

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J14D20000010001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Prolungamento sottopasso Via Luciano Ligabò

SL09 - Prolungamento sottopasso di Via Luciano Ligabò
Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 A 2 0 D 2 6 C L S L 0 9 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2022	M. Rigo	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022



INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
4	CARATTERISTICHE MATERIALI	9
5	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1	G00: PESO PROPRIO	10
5.2	G01: SOVRACCARICO PERMANENTE	10
5.3	G02: AZIONE DA RITIRO	11
5.4	Q00: CARICO FERROVIARIO	11
5.5	Q01: AZIONE TERMICA	13
5.6	AZIONE SISMICA	13
6	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	14
7	CONCLUSIONI	16

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 09 00 003	REV. A

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva di opere strutturali relative all'Ingresso Est al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'uscita dell'Autostrada Verona Nord e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Vescovo, per una estensione di circa 9.7 km dall'inizio dello Scalo Cason alla fine della linea AV/AC.

- MODIFICA DI TRACCIATO DELLE LINEE MI-VE STORICA E VR-BRENNERO
- LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA
- NUOVO SCALO IN LOCALITA' CASON
- RACCORDO BIVIO S.MASSIMO – VERONA P.N.
- RACCORDO Q.E. – VERONA P.N.
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA NUOVA
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA VESCOVO

Sono previsti interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e Verona Porta Vescovo.

Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l'allaccio e l'interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l'esistente (viabilità, idrografia, ecc).

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	4 di 16



Figura 1 - Individuazione area d'intervento

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 09 00 003	REV. A	FOGLIO 5 di 16

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

1.1 Normativa di riferimento

La valutazione dell'opera in oggetto è stata realizzata in accordo con le prescrizioni di seguito elencate è conformi alle normative vigenti:

- ✓ Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»
- ✓ Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 11 febbraio 2019, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- ✓ Manuale di progettazione RFI Opere Civili RFI DTC SIM AI FS 001 E e relative parti e sezioni.
- ✓ Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture.
- ✓ Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- ✓ UNI EN 1998-1:2013 – Strutture in zone sismiche – parte 1: generale ed edifici.
- ✓ UNI EN 1998-2:2011 – Strutture in zone sismiche –parte 2: ponti.
- ✓ UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'intorno del quartiere Porto San Pancrazio, è ubicata l'attuale opera di sottovia della linea storica lungo via Ligabò. Tale attraversamento è realizzato mediante due manufatti, affiancati, di luce pari a circa 8 m.

Il primo elemento, lato nord-ovest, presenta uno sviluppo longitudinale pari a 5.65m ed è costituito da un ponte a travi incorporate. Il secondo, invece, affiancato al primo lato sud-est, si sviluppa per circa 18m ed è costituito da una struttura ad arco in muratura.

I due elementi si presentano in retto rispetto alla linea tranne che per la porzione terminale lato sud-est del ponte ad arco che è attraversata da uno scambio che presenta una leggera obliquità (circa 6°).

L'altezza interna netta minima tra il piano di rotolamento e il filo interno superiore è pari a circa 4.25 m. Di seguito vengono riportate alcune immagini e disegni illustrativi dell'opera presa in oggetto per l'analisi.

