



Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



FERROVIENORD

FNMGROUP



NORD_ING

FNMGROUP

CODICE
COMMESSA

F 3 1

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.
207/10

b

PROGRESSIVO
ELABORATO

0 0 1

CATEGORIA
OPERA

O S

NUMERO
OPERA

- -

REVISIONE

R 0

SCALA

-

LINEA MILANO - VARESE - LAVENO
RADDOPPIO SELETTIVO GEMONIO - CITTIGLIO
Progetto Definitivo

RELAZIONI TECNICHE SPECIALISTICHE
Relazione tecnica opere civili

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Ott. 2022	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

[Signature]

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE (a.i.)
Dott. Enrico Bellavita

[Signature]

Progettista



NORD_ING
FNMGROUP

ING. LUCA ERBA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 639

[Signature]

Collaborazione

50 NET ENGINEERING
years

Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)

iDea
INFRASTRUCTURE DESIGN, ENERGY AND ARCHITECTURE
www.idea-eng.it - info@idea-eng.it
Via Sommacampagna, 63H Scale D - 37137 - Verona
Telefono: 045 603768 - e-mail: tech@ideaeng.it - www.idea-eng.it

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
S. Cibin	N. Zanta	S. Cibin	Ott. 2022
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
1265D03			

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA.....	4
2.1. NORMATIVA NAZIONALE.....	4
2.2. NORMATIVA EUROPEA.....	4
2.3. NORMATIVA FERROVIARIA.....	4
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1. SOTTOPASSI	5
3.1.1. Calcestruzzo sottopasso, vano ascensore e muri.....	5
3.1.2. Calcestruzzo fondazione muri rampe.....	6
3.1.3. Acciaio per c.a.	8
3.2. PASSERELLA PEDONALE.....	8
3.2.1. Calcestruzzo magro.....	8
3.2.2. Calcestruzzo strutturale	8
3.2.3. Calcestruzzo opere fondazione	10
3.2.4. Malte e miscele cementizie.....	11
3.2.5. Acciaio per calcestruzzo armato.....	11
3.2.6. Acciaio carpenteria metallica	11
3.3. PENSILINE DI STAZIONE	13
3.3.1. Calcestruzzo magro.....	13
3.3.2. Calcestruzzo strutturale	13
3.3.3. Acciaio per calcestruzzo armato.....	13
3.3.4. Acciaio da carpenteria	14
3.4. MURI DI SOSTEGNO.....	14
3.4.1. Calcestruzzo magro.....	14
3.4.2. Calcestruzzo strutturale	14
3.4.3. Acciaio per calcestruzzo armato.....	16
3.5. PARATIE DI MICROPALI DEFINITIVE.....	16
3.5.1. Calcestruzzo magro.....	16
3.5.2. Calcestruzzo strutturale cordolo sommità.....	16
3.5.3. Malte e miscele cementizie per micropali.....	18
3.5.4. Acciaio per calcestruzzo armato.....	18
3.5.5. Acciaio carpenteria metallica: micropali/ancoraggi passivi travi di ripartizione	18
3.6. PONTE SU S.P. 394.....	19
3.6.1. Acciaio carpenteria metallica	19
3.6.2. Calcestruzzo strutturale per spalle e piastra di fondazione.....	19
3.6.3. Calcestruzzo strutturale per pali di fondazione	21
3.6.4. Acciaio per calcestruzzo armato.....	22
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	23
4.1. SOTTOPASSO CICLOPEDONALE DI VIA ROMA	23
4.2. SOTTOPASSO PEDONALE STAZIONE DI GEMONIO.....	24
4.3. PASSERELLA PEDONALE.....	26
4.4. PENSILINE DI STAZIONE	28
4.5. MURI DI SOSTEGNO E PARATIE DI MICROPALI DEFINITIVE.....	30
4.6. PROLUNGAMENTO TOMBINI IDRAULICI	33

4.7. PONTE SU S.P. 394.....	34
-----------------------------	----

1. PREMESSA

Il presente documento illustra le opere civili del progetto definitivo di raddoppio della linea ferroviaria Varese – Laveno tra i comuni di Gemonio e Cittiglio.

Le opere civili previste sono:

- Sottopasso ciclopedonale di via Roma
- Sottopasso pedonale della stazione di Gemonio
- Passerella pedonale
- Pensiline di stazione;
- Muri di sostegno;
- Paratie di micropali di sostegno;
- Prolungamento tombini idraulici;
- Ponte su S.P. 394.

2. NORMATIVA

Le verifiche statiche e la redazione della presente relazione sono state eseguite nel rispetto della Normativa in vigore.

2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- **DM Infrastrutture 17 gennaio 2018** - Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- **Circolare 20 gennaio 2019, n.7/C.S.LL.PP.** – Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al DM 17 gennaio 2018.
- **L. 05/11/1972 n. 1086** – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

2.2. NORMATIVA EUROPEA

- **UNI EN 1990:2006** – Criteri generali di progettazione strutturale.
- **UNI EN 206:2016** – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- **UNI 11104:2016** – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206.
- **UNI EN 1992-1-1:2015** – Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

2.3. NORMATIVA FERROVIARIA

- RFI – Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture. Codifica RFI DTC SI PS MA IFS 001 E – 31/12/2020.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1. SOTTOPASSI

3.1.1. Calcestruzzo sottopasso, vano ascensore e muri

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3.1 – Tabella 4.1.III NTC2018

Scelta calcestruzzo per prolungamento sottopasso, vano ascensore e muri:

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Classi di esposizione						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Corrosione delle armature indotta da cloruri									
		Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3.2 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Riepilogo caratteristiche calcestruzzo sottopasso, vano ascensore e muri:

Classe di resistenza	C32/40
classe di esposizione	XC4-XF2
minimo contenuto di cemento	340 kg/mc
massimo rapporto a/c	0.50
classe di consistenza	S4
massima dimensione aggregati	20 mm
copriferro minimo	cf,min 40 mm (vedasi calcolo a seguire)
modulo elastico C32/40	$E_c = 33346 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo calcestruzzo
con
resistenza di calcolo SLU
limite di compressione (combinazione rara)

$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$
 $\gamma_c = 1.50$ per SLU
 $f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 18.13$ MPa
 $\sigma_c \leq 0.60 \times f_{ck} = 19.20$ MPa

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3.3 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm = 40 mm

3.1.2. Calcestruzzo fondazione muri rampe

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3.4 – Tabella 4.1.III NTC2018

Scelta calcestruzzo per fondazioni muri di sostegno rampe:

	prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo														
	Classi di esposizione														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti						
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3.5 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Riepilogo caratteristiche calcestruzzo sottopasso:

Classe di resistenza	C25/30
classe di esposizione	XC2-XF2
minimo contenuto di cemento	340 kg/mc
massimo rapporto a/c	0.50
classe di consistenza	S3-S4
massima dimensione aggregati	20 mm
copriferro minimo	cf,min 45 mm (vedasi calcolo a seguire)
modulo elastico C25/30	$E_c = 31476 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo calcestruzzo	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$
con	$\gamma_c = 1.50 \text{ per SLU}$
resistenza di calcolo SLU	$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 14.17 \text{ MPa}$
limite di compressione (combinazione rara)	$\sigma_c \leq 0.60 \times f_{ck} = 15.00 \text{ MPa}$

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3.6 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori di tabella sono da aumentare di 5 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm + 5 mm = 45 mm

3.1.3. Acciaio per c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo **B450C** dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo acciaio	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
con	$\gamma_s = 1.15$ per SLU
limite di trazione (combinazione rara)	$\sigma_s \leq 0.80 \times f_{yk} = 360 \text{ Mpa}$

3.2. PASSERELLA PEDONALE

3.2.1. Calcestruzzo magro

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe: **C12/15**

3.2.2. Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-7 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto	5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo													
		Classi di esposizione												Attacco da cicli di gelo/disgelo	
		Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri								
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti					
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-		0,60		0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15		C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-		300		320	340	340	360	320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-8 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Per le strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe:

