



LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE" E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE

titolo elaborato :

E - OPERE D'ARTE
Sottopasso ciclopipedonale
Relazione tecnica illustrativa

codice :
E.01

scala :

-

data :
Ottobre 2022

revisione n° : data :

descrizione :

Il Progettista :



Centro operativo: 20090 TREZZANO s/N (MI), via Cristoforo Colombo n. 23

Il Committente :

COMUNE DI GALLARATE

Provincia di Varese

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ
TECNICA ED ECONOMICA**

SOTTOPASSO CICLOPEDONALE
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	FASI DI ESECUZIONE	4
2.1	Criteri di calcolo	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.1	Normativa tecnica	6
3.1.1	Materiali	6
3.1.2	Costruzioni in c.a. e acciaio	6
3.1.3	Geotecnica	7
3.1.4	Sismica	7
3.2	Normativa tecnica nazionale	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	Calcestruzzo	8
4.1.1	Calcestruzzo per struttura – C32/40	8
4.2	Acciaio	8
4.2.1	Acciaio in barre per calcestruzzo armato – B450C	8
4.3	Durabilità dei materiali	8
4.3.1	Conglomerati cementizzi	8
5	Analisi dei carichi	10
5.1	Carichi permanenti portati	10
5.2	Azioni variabili verticali	10
5.3	Modello di carico LM71	10
5.4	Modello di carico SW/2	11
6	SCATOLARE SOTTOPASSO	12
6.1	Geometria della struttura	12
6.2	Modello di carico	13
7	APPARATO DI SPINTA PER IL VARO DEL MONOLITE	14
7.1	Trave di contrasto e platea di varo	14
8	MANUFATTI A U	15
8.1	Modello di carico	15

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

1 INTRODUZIONE

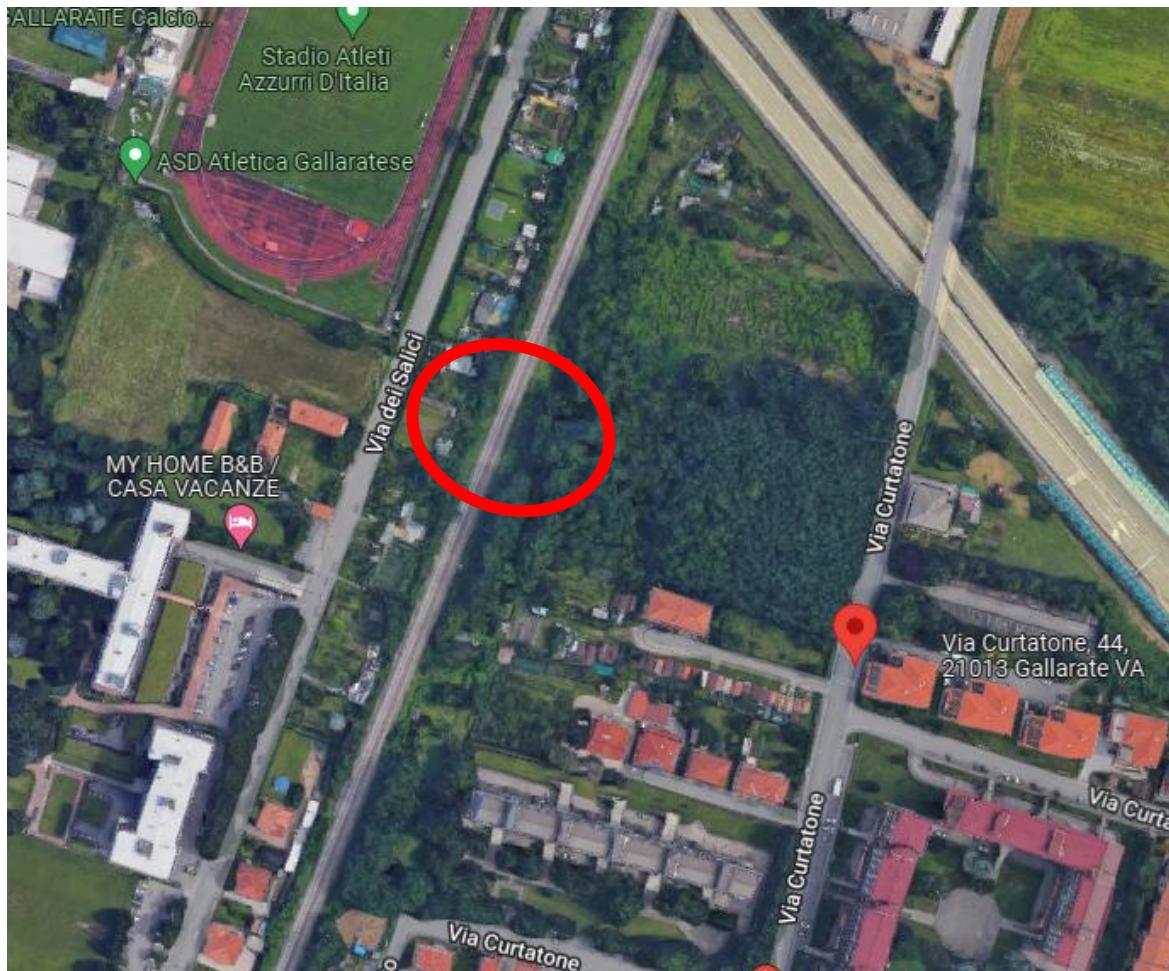
La presente relazione illustra le modalità esecutive e le geometrie per la realizzazione del sottopasso ciclopipedonale alla linea ferroviaria RFI - tratta Gallarate Varese nel comune di Gallarate (VA).