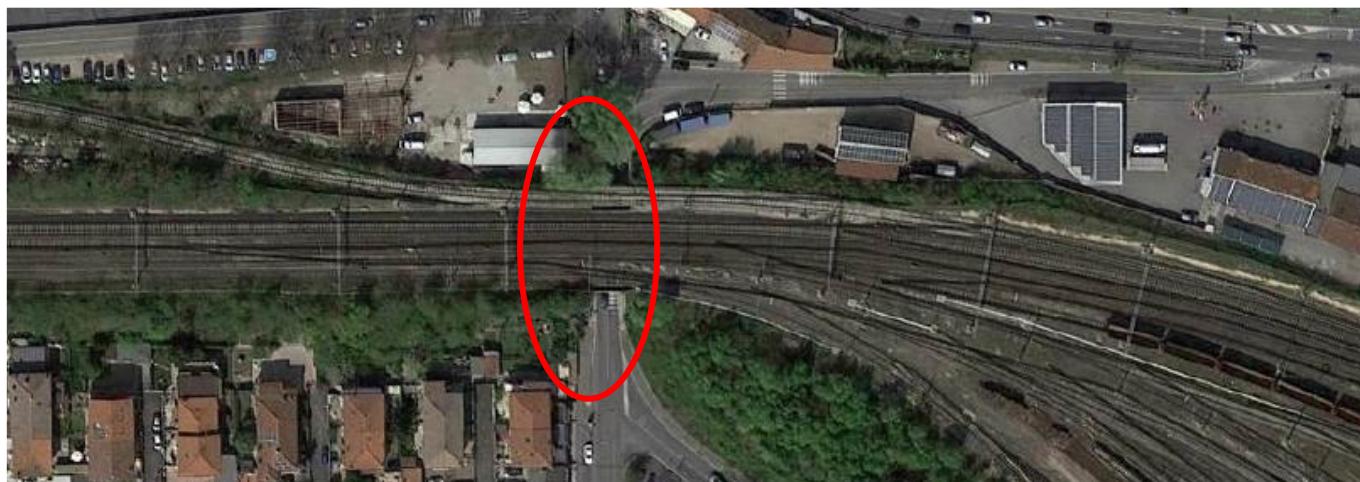


Figura 2 – Inquadramento dell'area interessata dall'opera

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	7 di 16



Figura 3 –Opera in oggetto vista Est



Figura 4 –Opera in oggetto vista Ovest

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	8 di 16

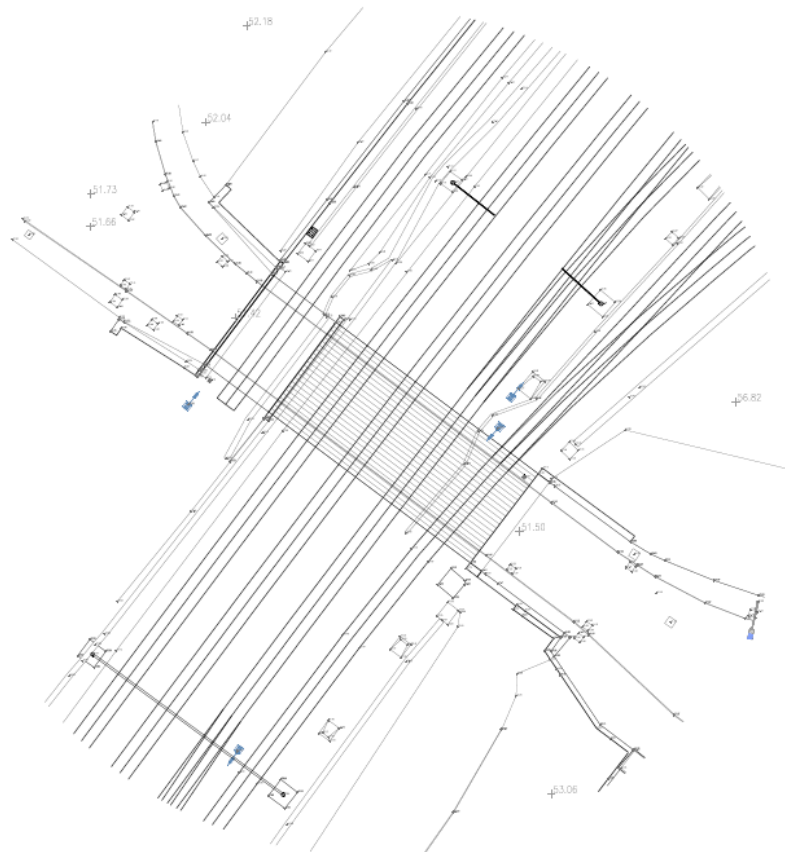


Figura 5 – Rilievo celerimetrico sottovia SL09

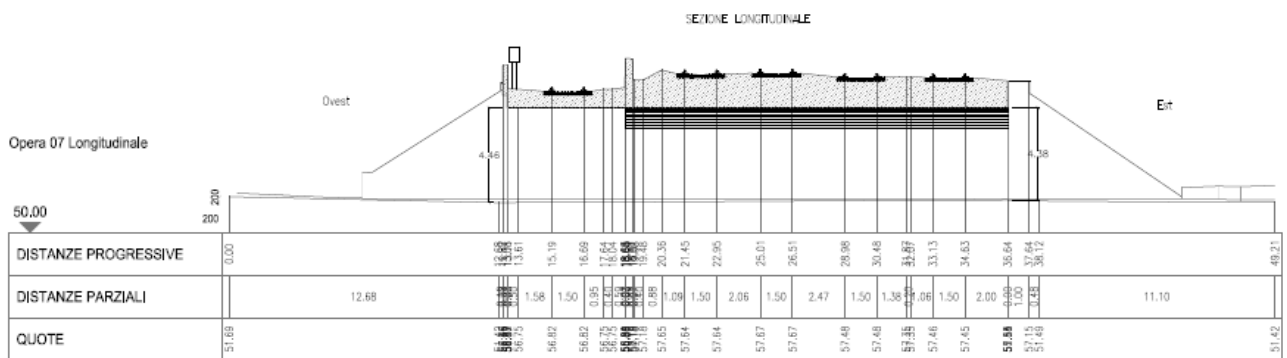


Figura 6 – Sezione longitudinale SL09

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	9 di 16

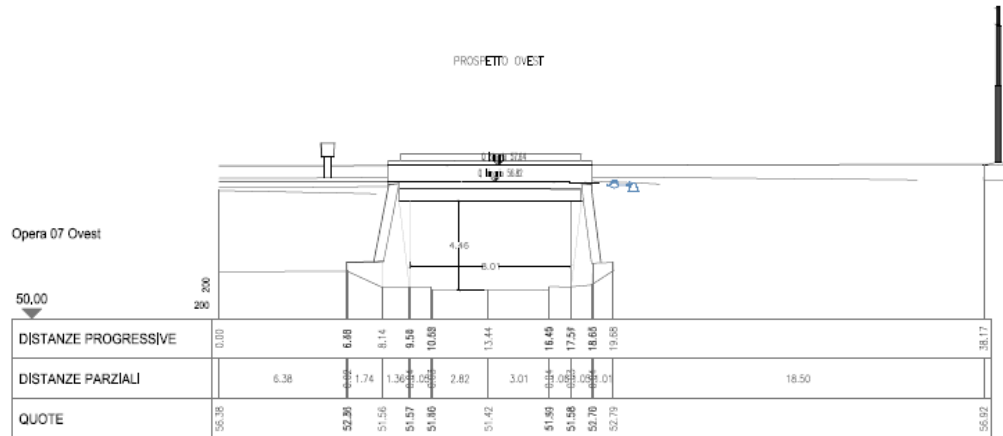


Figura 7 – Prospetto Ovest

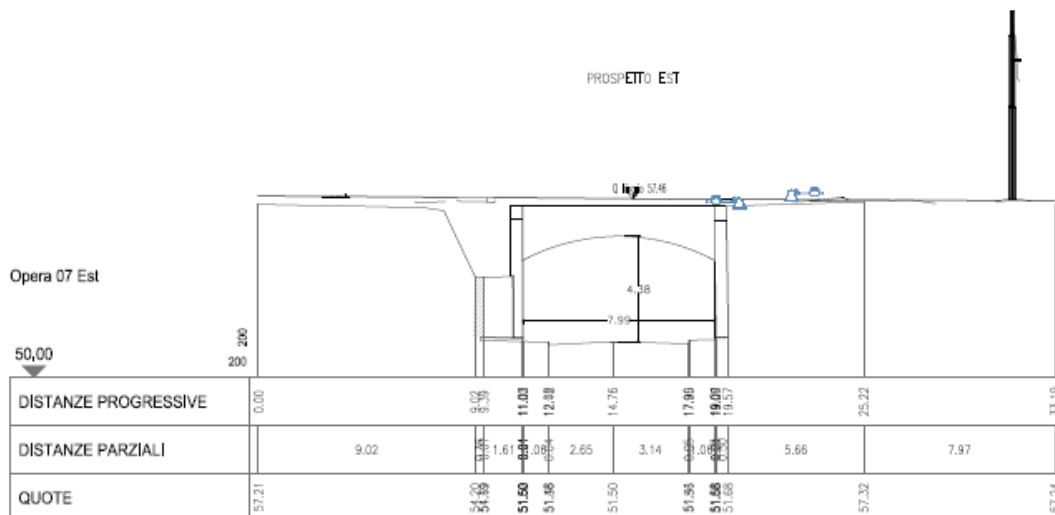


Figura 8 – Prospetto Est

4 CARATTERISTICHE MATERIALI

Dal documento a disposizione, “Relazione risultanze delle indagini alle strutture - TR2848-SD-OA00-PT0-B08 (RFI DTC ICI PO SC 08 17) si sono estrapolate tutte le informazioni possibili per poter effettuare la valutazione dell’opera presa in oggetto.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa con i risultati delle prove effettuate sull’arco in muratura:

Denominazione martinetto	Pressione di esercizio P (MPa)	Pressione massima di prova Pr (MPa)	Modulo di elasticità lineare E (MPa)	Modulo di Poisson ν	Modulo di elasticità tangenziale G (MPa)
MD1	0,12	8,10	2466	0,09	1131