C30/37

Resistenza a compressione cubica

$$R_{ck} = 37.00 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione cilindrica

$$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione caratteristica

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

Contenuto min. cemento

340 Kg/mc

Classe di esposizione

XF2

Coefficiente parziale di sicurezza per il cls

$$\gamma_c = 1.5$$

Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = f_{ctk} / 1.5 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-9 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm = 40 mm

3.2.3. Calcestruzzo opere fondazione

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-10 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Classi di esposizione						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Corrosione delle armature indotta da cloruri									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare		Cloruri provenienti da altre fonti		XF1	XF2	XF3	XF4	
XS1	XS2						XS3	XD1	XD2	XD3					
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60		0,55	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45	0,50		0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40		C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40		C25/30	C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340		360	320	340	360	320		340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)		4,0 ^{a)}	
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156							E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo		

Figura 3-11 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Calcolo copriferri minimi:

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-12 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

3.2.4. Malte e miscele cementizie

Malte e miscele cementizie per micropali:

Classe di resistenza minima:

C25/30

Classe di esposizione:

XC2

Eventuali additivi:

secondo NTA

3.2.5. Acciaio per calcestruzzo armato

Si prevede l'utilizzo di acciaio per armatura di tipo:

B450C

Tensione di snervamento caratteristica

$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione a rottura caratteristica

$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

Allungamento totale al carico massimo

$A_{gt} \geq 7.5\%$

Rapporto f_{tk}/f_{yk}

$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

Rapporto $f_{y,misurato}/f_{y,nominale}$

$f_{y,misurato}/f_{y,nominale} \leq 1.25$

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio

$\gamma_s = 1.15$

Resistenza a trazione di calcolo

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

Tensione di esercizio max (comb. Rara)

$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

3.2.6. Acciaio carpenteria metallica

Acciaio laminato:

	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]
S355J0	355	510

Bulloni e dadi:

	f_{yb} [MPa]	f_{tb} [MPa]
classe 8.8, dado 8	649	800

Saldature:

Di testa o a cordoni d'angolo, comunque conformi alle disposizioni della UNI EN ISO 4063/2001.

Caratteristiche meccaniche di progetto:

modulo elastico: $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$
 modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2(1+\nu)] = 80770\text{ N/mm}^2$
 coefficiente di Poisson: $\nu = 0,3$
 coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12 \times 10^{-6}\text{ per }^\circ\text{C-1}$
 densità: $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$
 coefficienti parziali di sicurezza: $\gamma_{M0} = 1.05; \gamma_{M1} = 1.05; \gamma_{M2} = 1.25$
 Per quanto riguarda le procedure e le prove sperimentali di accettazione dell'acciaio da carpenteria si rimanda nel dettaglio ai §§ 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC.

Acciaio in profili a sezione cava:

Classe acciaio (secondo UNI EN 10210-1)

S355 J0H+N

- Spessore nominale dell'elemento $t \leq 40\text{ mm}$

Tensione caratteristica di snervamento

$f_{yk} = 355\text{ MPa}$

Tensione caratteristica di rottura

$f_{tk} = 510\text{ MPa}$

Per la verifica in campo elastico, la resistenza di calcolo dell'acciaio si è assunta pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

essendo

γ_M = coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

	Elemento o tipo di verifica	γ_M
Per il materiale	Sezioni di classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1.05$
	Fenomeni di instabilità	$\gamma_{M1} = 1.05$
	Resistenza delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1.25$
Per i collegamenti	Bulloni	$\gamma_{M2} = 1.25$
	Saldature	$\gamma_{M2} = 1.25$

Bulloni e dadi:

classe viti (secondo UNI EN 15048-1)

8.8

Tensione caratteristica di snervamento

$f_{yb} = 640\text{ MPa}$

Tensione di rottura

$f_{tb} = 800\text{ MPa}$

Classe dadi (secondo UNI EN 15048-1)

8

Grigliato metallico:

classe acciaio (secondo UNI EN 10025-1)

S235JR

Tensione caratteristica di snervamento

$f_{yb} = 640\text{ MPa}$

Tensione di rottura

$f_{tb} = 800\text{ MPa}$

Classe dadi (secondo UNI EN 15048-1)

8

3.3. PENSILINE DI STAZIONE

3.3.1. Calcestruzzo magro

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe: **C12/15**

3.3.2. Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-13 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo														
	Classi di esposizione														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti						
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45	0,50		0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40		C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40		C25/30	C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340		360	320	340	360	320		340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)		4,0 ^{a)}	
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-14 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C _{min}	C ₀	ambiente	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-15 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

3.3.3. Acciaio per calcestruzzo armato

Si prevede l'utilizzo di acciaio per armatura di tipo: **B450C**

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione a rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Allungamento totale al carico massimo	$A_{gt} \geq 7.5\%$
Rapporto f_{tk}/f_{yk}	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$
Rapporto $f_{y,misurato}/f_{y,nominale}$	$f_{y,misurato}/f_{y,nominale} \leq 1.25$
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$
Tensione di esercizio max (comb. Rara)	$\sigma_s = 0.80 * f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

3.3.4. Acciaio da carpenteria

Acciaio laminato:

	$f_{yk} \text{ [MPa]}$	$f_{tk} \text{ [MPa]}$
S355J0	355	510

Bulloni e dadi:

	$f_{yb} \text{ [MPa]}$	$f_{tb} \text{ [MPa]}$
classe 8.8, dado 8	649	800

Saldature:

Di testa o a cordoni d'angolo, comunque conformi alle disposizioni della UNI EN ISO 4063/2001.

Caratteristiche meccaniche di progetto:

modulo elastico:	$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale:	$G = E / [2(1+\nu)] = 80770 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson:	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare:	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C-1}$
densità:	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
coefficienti parziali di sicurezza:	$\gamma_{M0} = 1.05; \gamma_{M1} = 1.05; \gamma_{M2} = 1.25$
Per quanto riguarda le procedure e le prove sperimentali di accettazione dell'acciaio da carpenteria si rimanda nel dettaglio ai §§ 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC.	

3.4. MURI DI SOSTEGNO

3.4.1. Calcestruzzo magro

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe: **C12/15**

3.4.2. Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-16 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo															
	Classi di esposizione														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti						
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-17 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Per le strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe:

C30/37

Resistenza a compressione cubica

$$R_{ck} = 37.00 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione cilindrica

$$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione caratteristica

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

Contenuto min. cemento

$$340 \text{ Kg/mc}$$

Classe di esposizione

XF2

Coefficiente parziale di sicurezza per il cls

$$\gamma_c = 1.5$$

Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = f_{ctk} / 1.5 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-18 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm = 40 mm

3.4.3. Acciaio per calcestruzzo armato

Si prevede l'utilizzo di acciaio per armatura di tipo:

Tensione di snervamento caratteristica

Tensione a rottura caratteristica

Allungamento totale al carico massimo

Rapporto f_{tk}/f_{yk}

Rapporto $f_{y,misurato}/f_{y,nominale}$

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio

Resistenza a trazione di calcolo

Tensione di esercizio max (comb. Rara)

B450C

$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

$A_{gt} \geq 7.5\%$

$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

$f_{y,misurato}/f_{y,nominale} \leq 1.25$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

3.5. PARATIE DI MICROPALI DEFINITIVE

3.5.1. Calcestruzzo magro

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe: **C12/15**

3.5.2. Calcestruzzo strutturale cordolo sommità

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-19 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto	5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo													
		Classi di esposizione												Attacco da cicli di gelo/disgelo	
		Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri								
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti					
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-		0,60		0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15		C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-		300		320	340	340	360	320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-20 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Per le strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe:

C30/37

Resistenza a compressione cubica

$$R_{ck} = 37.00 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione cilindrica

$$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione caratteristica

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

Contenuto min. cemento

340 Kg/mc

Classe di esposizione

XF2

Coefficiente parziale di sicurezza per il cls

$$\gamma_c = 1.5$$

Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = f_{ctk} / 1.5 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo copriferri minimi:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-21 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm = 40 mm