Gli interventi prevedono la realizzazione di un nuovo tracciato ciclopipedonale con sottopasso della linea RFI, che collega la via dei salici e la via Curtatone, in particolare consente di raggiungere il nuovo plesso scolastico in fase progettuale e il campo sportivo comunale.

Per l'intervento sono necessari i seguenti manufatti analizzati nel presente documento:

- Sottopasso scatolare a spinta
- Opere di sostegno dei binari
- Platea di varo e muro reggisposta
- Manufatti di imbocco a U

Nella seguente immagine si mostra l'area di intervento.



LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

2 FASI DI ESECUZIONE

L' esecuzione del manufatto e l'attuazione delle fasi di realizzazione dell'opera, sono state progettate per ridurre al massimo le penalizzazioni sul tracciato ferroviario esistente al fine di ridurre i tempi di rallentamento dei treni.

Per ottenere ciò ci si avvale del ponte provvisorio denominato Sistema Verona che rappresenta l'ultima evoluzione dei ponti provvisori da installare sui binari. Si tratta di un ponte modulare che può essere montato in campata unica fino a 14,40 metri, le installazioni consentono ai treni, passeggeri e merci, di viaggiare fino a 80 km/h durante l'intero periodo di applicazione.

Il Sistema Verona è stato sviluppato in conformità con gli Eurocodici e con le norme della Rete Ferroviaria Italiana.

Pertanto, si avranno le seguenti fasi:

1. Allestimento delle opere di servizio necessarie per lo stoccaggio fuori opera dei materiali
2. Realizzazione delle paratie di micropali in c.a. provvisionali con la funzione di tenuta del piano campagna circostante solo alle due estremità del sottopasso
3. Allestimento delle opere provvisionali necessarie al sostegno delle strutture del piano di scorrimento ferroviario con un ponte provvisorio tipo Verona
4. Realizzazione della platea di varo del muro reggisposta e del manufatto scatolare
5. Esecuzione degli scavi al di sotto dei binari
6. Movimentazione e collocazione dello scatolare dalla posizione di stoccaggio a quella di esercizio
7. Rimozione dei dispositivi provvisori di manovra e del sistema di sostegno e ripristino completo della sede ferroviaria.
8. Prove di carico
9. Demolizione del rostro in c.a.

**LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

2.1 Criteri di calcolo

Le opere oggetto della presente relazione verranno progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 17.02.2018 – “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 21.01.2019 n. 7/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale	$V_N = 50$ anni (§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)
Classe d'uso	III (§ 2.4.2, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”)
Coefficiente d'uso	$C_U = 1.5$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano nel seguito la normativa tecnica adottata per il dimensionamento delle opere strutturali.

