spalla}}{n^{\circ}_{pali}} + \frac{(M_{spalla} + V_{spalla} \times s_p)}{\sum_i x_i^2} x_i =$$

$$= \frac{138.71}{7} + \frac{(56.26 + 34.11 \times 0.80)0.24}{0.40} =$$

$$= 69.94 \text{ kN}$$

$N_d = 63,56 \text{ kN} < Q_{Vrd} = 138 \text{ kN}$ pertanto la verifica risulta soddisfatta.



Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano

Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo

7. PROCEDURA DI UTILIZZO DEL CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO

La presente relazione di calcolo delle strutture segue le indicazioni fornite dal par. 10.2 del DM 14/01/2008 per quanto concerne analisi e verifiche svolte con ausilio di codici di calcolo.

7.1.1 Giudizio sull'attendibilità del codice di calcolo utilizzato

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche del codice di calcolo utilizzato riportando titolo, produttore e distributore, versione e estremi della licenza d'uso.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.	
Titolo:	MasterSap
Versione:	2009 SP2 Rel. 21.20
Produttore-Distributore:	AMV S.r.l., Ronchi dei Legionari (GO)
Dati utente finale:	STUDIO ING. MARTINI S.r.l.
Codice licenza:	29974 S

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione fornita dal produttore e distributore, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi di impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

La società produttrice del software ha verificato l'affidabilità del proprio codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione, contenente alcuni dei più



significativi casi trattati, nel “Manuale di validazione del solutore (Life MasterSap vers. 14)” parte della documentazione fornita con il software.

7.1.2 Criteri adottati per l’analisi strutturale

Di seguito si indicano il tipo di analisi strutturale condotta (statica, dinamica, lineare, non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica delle sezioni.

Tipo di analisi per carichi statici: statica lineare;

Tipo di analisi per carichi dinamici (sisma): statica equivalente.

Metodo per l’analisi strutturale: metodo degli elementi finiti.

Progetto – verifica degli elementi: DM 14/01/2008

Norma applicata per l’azione sismica: DM 14/01/2008

7.1.3 Giudizio sull’elaborazione e sull’attendibilità dei risultati.

Il programma Mastersap prevede una serie di controlli automatici che consentono l’individuazione di errori di modellazione. Inoltre, al termine dell’analisi, un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni eccessive. Verificato il buon esito di detti controlli si può affermare che il calcolo automatico ha avuto buon esito, ed è risultato completo e congruo.

Oltre alla verifica dei dati di input, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli al fine di comprovarne l’attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati anche in fase di primo predimensionamento della struttura. Tali calcoli hanno riguardato verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, compatibilità tra le spinte del terreno e le sollecitazioni sugli elementi strutturali; comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, ecc.



*Comune di Mirano
Realizzazione di una nuova pista ciclabile in via Scaltenigo (S.P. 26) tra
Scaltenigo e Mirano*

*Progetto Definitivo – Pista ciclabile via Scaltenigo
Relazione di Calcolo*

In fase di progettazione, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni, modificando ove necessario lo schema di calcolo di partenza e rilanciando l'elaborazione, secondo un processo iterativo che ha permesso di convergere alla soluzione ritenuta più idonea.