3.5.3. Malte e miscele cementizie per micropali

Classe di resistenza minima: **C25/30**

Classe di esposizione: XC2

Eventuali additivi: secondo NTA

3.5.4. Acciaio per calcestruzzo armato

Si prevede l'utilizzo di acciaio per armatura di tipo:

B450C

Tensione di snervamento caratteristica

$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione a rottura caratteristica

$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

Allungamento totale al carico massimo

$A_{gt} \geq 7.5\%$

Rapporto f_{tk}/f_{yk}

$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

Rapporto $f_{y,misurato}/f_{y,nominale}$

$f_{y,misurato}/f_{y,nominale} \leq 1.25$

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio

$\gamma_s = 1.15$

Resistenza a trazione di calcolo

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

Tensione di esercizio max (comb. Rara)

$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

3.5.5. Acciaio carpenteria metallica: micropali/ancoraggi passivi travi di ripartizione

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo saldati:

Tipo EN 10025-2 **S355 J2+N** (per spessori nominali $t \geq 40 \text{ mm}$)

Tipo EN 10025-2 **S355 K2+N** (per spessori nominali $t > 40 \text{ mm}$)

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo non saldati:

Tipo EN 10025-2 **S355 J0+N**

Acciaio in profili a sezione cava:

Tipo EN 10210-1 **S355 J0H+N**

3.6. PONTE SU S.P. 394

3.6.1. Acciaio carpenteria metallica

Acciaio laminato:

	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]
S355J0	355	510

Bulloni e dadi:

	f_{yb} [MPa]	f_{tb} [MPa]
classe 8.8, dado 8	649	800

Saldature:

Di testa o a cordoni d'angolo, comunque conformi alle disposizioni della UNI EN ISO 4063/2001.

Caratteristiche meccaniche di progetto:

modulo elastico:

$$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

modulo di elasticità trasversale:

$$G = E / [2(1+\nu)] = 80770 \text{ N/mm}^2$$

coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0,3$$

coefficiente di espansione termica lineare:

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$$

densità:

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

coefficienti parziali di sicurezza:

$$\gamma_{M0} = 1.05; \gamma_{M1} = 1.05; \gamma_{M2} = 1.25$$

Per quanto riguarda le procedure e le prove sperimentali di accettazione dell'acciaio da carpenteria si rimanda nel dettaglio ai §§ 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC.

3.6.2. Calcestruzzo strutturale per spalle e piastra di fondazione

3.6.2.1. Calcestruzzo magro

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe: **C12/15**

3.6.2.2. Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-22 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo														
	Classi di esposizione														
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti						
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-23 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Per le strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe:

C32/40

Resistenza a compressione cubica

$$R_{ck} = 40.00 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione cilindrica

$$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione caratteristica

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$$

Contenuto min. cemento

$$340 \text{ Kg/mc}$$

Classe di esposizione

$$XF2$$

Coefficiente parziale di sicurezza per il cls

$$\gamma_c = 1.5$$

Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = f_{ctk} / 1.5 = 1.45 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo copriferro minimo:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a.		barre da c.a.	
			elementi a piastra		altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-24 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 30 mm + 10 mm = 40 mm

3.6.3. Calcestruzzo strutturale per pali di fondazione

3.6.3.1. Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione ambientale:

Tab. 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

Figura 3-25 – Tabella 4.1.III NTC2018

prospetto	5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo													
		Classi di esposizione												Attacco da cicli di gelo/disgelo	
		Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri								
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti					
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}		
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			

Figura 3-26 – Prospetto 5 UNI 11104:2016

Per le strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe:

C30/37

Resistenza a compressione cubica

$$R_{ck} = 37.00 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione cilindrica

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione caratteristica

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

Contenuto min. cemento

$$340 \text{ Kg/mc}$$

Classe di esposizione

XF2

Coefficiente parziale di sicurezza per il cls

$$\gamma_c = 1.5$$

Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = f_{ctk} / 1.5 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo copriferro minimo:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45

Figura 3-27 – Tabella C4.1.IV Circolare 7/2019

I valori dei copriferri minimi riportati in tabella si riferiscono a $V_n = 50$ anni

Tolleranze di posa = 10 mm.

Copriferro minimo totale = 35 mm + 10 mm = 45 mm

3.6.4. Acciaio per calcestruzzo armato

Si prevede l'utilizzo di acciaio per armatura di tipo:

Tensione di snervamento caratteristica

Tensione a rottura caratteristica

Allungamento totale al carico massimo

Rapporto f_{tk}/f_{yk}

Rapporto $f_{y,misurato}/f_{y,nominale}$

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio

Resistenza a trazione di calcolo

Tensione di esercizio max (comb. Rara)

B450C

$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

$A_{gt} \geq 7.5\%$

$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

$f_{y,misurato}/f_{y,nominale} \leq 1.25$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Si riporta di seguito una descrizione delle opere civili previste per un maggior dettaglio si rimanda alle relazioni di calcolo e agli elaborati grafici specifici.

4.1. SOTTOPASSO CICLOPEDONALE DI VIA ROMA

A sud della stazione di Gemonio, in corrispondenza dell'incrocio del piazzale con via Roma, è presente un sottopasso ciclo-pedonale esistente oggetto di prolungamento verso ovest. La rampa lato est è da preservare integralmente, così come la porzione est del sottopasso. La rampa di accesso lato ovest è invece oggetto di demolizione a causa dell'allargamento del marciapiede di banchina. Demolita la rampa esistente e realizzato il prolungamento del sottopasso, la rampa di accesso lato ovest verrà quindi ricostruita con una nuova struttura in cemento armato.