MD2	0,12	8,10	2446	0,09	1124

Tabella 5: Riepilogo martinetti piatti doppi

L'indagine pacometrica ha rilevato assenza di armatura fino a 20 cm di profondità indagata.

Le travi che compongono la soletta sono assimilabili a travi IPE 400, la soletta risulta avere uno spessore di calcestruzzo totale di 55 cm.

5 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente capitolo vengono riportati i carichi agenti sulla calotta del sottovia nello stato attuale in cui si trovano.

5.1 G00: Peso proprio

Il peso proprio degli elementi strutturali viene considerato in funzione della densità del calcestruzzo $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$ e dell'acciaio pari a $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$.

5.2 G01: Sovraccarico permanente

Dagli elaborati a disposizione si evince che sulla calotta agisce il seguente sovraccarico permanente con la seguente stratigrafia:

- Calotta sottovia

MATERIALE	SPESSORE [m]	UNITA' DI VOLUME [kN/m ³]	CARICO [kN/m ²]
Ballast e armamento	0.48	18	8.64
		Tot.	8.64

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	11 di 16

5.3 G02: Azione da ritiro

Considerando che la struttura analizzata risale agli anni '40, l'azione da ritiro si può trascurare, in quanto il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione della calotta del sottovia ha pienamente sviluppato il suo effetto nel corso degli anni.