3.1 Normativa tecnica

3.1.1 *Materiali*

- 1) UNI EN 206-1 marzo 2006 – “Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- 2) UNI EN 197-1 marzo 2006 – “Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- 3) UNI EN 197-2 marzo 2001 – “Cemento - Valutazione della conformità”;
- 4) UNI 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1”;
- 5) Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 07/02/2003 – “Linee guida per il calcestruzzo strutturale, Linee guida per il calcestruzzo strutturale ad alta resistenza, Linee guida per il calcestruzzo preconfezionato”;
- 6) Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 05/04/2013 – “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”;
- 7) D.M. 16/02/2007 – “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”;
- 8) “Regolamento UE n°305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio”

3.1.2 *Costruzioni in c.a. e acciaio*

Eurocodice 0 - “Criteri generali di progettazione strutturale”

- 9) UNI EN 1990:2006;

Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”

- 10) UNI EN 1991-1-1:2004 – “Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- 11) UNI EN 1991-1-2:2004 – “Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco”;
- 12) UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”

- 13) UNI EN 1992-1-1:2005 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

- 14) UNI EN 1992-1-2:2005 – “Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio”;
- 15) UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;
- 16) UNI EN 1992-3:2006 – “Parte 3: Strutture di contenimento liquidi”;

3.1.3 *Geotecnica*

Eurocodice 7 - “Progettazione geotecnica”

- 17) UNI EN 1997-1:2005 – “Parte 1: Regole generali”;
- 18) UNI EN 1997-2:2007 – “Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo”;

3.1.4 *Sismica*

Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

- 19) UNI EN 1998-1:2005 – “Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- 20) UNI EN 1998-2:2009 – “Parte 2: Ponti”;
- 21) UNI EN 1998-5:2005 – “Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;

3.2 Normativa tecnica nazionale

- 22) D.M. Min. II. TT. 17/02/2018 – “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”;
- 23) Circolare LL.PP. n°7 21/01/2019 - “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 febbraio 2018”;
- 24) D.M. 31/07/2012 – “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici”;
- 25) D.P.R. n°380 06/06/2001 – “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”;

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
 CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
 E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per gli elementi strutturali in cemento armato è previsto l'impiego dei seguenti materiali.

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Calcestruzzo per struttura – C32/40

Classe minima	C32/40
Classe di esposizione ambientale	XF2
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	R_{ck}
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} =$ 40.00 MPa 33019 MPa

4.2 Acciaio

4.2.1 Acciaio in barre per calcestruzzo armato – B450C

Classe	B450C
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{tk} > 540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento a trazione	f_{yk} > 450 MPa
Modulo elastico	$E_s =$ 210000 MPa

4.3 Durabilità dei materiali

4.3.1 Conglomerati cementizzi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206-1 e UNI 11104, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC2018.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con $V_N = 50$ anni la circolare al punto C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva e, per strutture con $V_N = 100$ anni, una maggiorazione di copriferro pari a $\Delta c_{min} = +10$ mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori sono da aumentare di $\Delta c_{min} = +5$ mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di $\Delta c_{min} = -5$ mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a $\Delta c_{dev} = +10$ mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_0	ambiente	$C < C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
 CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
 E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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

Condizioni ambientali e classi di esposizione

Elementi gettati in opera – monolite

- Classe di esposizione
Corrosione indotta Attacco gelo / disgelo con XF2
disgelanti Superfici a contatto con acqua da Sali disgelanti.
- Condizioni ambientali Aggressivo
- Requisiti minimi calcestruzzi
Rapporto acqua/cemento < 0.50
Classe di resistenza > C25/30
- Copriferro nominale netto:
 $c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}} = 30 + 10 + 10 = 50 \text{ mm}$ → $c = 50 \text{ mm}$

Opere provvisionali

senza prescrizioni di durabilità, pertanto XC1

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

5 ANALISI DEI CARICHI

Le azioni da assumere sono le classiche per le strutture di questo tipo, si riportano le azioni che verranno assunte per il dimensionamento delle strutture.

5.1 Carichi permanenti portati

La determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, dell'armamento e dell'impermeabilizzazione è stata effettuata assumendo un peso di volume pari a 18 kN/m³ applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti paraballast per un'altezza media di 0.80 m.

5.2 Azioni variabili verticali

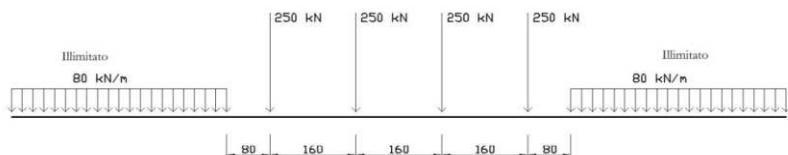
I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico; in particolare, sono forniti due modelli di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (modello di carico LM71), il secondo rappresentativo del traffico pesante (modello di carico SW). Per la loro puntuale definizione si rimanda ai contenuti dei paragrafi successivi.