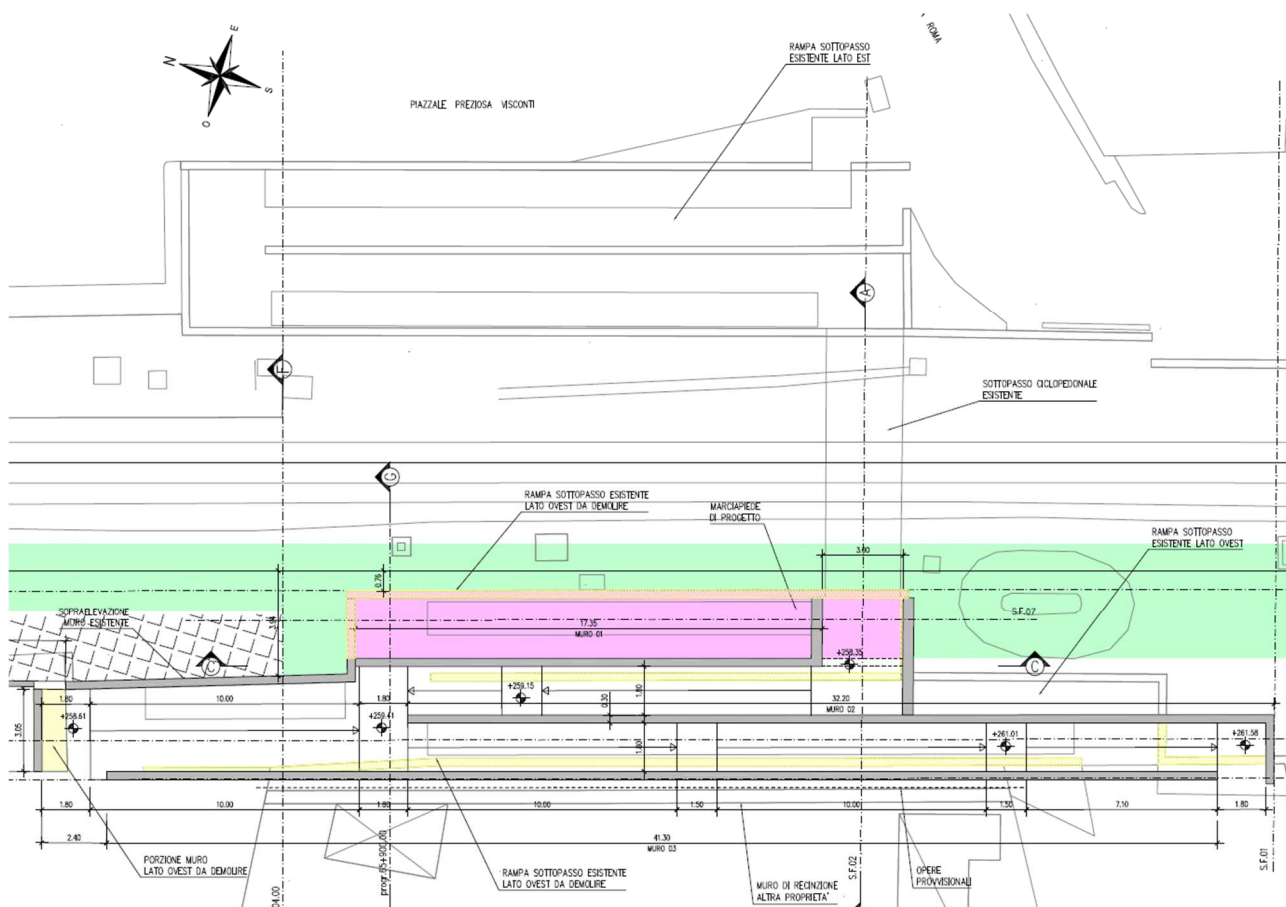


Figura 4-1 – Pianta sottopasso ciclopeditonale via Roma

Il sottopasso esistente è costituito da una struttura tubolare in acciaio.

Il prolungamento del sottopasso, realizzato con una struttura scatolare in c.a., ha larghezza netta interna pari a 3.00m, altezza netta interna pari a 2.70m, mentre le rampe hanno larghezza netta interna di 1.80m e pendenza longitudinale pari all'8%.



Figura 4-2 – Rampa est (SX) e ovest (DX) sottopasso ciclopedonale via Roma

4.2. SOTTOPASSO PEDONALE STAZIONE DI GEMONIO

Nella stazione di Gemonio è presente un sottopasso viaggiatori esistente da preservare. Tale sottopasso è oggetto di adeguamento, in quanto sono da realizzare due nuovi vani ascensori per il trasporto delle PRM con la realizzazione dello sbarco su nuova porzione di banchina, lato est e lato ovest. L'accesso al sottopasso esistente tramite ascensore sarà realizzato mediante la demolizione della porzione terminale del muro di sostegno esistente. La larghezza del vano ascensore interno è di 1.95m x 2.20m.

Il sottopasso esistente, costituito da una struttura tubolare in acciaio, non è oggetto di intervento.





Figura 4-4 – Sottopasso pedonale stazione di Gemonio – Rampe scale esistenti

4.3. PASSERELLA PEDONALE

La passerella pedonale in progetto va a ripristinare il passaggio sopraelevato esistente in prossimità della stazione di Gemonio che sarà demolito durante l'esecuzione dei lavori. Oltre alla passerella sarà realizzata anche la nuova scala di approccio.



Figura 4-5 – Passerella pedonale esistente

La struttura di attraversamento ferroviario, presenta una luce di calcolo di 12.50 m e una larghezza netta di 1.80 m.

L'impalcato, a via di corsa inferiore, è realizzato mediante due travi principali di altezza pari a 1.50 m poste ad interasse di 2.15 m e collegate da traversi realizzati mediante profili in acciaio HEA140 posti ad interasse di 1.25 m. I due traversi di testata saranno invece realizzati mediante due HEB180. La soletta è realizzata mediante un grigliato appoggiato ai traversi, con portata minima di 5 kN/mq. L'impalcato appoggia a nord su una berlinese a cavalletto tirantata, costituita da micropali $\phi 300$ mm L=12 m, posti ad interasse di 0.40m ed armati con tubolare metallico $\phi 168.3$ mm s=12.5 mm.

Sul lato opposto, la passerella è collegata alla struttura della scala di approccio e appoggia su una pila tralicciata costituita da due montanti HEA240 posti ad interasse di 2.15m e traversi realizzati con HEA 180 posti ad interasse verticale di 2.60m.

La scala di approccio, di larghezza netta pari a 1.80m, ha uno sviluppo a "I" ed è costituita da tre rampe pressoché identiche, inframezzate da due pianerottoli di lunghezza 1.80m. La prima rampa è costituita da 9 gradini con pedata 0.30m ed alzata 0.17 m, mentre le altre due rampe presentano 10 gradini con le stesse caratteristiche geometriche. Il dislivello complessivo è pari a 5.44m.

La rampa è realizzata con due cosciali costituiti da UPN 220, mentre i gradini sono realizzati da grigliati metallici appoggiati ai cosciali tramite profili ad L.

La scala, oltre all'appoggio in sommità sulla medesima pila della passerella, presenta altri due appoggi intermedi, posti in corrispondenza della rampa centrale, costituiti da montanti HEA 180 opportunamente controventati.

Gli elementi di elevazione sono ancorati in fondazione a plinti in cemento armato ordinario gettato in opera.

