

**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA E RIFERIMENTI.....	5
3.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE	5
3.2	PONTI STRADALI	5
3.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA.....	6
3.4	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR.....	6
3.5	BARRIERE STRADALI.....	6
3.6	STRADE.....	6
4	GEOLOGIA E GEOTECNICA	7
5	FASI REALIZZATIVE.....	7
5.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	7
6	PARTE STRADALE	8
6.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	8
6.2	TRACCIATO STRADALE	9
6.2.1	Asse principale.....	9
6.2.2	Deviazione provvisoria	14
6.3	BARRIERE DI SICUREZZA	15
6.4	SOVRASTRUTTURA STRADALE	17
7	OPERE D'ARTE	18
7.1	IMPALCATI	18
7.2	SPALLE	19
7.3	VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI.....	20
7.4	GIUNTI.....	20

1 PREMESSA

Nella presente relazione si descrivono le caratteristiche relative alla nuova viabilità riferita al cavalcaferrovia denominato "IV28 – Cavalcaferrovia Tangenziale Sud Brescia Collegamento QBSE/AC" che sovrappassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in corrispondenza della progressiva 107+055,597

La viabilità in progetto è una strada di tipo C2, composta da due corsie di larghezza 3.50 m e da banchine di larghezza pari a 1.25 m.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 9.50m, e da due cordoli esterni larghezza complessiva pari a 2.125m che ospitano un marciapiede.

L'andamento planimetrico dell'opera d'arte è in rettilineo.

Il cavalcaferrovia, costituito da una unica campata, ha una struttura mista acciaio-clc con luce di calcolo 50,4m e lunghezza complessiva (comprensiva del retrotrave) 55,57m.

La struttura portante è costituita da due travi a doppia T a sezione variabile ($h=2,20m$ in corrispondenza delle spalle e $h=3,80m$ in mezzera) che corrono longitudinalmente per l'intero sviluppo dell'impalcato. Il sistema di vincolamento è costituito da isolatori elastomerici.

Le spalle dell'opera sono in conglomerato cementizio armato, e presentano una platea con fondazione su pali di grande diametro ($\Phi 1500$). Le dimensioni in altezza sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche della campata ed il tipo di attraversamento previsto. Le grandezze sono espresse in metri.

	L campata
SpA	54.00
AV-AC	
SpB	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 RO IV 28C 0 001Rev.
AFoglio
4 di 20

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si fa riferimento ai seguenti documenti

<i>DESCRIZIONE</i>	<i>CODICE</i>
<u>IF00 – ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC</u> RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	INOR10EE2P0IF0000001
<u>R188 – RILEVATO COLLEGAMENTO QBSE-AV/AC DA PK 106+304,000 A PK 107+684,000 – PLANIMETRIA DI SECONDO STADIO – TAVOLA 2/3</u>	INOR12EE2P8R18807002
<u>IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA C2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI	INOR11EE24TIV0000001 INOR11EE2BZIV00A5002
<u>IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC km 107+055,597</u> PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONE TRASVERSALE PIANTA TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE PIANTA SCAVI CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 1/2 CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 2/2 CARPENTERIA SPALLA B – TAVOLA 1/2 CARPENTERIA SPALLA B – TAVOLA 2/2 OPERE PROVVISORIALI – SPALLA A – SPALLA B	INOR12EE2P9IV28A0001 INOR12EE2PZIV28A0001 INOR12EE2P9IV28A3001 INOR12EE2P9IV2801001 INOR12EE2BZIV28A6001 INOR12EE2BZIV28A6002 INOR12EE2BZIV28A6003 INOR12EE2BZIV28A6004 INOR12EE2BZIV28A1003
<u>IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> STRADA DI CATEGORIA C2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 1/2 STRADA DI CATEGORIA C2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 2/2 ZONE DI TRANSIZIONE RILEVATO-CAVALCAFERROVIA	INOR11EE2WBIV00C0003 INOR11EE2WZIV00C0002 INOR11EE2WBIV00C0001
<u>IV28 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC km 107+055,597</u> PLANIMETRIA STATO DI FATTO PLANIMETRIA DI PROGETTO PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO PROFILO LONGITUDINALE DIAGRAMMA DI VISUALE LIDETRA E VELOCITÀ SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 4/4 PLANIMETRIA SEGNALETICA PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA E DETTAGLI DEVIAZIONE PROVVISORIA. PLANIMETRIA DI PROGETTO E SEZIONE TIPO DEVIAZIONE PROVVISORIA. PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO DEVIAZIONE PROVVISORIA. PROFILO LONGITUDINALE DEVIAZIONE PROVVISORIA. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/3 DEVIAZIONE PROVVISORIA. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/3 DEVIAZIONE PROVVISORIA. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/3 PLANIMETRIA FASI COSTRUTTIVE	INOR12EE2P7IV2800001 INOR12EE2P7IV2800002 INOR12EE2P7IV2800003 INOR12EE2F7IV2800001 INOR12EE2D7IV2800001 INOR12EE2W9IV2800001 INOR12EE2W9IV2800002 INOR12EE2W9IV2800003 INOR12EE2W9IV2800004 INOR12EE2P7IV280B001 INOR12EE2P7IV280B002 INOR12EE2RIV2808001 INOR12EE2PZIV2808001 INOR12EE2PZIV2801002 INOR12EE2P7IV2801001 INOR12EE2F7IV2801001 INOR12EE2W9IV2801001 INOR12EE2W9IV2801002 INOR12EE2W9IV2801003 INOR12EE2P7IV2801002