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente "α" che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

5.3 Modello di carico LM71

La schematizzazione del modello di carico LM71, riportata nella figura seguente, riproduce gli effetti statici costituiti da:

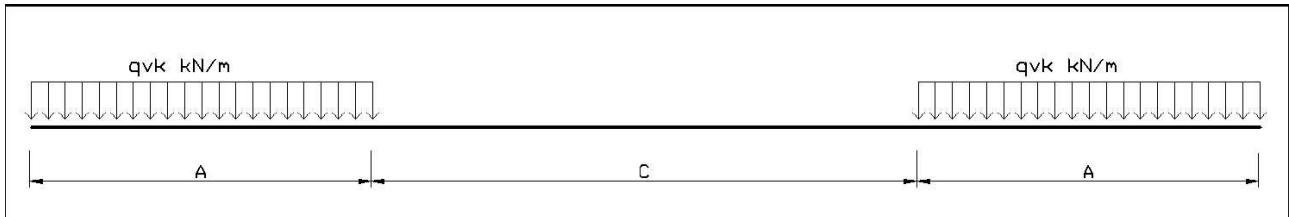


- Quattro assi da 250 kN disposti a interasse di 1.60 m;
- Carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.80 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
 CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
 E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

5.4 Modello di carico SW/2

Il modello di carico SW/2 schematizza, come mostrato nella figura seguente, gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.



<i>Tipo di carico</i>	Q_{vk} [kN/m]	A [m]	C [m]
<i>SW/0</i>	133	15,00	5,30
<i>SW/2</i>	150	25,00	7,00

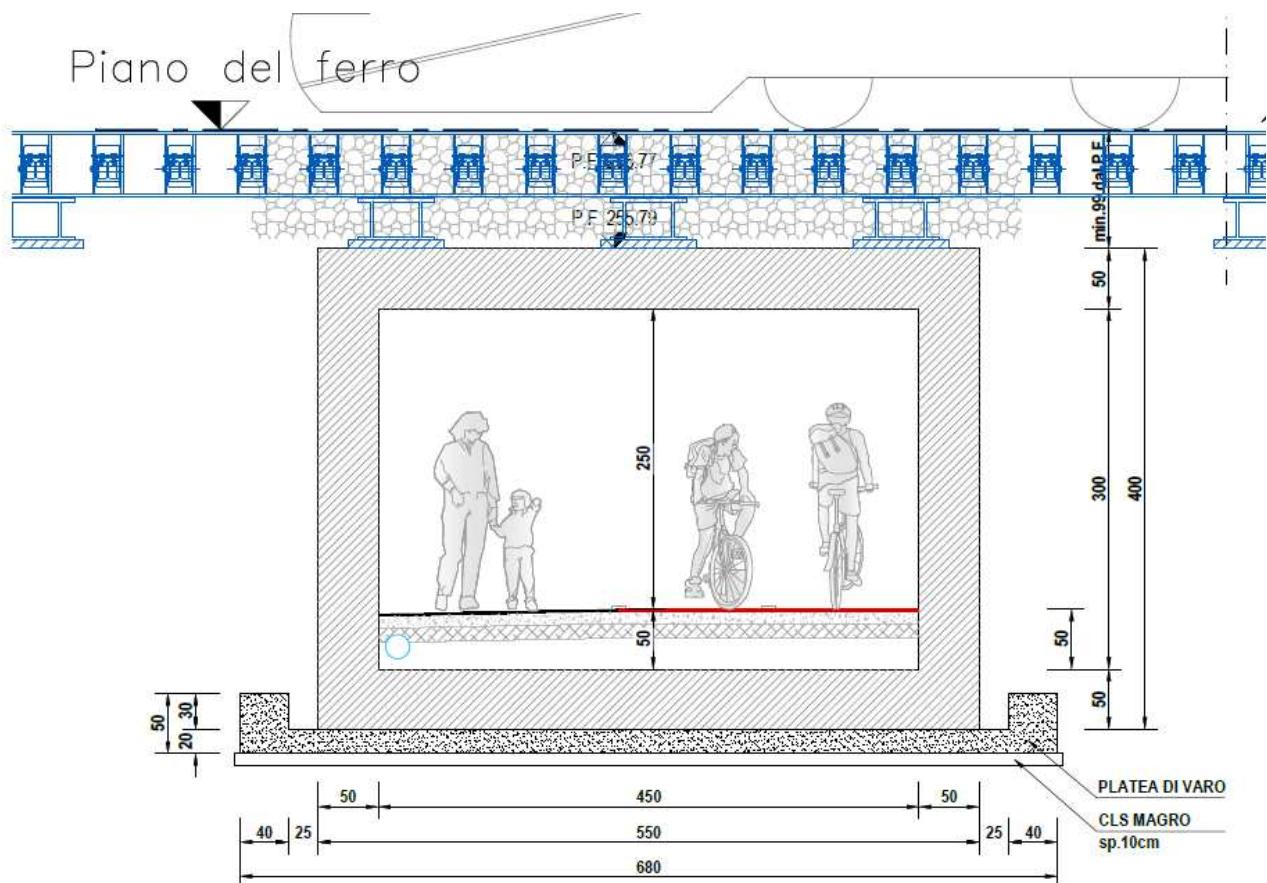
LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
 CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
 E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