5.4 Q00: Carico ferroviario

Il carico verticale ferroviario è definito per mezzo di diversi modelli di carico: in particolare sono forniti due treni di carico distinti, il primo rappresentativo del traffico normale LM71, il secondo rappresentativo del traffico pesante SW/2. Questi modelli di carico schematizzano gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e sono descritti nei seguenti schemi riportati di seguito:

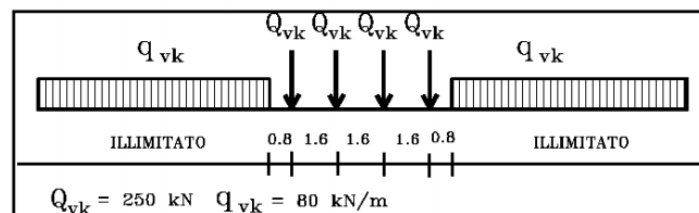
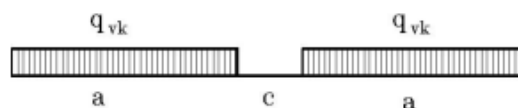


Fig. 1 –Modello di carico LM71



Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 2 –Modello di carico SW

Coefficiente di adattamento α :

I valori dei suddetti carichi relativi alla configurazione LM71 e SW/2 dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento, variabile in ragione della tipologia dell'Infrastruttura (ferrovia ordinaria, ferrovia leggera metropolitana), viene di seguito riportata la tabella con la variabilità del coefficiente in base al tipo di linea o categoria di linea. Per l'opera presa in considerazione si considera un coefficiente adattivo α pari a 1.1 per il modello di carico LM71 e pari a 1.0 per il modello di carico SW/2.