3 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Le normative adottate per la progettazione sono elencate di seguito.

3.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004: “Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Luglio 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1:2011 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 1337 Novembre 2001 – “Appoggi Strutturali”.

3.2 Ponti Stradali

- UNI EN 1991-2-1 (Eurocodice 1) – Marzo 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) – Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

3.3 Geotecnica, fondazioni e geologia

- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1536:2010: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”.

3.4 Ulteriori prescrizioni e specifiche tecniche di RFI e ITALFERR

- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: “Manuale di progettazione delle opere civili”;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A: “Capitolato tecnico generale di appalto delle opere civili”.

3.5 Barriere stradali

- D.M. 18 febbraio 1992, n. 223 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223
- Circolare 9 giugno 1995, n. 2595 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223.
- D.M. 15 ottobre 1996 (G.U. n. 283 del 3.12.96) – Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza
- D.M. Min. LL. PP. del 3 giugno 1998 – Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell’omologazione
- D.M. Min. LL. PP. del 11 giugno 1999 – Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante “Aggiornamenti delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza “
- D.M. 2 agosto 2001 (G.U. n. 301 del 29.12.01) – Proroga dei termini previsti dall’art. 3 del D.M. 11 giugno 1999, inerente le barriere stradali di sicurezza
- D.M. 21.06.2004 n. 2367 – Recante le Istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali
- D.M. 28.06.2011 – Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale

3.6 Strade

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.

- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
- Bollettino CNR n. 150 – Norme sull’arredo funzionale delle strade urbane
- D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali
- Regione Lombardia – Regolamento regionale 24 aprile 2006 n.7 – Norme tecniche per la costruzione delle strade

4 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Per quanto riguarda la geologia e la geotecnica del sito di intervento e le relative indagini conoscitive si rimanda alla relazione geologica e geotecnica di progetto.

5 FASI REALIZZATIVE

5.1 Descrizione dell'intervento

La viabilità rimane aperta al traffico per tutta la durata di realizzazione del nuovo cavalcaferrovia di progetto. A tal fine il viene realizzata una deviazione provvisoria e realizzato, accanto al cavalcaferrovia esistente, l'impalcato di progetto; tale impalcato che verrà infine traslato in corrispondenza dell'attuale cavalcavia, una volta demolito e terminata la costruzione delle spalle definitive. A conclusione dei lavori il traffico verrà deviato definitivamente sulla nuova opera.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28C 0 001

Rev.
A

Foglio
8 di 20

6 PARTE STRADALE

6.1 Descrizione dell'intervento

Il nuovo collegamento stradale prevede la realizzazione di un asse stradale di lunghezza pari a 420.0 m secondo una strada tipo C2 (vedi DM 05/11/2001).

Il nuovo tracciato presenta un'unica curva di raggio 960 m mentre l'andamento altimetrico presenta una pendenza massima pari al 2.289%.

La sezione stradale tipo C2 risulta di larghezza pavimentata pari a 9,5 m, costituita da due corsie di 3,50 m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1.25 m. Dal punto di vista altimetrico il tracciato si presenta sempre in rilevato e le scarpate laterali sono previste con una inclinazione pari a 3/2.