6 SCATOLARE SOTTOPASSO

6.1 Geometria della struttura

Il sottopasso è realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera. Ha sezione scatolare cava di dimensioni interne nette $B \times H = 4.50 \times 3.00$ m. Le pareti laterali e la soletta inferiore hanno spessore $Sp = 0.50$ m, la soletta superiore ha anch'essa spessore pari a 0.50 m.

Poiché lo scatolare presenta un'obliquità di circa 92.33° rispetto all'asse della linea ferroviaria in progetto, la sezione trasversale risulta di 13.00 m (distanza minima soletta / esterno rotaia maggiore di 3.50 m). Il ricoprimento, inteso come distanza tra estradosso della soletta superiore e il piano del ferro, è pari a 1.00 m.



LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

6.2 Modello di carico

La verifica dello scatolare viene condotta con programma ad elementi finiti che determina, tenendo conto delle azioni descritte nel seguito, le sollecitazioni massime nei singoli elementi strutturali. Successivamente vengono effettuate le verifiche di sicurezza con il metodo degli stati limiti.

Il modello di calcolo è costituito da un telaio piano che rappresenta una striscia di scatolare di larghezza unitaria. Le solette, di copertura e fondazione, ed i montanti sono modellati da elementi trave, posti in corrispondenza della rispettiva linea media. L'elemento trave che rappresenta la soletta di fondazione è considerato poggiante su un suolo elastico con assegnata costante di Winkler.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

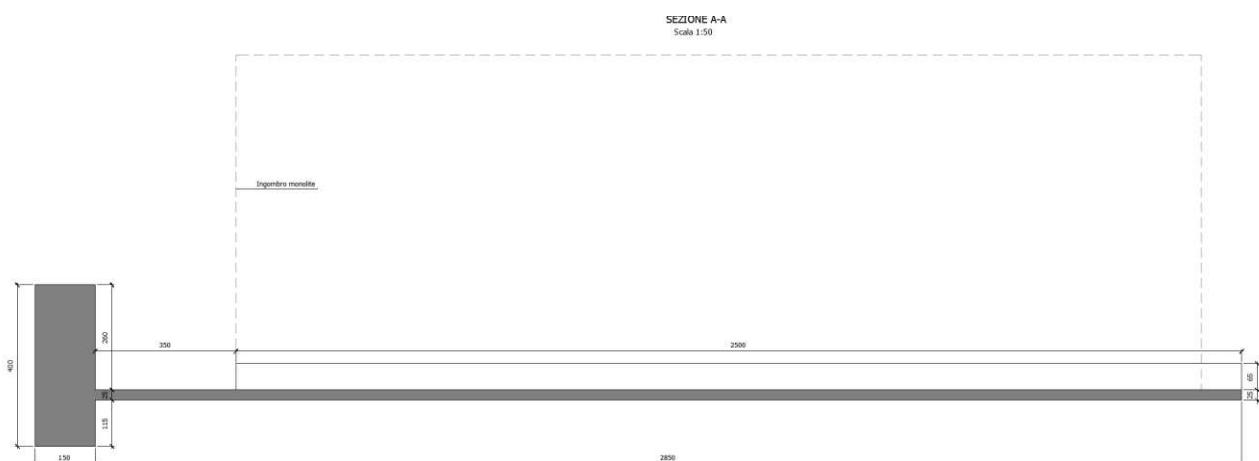
7 APPARATO DI SPINTA PER IL VARO DEL MONOLITE

7.1 Trave di contrasto e platea di varo

Il monolite, analizzato nel capitolo precedente, si compone di una struttura scatolare di larghezza 5.00 m, con solette e ritti di spessore 0.50 m e altezza pari a 4.00 m; complessivamente l'opera è lunga 13.00 m.