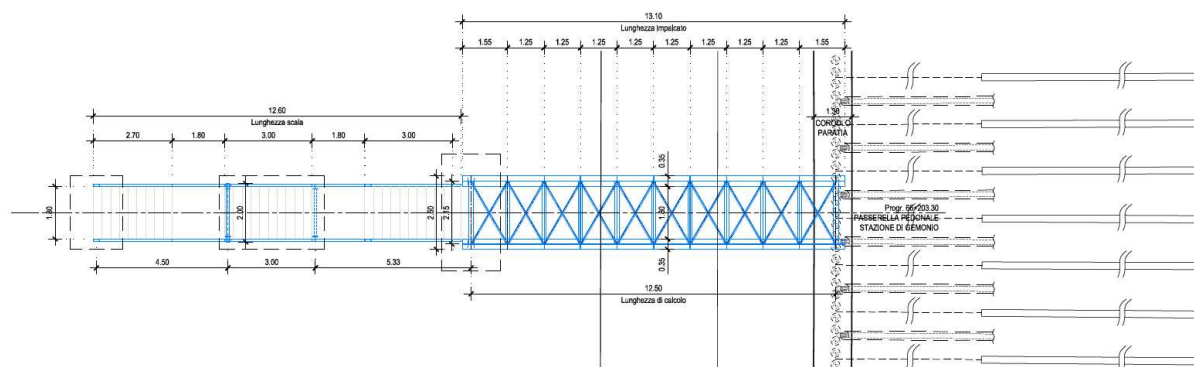


Figura 4-6 – Passerella pedonale - Pianta

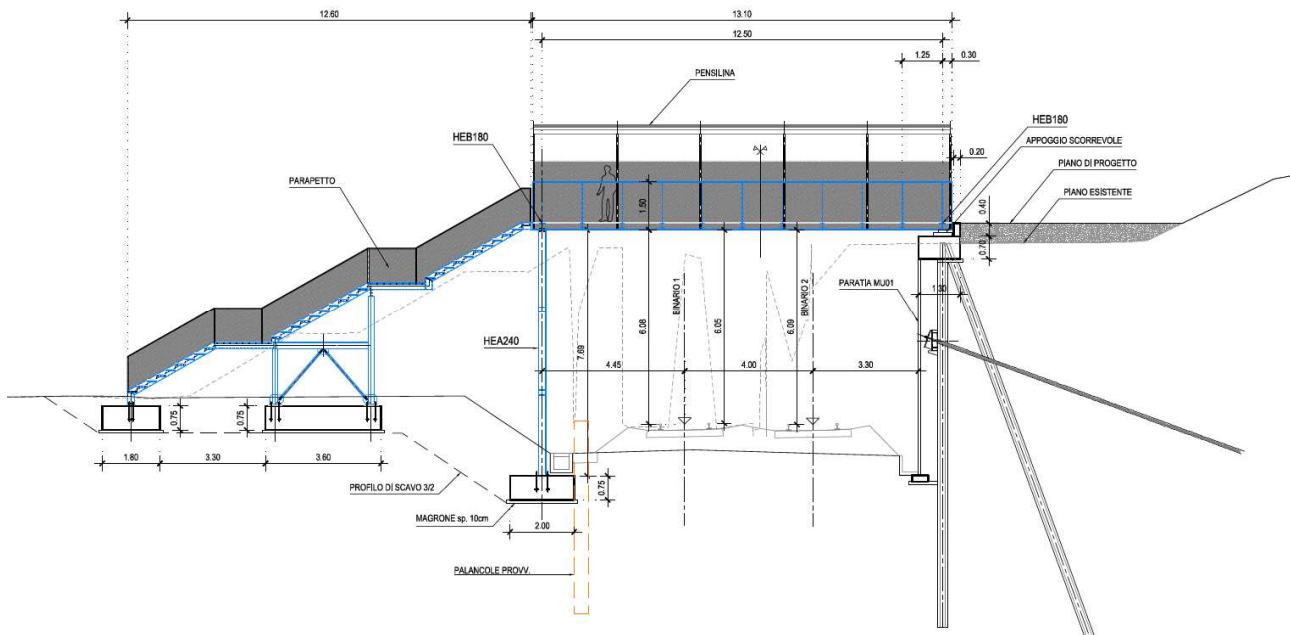


Figura 4-7 – Passerella pedonale – Sezione longitudinale

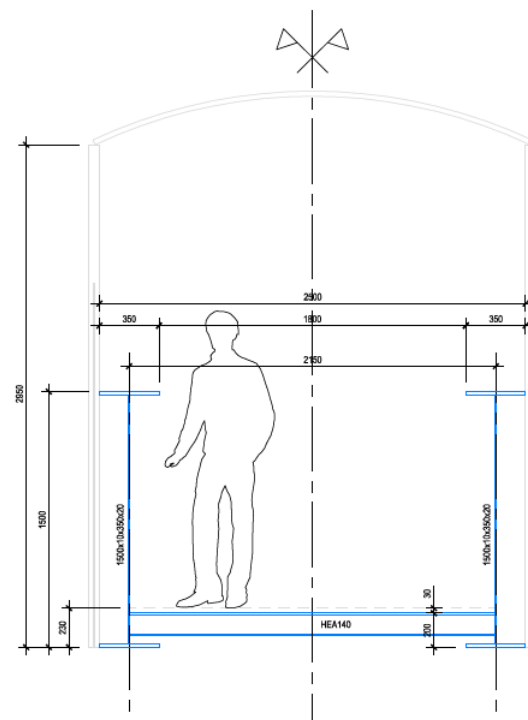


Figura 4-8 – Passerella pedonale – Sezione trasversale

4.4. PENSILINE DI STAZIONE

È prevista la realizzazione di nuove pensiline a copertura dei marciapiedi di banchina, scale ed ascensori. Le pensiline avranno una struttura metallica a doppio sbalzo ad inclinazione negativa, sostenuta da colonne poste tra le due falde. Sono state individuate diverse zone all'interno dell'area di intervento caratterizzate da esigenze diverse, le quali ospiteranno diverse conformazioni geometriche della pensilina.

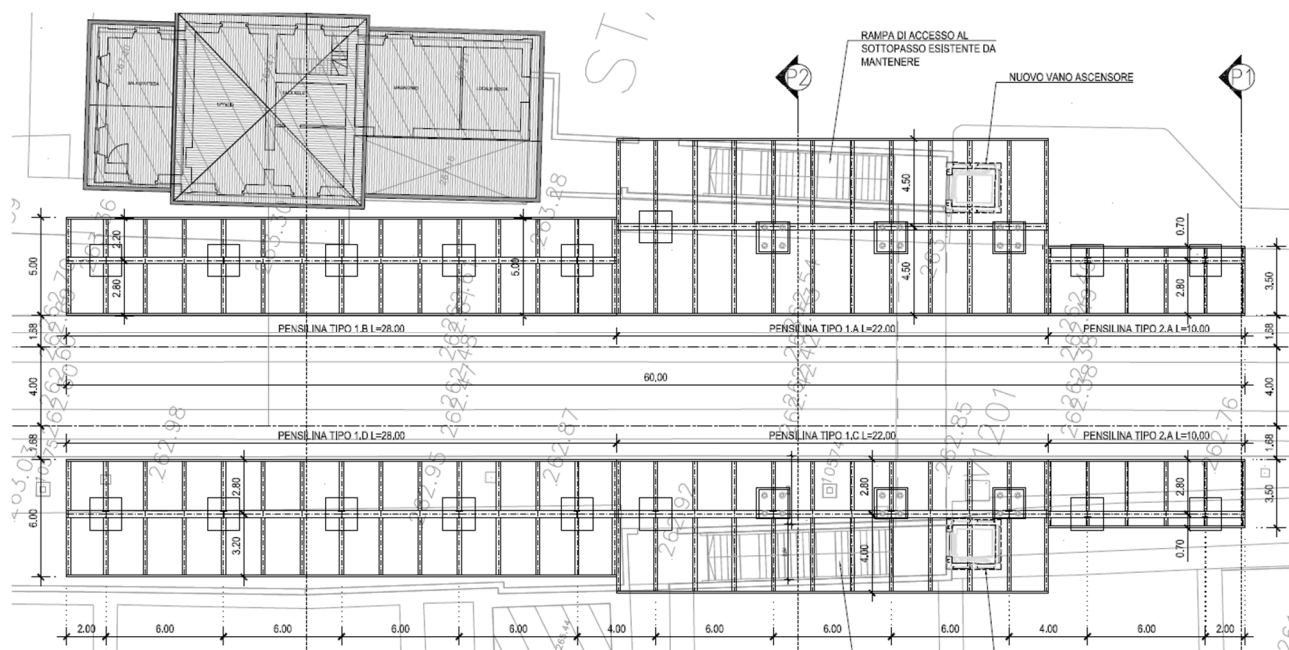


Figura 4-9 – Pensiline di stazione - Pianta

Le luci dello sbalzo vanno da 0.70m a 4.5m. L'altezza libera netta garantita a filo binario è di 4.40m. La copertura è composta da lamiera grecata e pannello tipo sandwich.

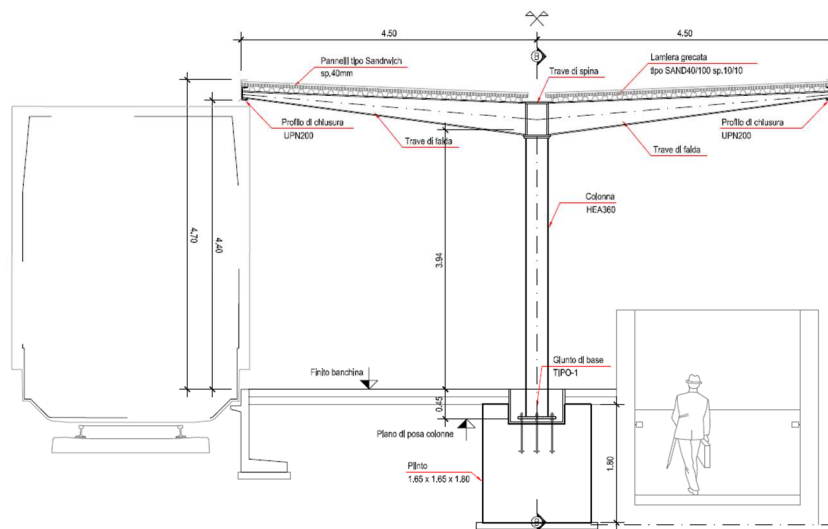


Figura 4-10 – Pensiline di stazione – Sezione trasversale

Le fondazioni sono di tipo superficiale nella gran parte dei casi, fatta eccezione per i tratti adiacenti alle rampe esistenti nei quali la fondazione è di tipo profondo su micropali.