Al piede dei rilevati sono previsti fossi di guardia trapezi e due bacini drenanti collocati uno a sud-ovest e uno a sud-est.

L'asse di progetto sovrappassa la nuova linea AV/AC e la linea storica Milano-Venezia in un tratto ove queste si sviluppano in rilevato.

Il tratto centrale dell'asse stradale si sviluppa in viadotto. Il viadotto è a campata unica di lunghezza complessiva pari a 54 m; le caratteristiche geometriche della campata ed il tipo di attraversamento previsto sono riportate nella tabella seguente. Le grandezze sono espresse in metri.

	L campata
SpA	
AV-AC	54.00
SpB	

Una unica campata, di luce pari a 54 m si rende necessaria per lo scavalco della linea AV/AC MI-VR binario dispari e binario pari e della linea storica Milano-Venezia. Il rilevato raggiunge un'altezza massima di circa 10.50 m, compatibile con le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.

All'attacco con la viabilità esistente sono poi previsti tratti di raccordo graduati fra la nuova viabilità e la quella attuale che presenta una larghezza inferiore. Tali raccordi sono stati definiti garantendo le geometrie minime da normativa per quanto riguarda l'allargamento delle corsie di marcia e la deviazione massima della segnaletica orizzontale rispetto agli assi di tracciamento.

Per quanto riguarda, infine, le fasi esecutive si osserva che queste sono state previste in modo che non si debba verificare l'interruzione del traffico veicolare durante le operazioni di cantiere.

Pertanto, verranno eseguite prima le opere non interferenti con l'attraversamento esistente, ovvero la deviazione provvisoria, le spalle provvisorie e l'impalcato, e successivamente realizzata la costruzione delle spalle definitive e delle parti di completamento.

In sintesi, si prevedono 3 macrofasi:

- Fase 1 - esecuzione rilevati viabilità provvisoria
- esecuzione spalle provvisorie e impalcato
 - attivazione del traffico sulla viabilità provvisoria

Fase 2 - attivazione del traffico sulla deviazione provvisoria
- demolizione del cavalcavia esistente, realizzazione delle spalle definitive

Fase 3 - traslazione dell'impalcato dalla posizione provvisoria a quella definitiva
- attivazione della viabilità sulla nuova infrastruttura.
- demolizione delle parti di viabilità e opere provvisorie non più necessarie.

6.2 Tracciato Stradale

6.2.1 Asse principale

Il tracciato stradale è stato definito secondo una sezione trasversale tipo C2 per la quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001 prescrivono un intervallo di velocità di progetto ($60 \div 100$) km/h.

Dal diagramma di velocità si evince che la velocità massima attuabile al fine di soddisfare le verifiche geometriche e di sicurezza tutti gli elementi planimetrici del tracciato è pari a 90 km/h. Tale valore di velocità comporta l'introduzione di un limite amministrativo, ovvero valore oltre il quale non è consentito percorrere l'infrastruttura, pari a 90 km/h; a tale scopo si prevede l'introduzione di opportuna segnaletica verticale. Pertanto, tutte le verifiche sono state condotte con un limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto pari a 100 km/h e sulla base di tale valore sono stati valutati tutti i parametri geometrici con riferimento ai raggi planimetrici, alle clotoidi, ai rettifili, agli allargamenti per la visibilità ed ai raccordi verticali.

Per quanto riguarda la sezione tipo si osserva che la larghezza della sede pavimentata è costantemente pari a 9.5 m, composta da due corsie di larghezza 3.5 m e da banchine di larghezza pari a 1.25 m (sezione tipo C2).

Sul viadotto la sede stradale presenta dei marciapiedi laterali di larghezza pari a 1,65 m. Su tali marciapiedi la larghezza del camminamento, compreso tra il guard-rail e la ringhiera laterale, è pari a circa 0,9 m.

Sul viadotto, pertanto, la sede stradale presenta una larghezza totale comprensiva dei marciapiedi, pari a 14,70 metri.

Si osserva inoltre che nel tratto ove il cavalcavia scavalca la sede autostradale si prevede l'adozione di una barriera di protezione dal lancio di oggetti posta in sommità alle due travi portanti a doppia T a sezione variabile.

Per quanto riguarda la definizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico, si osserva che è stata effettuata in base ai criteri contenuti nel già citato DM 05/11/2001 ed eseguendo le verifiche previste con particolare riferimento al diagramma delle velocità ed alle connesse verifiche di visibilità.