Nell'ambito dei lavori di esecuzione dell'intervento si prevedono delle opere provvisionali necessarie per posizionare nella sede corretta nel corpo ferroviario il manufatto costruito fuori sede. Per la fase di spinta vengono previste 4 tratti di paratie di micro pali affiancati di lunghezza 18.m

Oltre a strutture provvisionali di sostegno dell'imbocco alla massicciata ferroviaria, sono necessari una platea di varo e piano per la costruzione fuori sede del manufatto e un muro (trave) di contrasto.



Platea di varo e trave di contrasto

La platea di varo è costituita da una soletta di spessore 25 cm aventi dimensioni in pianta pari a 15.50 x 6.00 m (compresi i cordoli laterali da 30x40 cm).

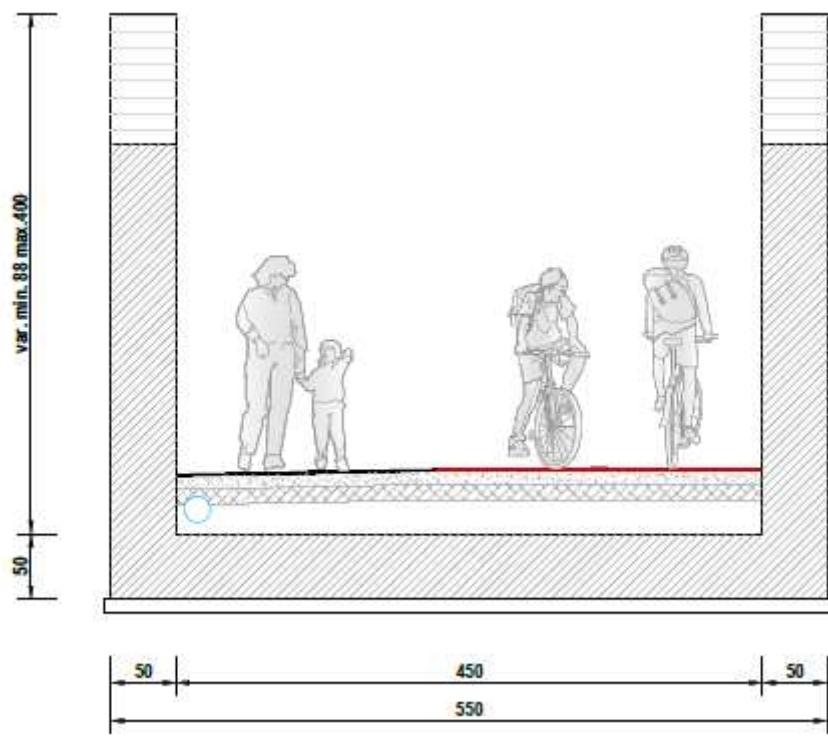
Il muro reggi spinta sarà dimensionato per contrastare la spinta dei martinetti idraulici impiegati per la movimentazione del monolite. Le opere saranno dimensionate nelle prossime fasi progettuali.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN SOTTOPASSO
 CICLOPEDONALE TRA LA ZONA "AZALEE"
 E IL NUOVO PLESSO SCOLASTICO DI VIA CURTATONE
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

8 MANUFATTI A U

I manufatti di imbocco del sottopasso sono costituiti da muri a U realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera. Hanno sezione di larghezza interna netta 14.00 m e altezza dei ritti variabile, con spessori pari a 0.50 m

L'altezza elevazione passa da 4.00m a circa 1.00 m.



Sezione trasversale manufatto a U

8.1 Modello di carico

La verifica dei muri a U viene condotta con programma ad elementi finiti che determina, tenendo conto delle azioni descritte nel seguito, le sollecitazioni massime nei singoli elementi strutturali. Successivamente vengono effettuate le verifiche di sicurezza con il metodo degli stati limiti.

Il modello di calcolo è costituito da un telaio piano che rappresenta una striscia di muro di larghezza unitaria. La soletta ed i montanti sono modellati da elementi trave, posti in corrispondenza della rispettiva linea media. L'elemento trave che rappresenta la soletta di fondazione è considerato poggiante su un suolo elastico con assegnata costante di Winkler.