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	12 di 16

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa (α)
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Tabella 1 – Coefficiente di adattamento

In generale, i carichi assiali del modello di carico LM71 possono essere distribuiti uniformemente nel senso longitudinale, al di sotto delle traverse, come indicato nella seguente immagine.

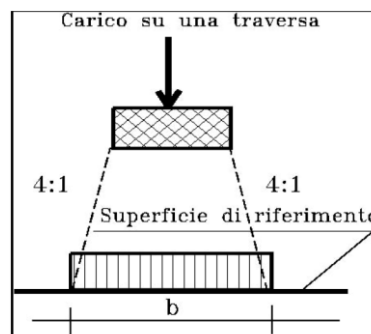


Fig. 3 – Diffusione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

Dove superficie di riferimento è da intendersi la superficie di appoggio del ballast.

Assumendo una lunghezza della traversina pari a 2.60m e un'altezza del ballast sottostante pari a 0.11m, la diffusione longitudinale del carico ferroviario risulta pari a:

$$b=2.60+0.11/4 \times 2=2.655\text{m}$$

Coefficiente dinamico Φ :

Per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli, i valori di carico relativi alla configurazione LM71 e SW/2 dovranno essere ulteriormente moltiplicati per un coefficiente dinamico Φ . Per la struttura oggetto di studio si considera, a favore di sicurezza, il coefficiente dinamico per linee con ridotto standard manutentivo:

$$\Phi_3 = 2.16 / (L_\Phi^{0.5} - 0.2) + 0.73 \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

Considerando una lunghezza L_Φ pari a 10.80m, di conseguenza si ha che il coefficiente dinamico Φ_3 da applicare ai due modelli di carico ferroviario è pari a:

$$L_\Phi = 10.70\text{m}$$

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	13 di 16

$$\Phi_3 = 2.16 / (10.70^{0.5} - 0.2) + 0.73 = 1.43$$

Infine, il carico ferroviario dovuto al modello di carico LM71 e SW/2 risulta pari a:

$$q_{LM71} = 1.10 \times 1.43 \times (250 \times 4) / 6.4 / 2.66 = 92.40 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{SW/2} = 1.00 \times 1.43 \times 150 / 2.66 = 80.64 \text{ kN/m}^2$$

Il carico considerato sulla calotta è quindi pari a **92.40 kN/m²**.

5.5 Q01: Azione termica

Gli effetti dell'azione termica uniforme e differenziale agente sulla calotta non viene considerata in quanto non determinante ai fini della valutazione dell'opera presa in oggetto.

5.6 Azione sismica

L'azione sismica verticale sulla calotta del sottovia è trascurabile, in quanto non rientra nelle prescrizioni descritte nei capitoli §3.2.3 e §7.2.2 delle NTC 2018.

6 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Per la realizzazione del manufatto è prevista la demolizione dell'intero ponte a travi incorporate; le altezze nette dal piano di rotolamento saranno pari alle attuali massime della chiave di calotta. Lo scatolare di prolungamento è interamente realizzato in cemento armato gettato in opera.

L'opera presenta uno sviluppo longitudinale in asse pari a 16,57 m e presenta un ingombro in pianta di 16,57 x 5,25 m.

Il sottopasso non ha nuovi muri, in quanto all'uscita è già presente un muro di sostegno del rilevato ferroviario. Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico esistente e definitivo, dove si evidenziano in rosso i nuovi allineamenti ferroviari previsti da progetto.