La geometria delle pensiline sarà analoga a quelle attualmente presenti nella stazione di Cittiglio.



Figura 4-11 – Pensiline stazione di Cittiglio

4.5. MURI DI SOSTEGNO E PARATIE DI MICROPALI DEFINITIVE

L'intervento di raddoppio della linea ferroviaria necessita della realizzazione di diverse opere di sostegno lungo il tracciato. A causa del denso tessuto edilizio che interessa le aree adiacenti al tracciato ferroviario, non è sempre possibile eseguire muri di sostegno: è necessario prevedere in alcuni tratti la realizzazione di paratie di micropali.

Si riporta di seguito la keymap con indicate le opere di sostegno dislocate lungo il tracciato.

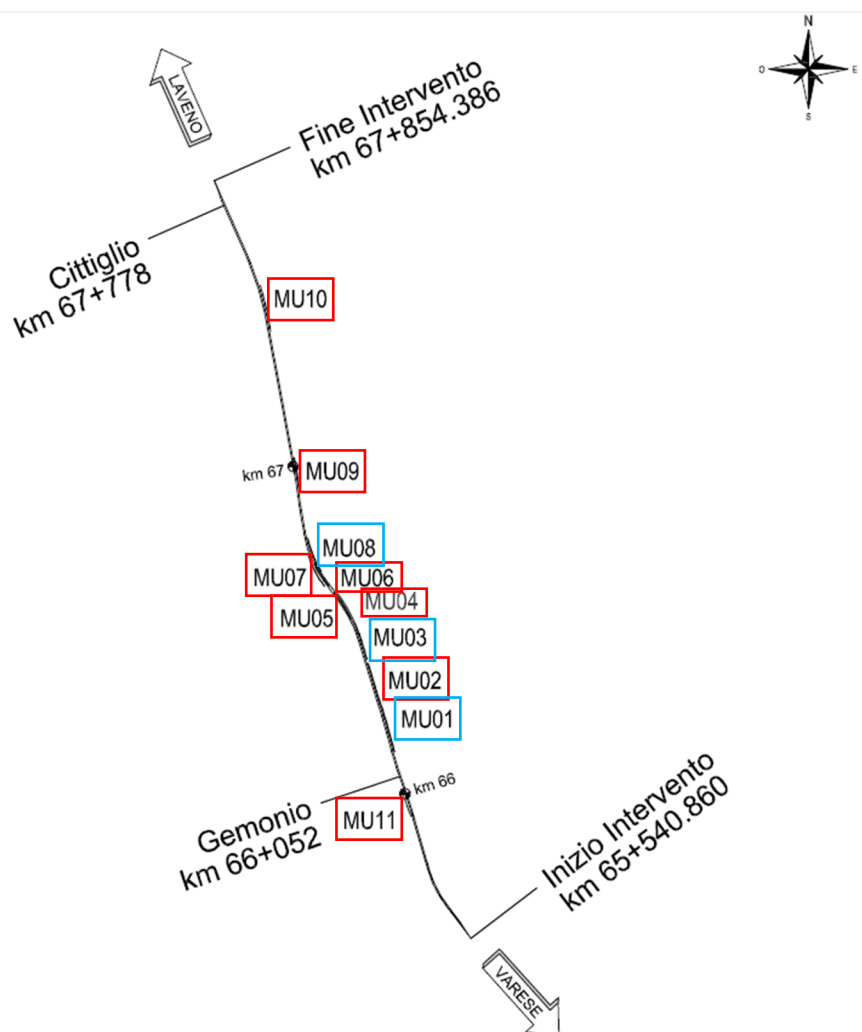


Figura 4-12 – Keymap muri di sostegno e paratie di micropali

I muri di sostegno (**MU: 02-04-05-06-07-09-10-11**) sono divisi in vari tipologici a seconda delle altezze del paramento e delle dimensioni in pianta della fondazione, ed hanno un'altezza variabile da 1.50m a 6.00m. La geometria indicativa è del tipo riportato di seguito.

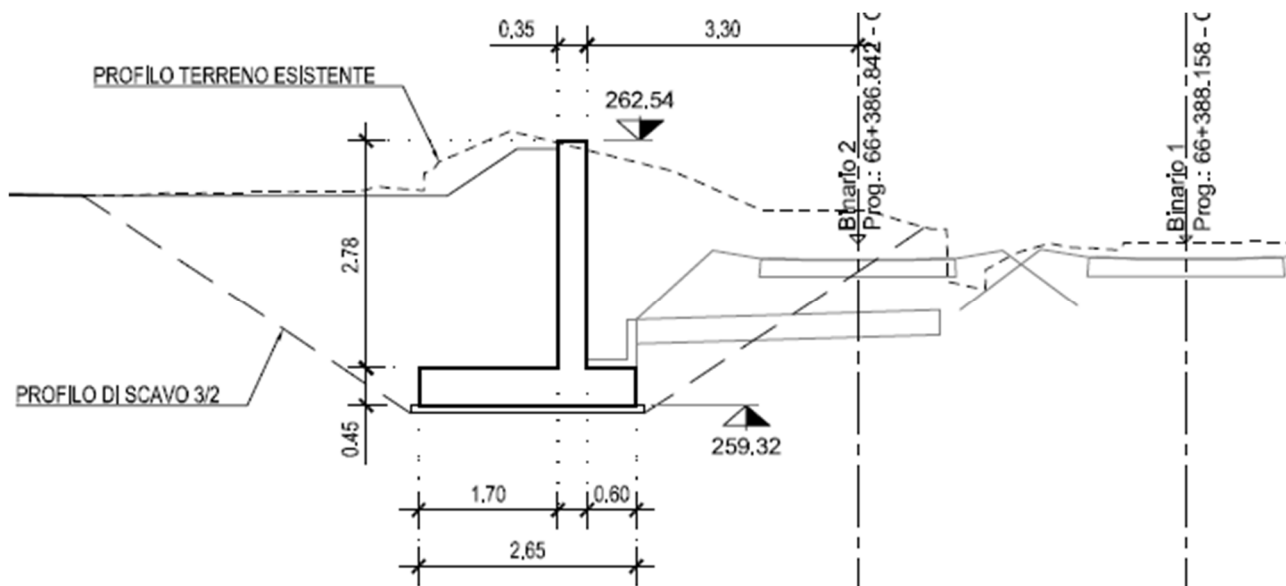


Figura 4-13 – Sezione tipologica muri di sostegno

Il riempimento a tergo dovrà essere sempre realizzato con materiale da rilevato di buone caratteristiche.

Le paratie di micropali (MU: 01-03-08) sono di tre tipologie:

- Tipo A. Paratia a cavalletto tirantata con:
 - micropali verticali Ø300 armatura Ø168.3x12.5mm L 12m interasse 0.40m
 - micropali inclinati a cavalletto Ø300 armatura Ø168.3x12.5mm L 15m interasse 1.60m
 - tiranti inclinati perforo Ø140 dywidag Ø32 L 20m interasse 1.60m.

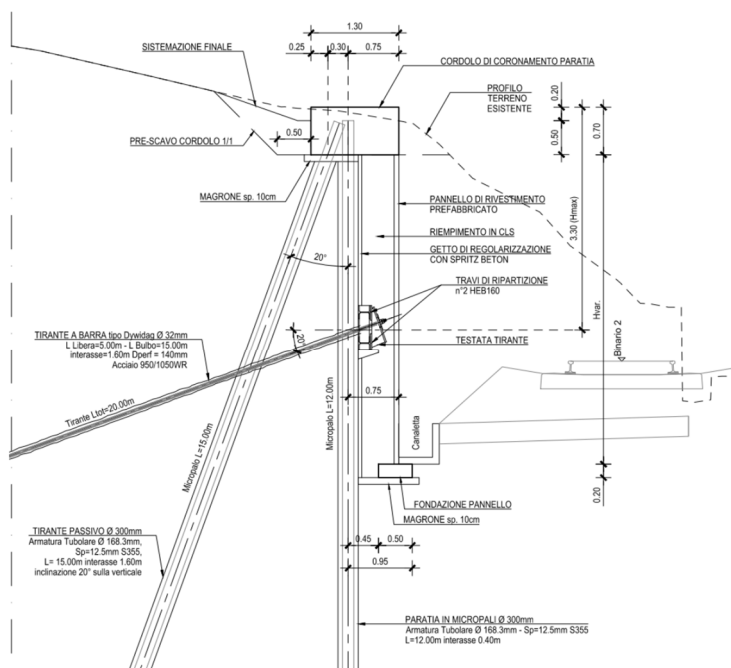


Figura 4-14 – Sezione tipologica paratia di micropali definitive – Tipo A

- Tipo A1 e B. Paratia a cavalletto con:

- micropali verticali Ø300 armatura Ø168.3x12.5mm L 12m interasse 0.40m
- micropali inclinati a cavalletto Ø300 armatura Ø168.3x12.5mm L 15m interasse 1.60m

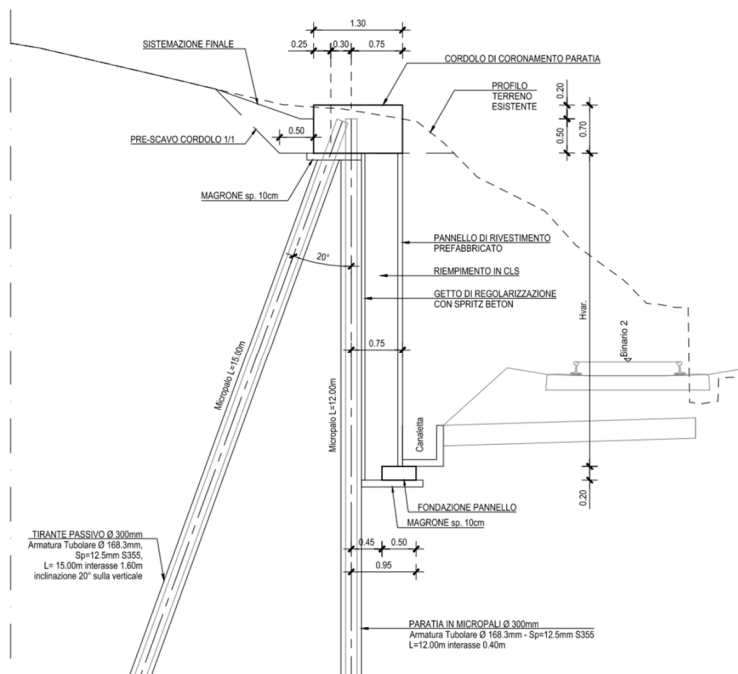


Figura 4-15 – Sezione tipologica paratia di micropali definitive – Tipo A1 e B

Per le lunghezze dei tratti e le disposizioni delle opere lungo il tracciato si rimanda agli elaborati di riferimento.

Per l'opera di sostegno MU08 è presente, oltre alla paratia di micropali, un tratto di opera costituito da un muro di sostegno in c.a.

Il lato di valle delle paratie (lato ferrovia) sarà mascherato da pannelli di rivestimento prefabbricati in c.a. e lo spazio tra i micropali e tale pannello sarà prima regolarizzato con un getto in spritz-beton e con poi riempito con un getto in calcestruzzo.

4.6. PROLUNGAMENTO TOMBINI IDRAULICI

Lungo l'intervento di raddoppio è inoltre previsto il prolungamento di 4 opere di attraversamento idraulico esistenti.

Opera OPN644 – Progr. 66+392 (45+661):

Si tratta del prolungamento al di sotto della nuova linea di raddoppio della tubazione esistente in calcestruzzo DN1000.

Opera OPN646 – Progr. 66+550 (45+817):

Si tratta del prolungamento al di sotto della nuova linea di raddoppio della tubazione esistente in calcestruzzo DN500.

Opera OPN650 – Progr. 67+150 (46+417):

Si tratta di un passaggio costituito da arco in mattoni, luce 80 cm. All'interno transita un tubo in PVC diametro 60 cm proveniente dalla cementeria. E' sovrastato da una piccola soletta in cls. Il tubo continua a giorno rettilineo per diversi metri sul lato del raddoppio, poi si perde nella vegetazione.



Figura 4-16 – Opera OPN650 (46+417)

L'attraversamento è assimilabile a quello di un sottoservizio e si prevede per il tratto sottostante la sede ferroviaria esistente e di raddoppio, la posa di un contro tubo in acciaio a protezione dell'attraversamento e per una più agevole sostituzione in caso di rottura.

Nel tratto del manufatto esistente, lo spazio tra contro tubo e soletta in c.a. sarà intasato con calcestruzzo.

Opera – Progr. 67+360 (46+635):

Si tratta di un attraversamento idraulico con funzionamento a sifone con una sezione interna netta pari a circa 0.50m per 0.50m.

Si prevede la realizzazione di un nuovo attraversamento a sifone con posa di una tubazione in calcestruzzo DN600.

4.7. PONTE SU S.P. 394

Il ponte in oggetto è realizzato con due travate metalliche a parete piena, di lunghezza complessiva pari a 20 m circa, di altezza 1.90 m, e disposte ad interasse di 5 m.

Le travi principali hanno uno schema statico di trave semplicemente appoggiata. La distanza tra gli assi di appoggio risulta pari a 18.8 m.

L'impalcato, sostenuto dalle due travi principali, è costituito da una piastra ortotropa costituita da traversi a T rovescia con interasse di 1.34 metri e piatti longitudinali con interasse di 0.63m.

Sul lato Nord-Est viene realizzato uno sbalzo, costituito da travi a doppio T incastrate alla trave principale, che sostiene una passerella per personale autorizzato ed una barriera antirumore.

L'impalcato presenta una inclinazione rispetto all'asse longitudinale pari a 43°.

L'andamento planimetrico dell'asse di progetto dei due binari si trova su un tratto in clotoide, pressoché rettilineo. La velocità di percorrenza dell'opera risulta pari a 70km/h.