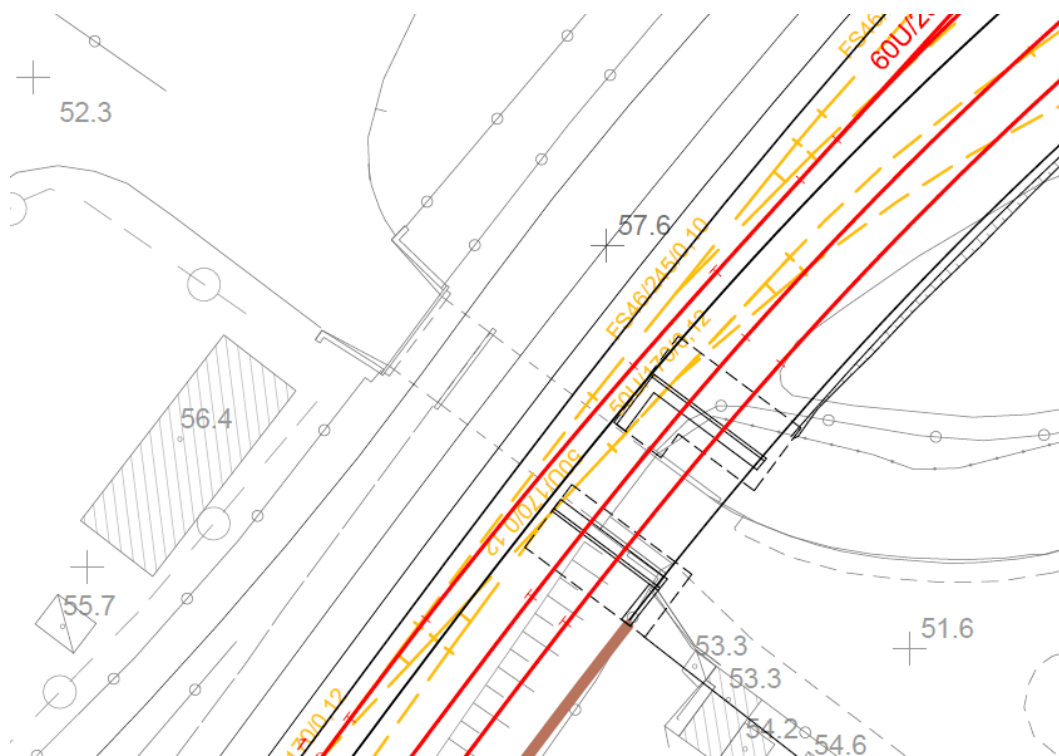


Figura 9 – Planimetria dell'intervento del sottovia ferroviario

Come si nota dalla planimetria, il piano ferro della linea ferroviaria rimane pressochè invariato nell'intervento previsto dal progetto definitivo. Di conseguenza, lo stato sollecitativo agente sulla calotta è paragonabile a quello presente allo stato attuale. Difatti, nello specifico, il carico variabile dovuto al traffico ferroviario graverà su una



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Relazione di calcolo e verifica funzionalità tratto sottopasso esistente

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 26 CL	SL 09 00 003	A	15 di 16

sezione equivalente a quella attuale, quindi con medesime caratteristiche meccaniche e geometriche, visto che la sezione del sottovia è trasversalmente omogenea.

7 CONCLUSIONI

La presente relazione ha per oggetto la valutazione strutturale del sottovia ferroviario SL09. Per quanto descritto nei capitoli precedenti si evincono le seguenti conclusioni:

- Il materiale a disposizione è sufficiente per effettuare una valutazione di massima dello stato sollecitativo della struttura analizzata;
- I carichi predominanti per il sottovia ferroviario sono rappresentati dal sovraccarico permanente portato §0 e dall'azione del carico ferroviario agente sulla calotta §5.4;
- Il progetto definitivo non prevede importanti alterazioni della linea ferroviaria esistente, nell'area d'intervento del sottovia ferroviario; difatti si ha sostanzialmente il mantenimento planimetrico ed altimetrico della tratta ferroviaria. Si può affermare così che lo stato sollecitativo della struttura viene semplicemente mantenuto su una sezione equivalente a quelle attuale, con medesime caratteristiche meccaniche e geometriche, mantenendosi pressochè inalterato rispetto allo stato attuale in cui si trova l'opera in oggetto (fare riferimento al §0).