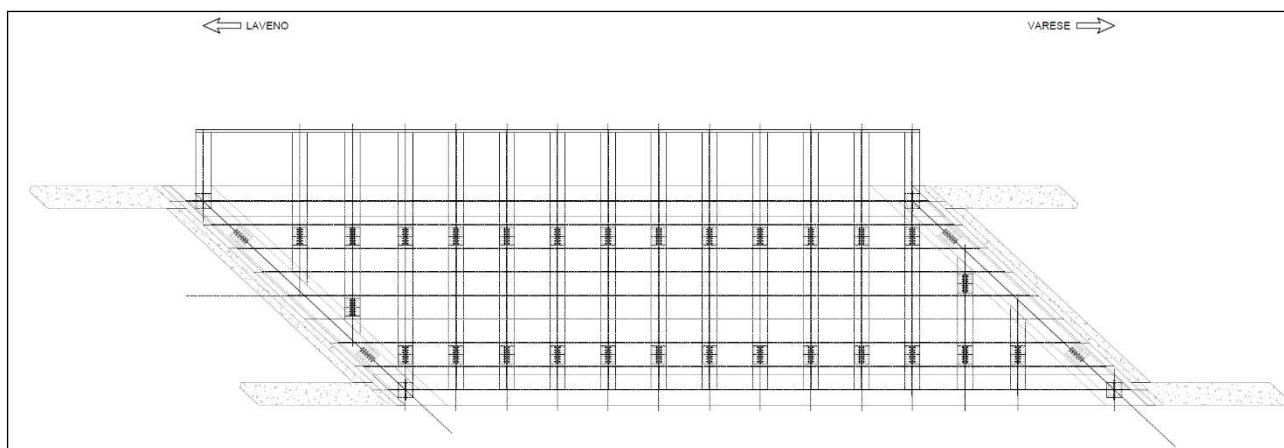


Figura 17 – Pianta impalcato

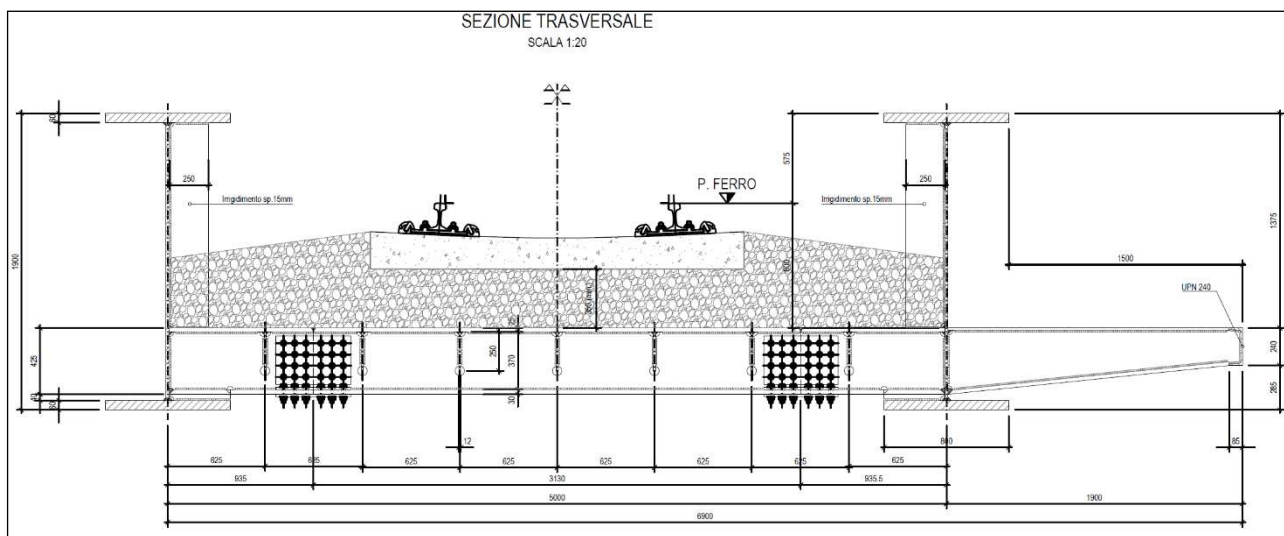


Figura 18 – Sezione trasversale impalcato

Le travi poggiano su spalle composte da muri frontali di altezza 8.2 m e muri andatori, paralleli all'asse dell'impalcato, di altezza pari a 9 m.

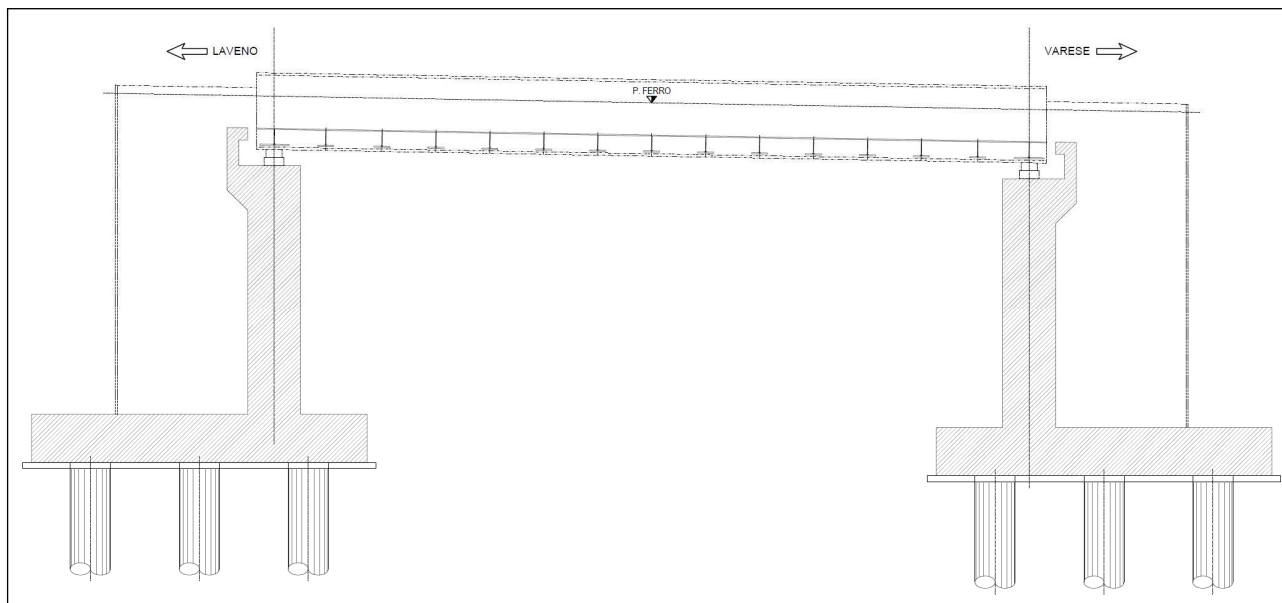


Figura 19 -Sezione in asse binario

Le spalle sono costituite da una piastra di fondazione su pali di diametro 1000mm e lunghezza pari a 23m.

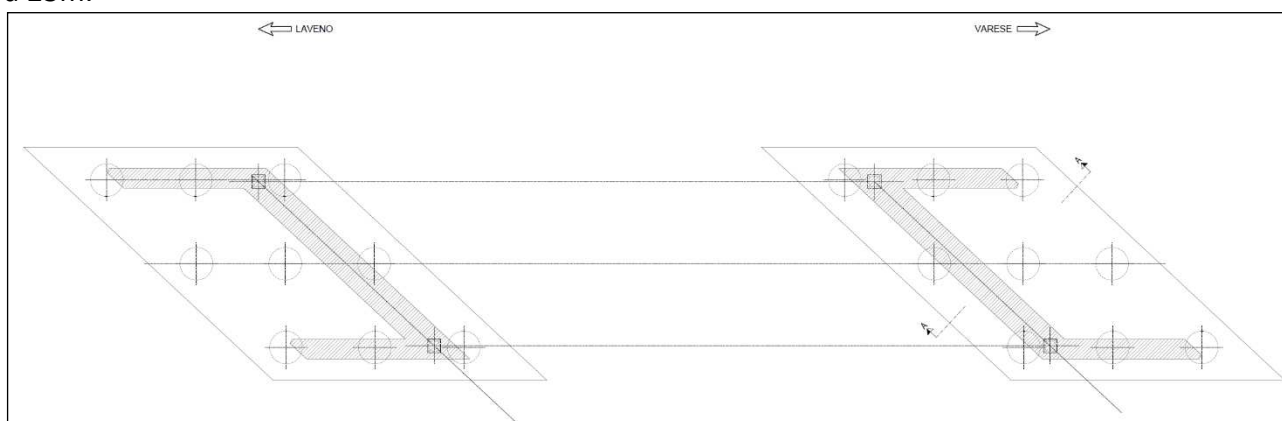


Figura 20 -Pianta fondazioni su pali

Per quanto riguarda i dispositivi di vincolo dell'impalcato alle sottostrutture, per ciascuna campata si prevede il seguente schema di vincoli:

- un appoggio fisso e uno mobile su un lato dell'impalcato: blocco di tutte le componenti di traslazione in corrispondenza dell'appoggio fisso, e la possibilità di traslazioni, sia trasversali che longitudinali, per l'appoggio mobile (multidirezionale).
- un appoggio unidirezionale (scorrevole in senso longitudinale) e un appoggio multidirezionale (scorrevole in senso longitudinale e trasversale) sul lato opposto.