Le verifiche effettuate si riferiscono all'analisi di conformità dei seguenti parametri progettuali.

Caratteristiche planimetriche

(a) *Rettifili*

- lunghezza dei rettifili;

(b) *Curve Circolari*

- raggio minimo delle curve planimetriche;
- lunghezza minima delle curve circolari;

(c) Curve di transizione (clotoidi)

- verifica del parametro di scala (A) degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi) in relazione ai 3 criteri:
 - limitazione del contraccollo;
 - limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata;
 - percezione ottica del tracciato.

Caratteristiche altimetriche*(d) Pendenze longitudinali*

- verifica pendenza longitudinale massima;

(e) Raccordi altimetrici

- verifica raggio minimo dei raccordi verticali concavi e convessi.

Verifica del diagramma delle velocità

La verifica è stata condotta controllando che tra due elementi planimetrici successivi, a curvatura costante, la variazione di velocità rientri nei limiti previsti dal D.M. 05/11/2001.

Verifica delle distanze di visuale libera

La verifica è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera con le distanze di visibilità richieste per l'arresto.

Tabella Tracciato Asse Principale

	Progr. Iniziale	Progr. Finale	R/A	L
Curva Circolare	-20.000	19.443	960	39.443
Clotoide	19.443	126.110	320	106.667
Rettilineo	126.110	420.005	---	293.895

Andamento planimetrico**a) Rettifili****Lunghezza massima dei rettifili**

Secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001 per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano una lunghezza L_r contenuta nel seguente limite:

$$L_r = 22 \times V_{pmax}$$

dove V_{pmax} è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in km/h; pertanto nel caso in studio, ove $V_{pmax} = 1000$ km/h, risulta un valore della lunghezza massima $L_r = 2200$ m.

Nel caso del flesso è possibile inserire un rettilineo di lunghezza non superiore a:

$$L = (A1+A2)/12.5$$

dove A1 e A2 sono i parametri delle clotoidi che si connettono al rettifilo.

b) *Curve circolari*

Raggio minimo delle curve planimetriche

Il minimo raggio planimetrico adottabile va in pratica valutato in base al diagramma delle velocità. In via preliminare, comunque, si può indicare che il valore minimo di tale raggio può essere assunto pari a circa $R = 118$ m corrispondente ad una velocità di progetto di circa 60 Km/h.

Il raggio adottato, maggiore di tale limite, è pari a 960 m, che è sufficiente per garantire ampiamente una $V_{pmax} = 100$ Km/h.

Lunghezza minima delle curve circolari

Secondo la normativa una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.

Lo sviluppo minimo della curva può variare tra 42 m ($V = 60$ Km/h) e 69 m ($V = 100$ Km/h); nel caso in esame essendo la prima curva di progetto l'estensione della curva esistente, lo sviluppo complessivo di curva esistente più curva di progetto è maggiore di tale valore.

c) *Curve di transizione (Clotoidi)*

Verifica del parametro di scala A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

- Limitazione del contraccollo.

$$\text{Criterio 1: } A \geq \frac{V^3}{c-gVR(qf-qi)/c}^{0.5}$$

Per la strada in esame:

$$A \geq 183,1 \quad \text{per} \quad V = 100 \text{ km/h}$$

- Limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata.

$$\text{Criterio 2: } A \geq \frac{R}{\Delta i_{max} \times 100 \times B_i \times (q_i + q_f)}^{0.5}$$

dove:

B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

Δi_{max} = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione;

q_i = pendenza trasversale iniziale in valore assoluto espressa in unità assolute;

q_f = pendenza trasversale finale in valore assoluto espressa in unità assolute;

Per la strada in esame:

$$A \geq 189,5 \quad \text{per} \quad V = 100 \text{ km/h}$$

- Percezione ottica del tracciato:

$$\text{Criterio 3: } R/3 \leq A$$

$$A \leq R$$

Inoltre tra due clotoidi, di parametro $A1$ e $A2$ rispettivamente, che si connettono ad una stessa curva, deve essere soddisfatta la relazione:

$$2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$$

Per la strada in esame il valore del parametro A è pari a 320 e rispetta i tre criteri su esposti.

L'andamento dei cigli stradali è stato definito secondo la figura seguente:

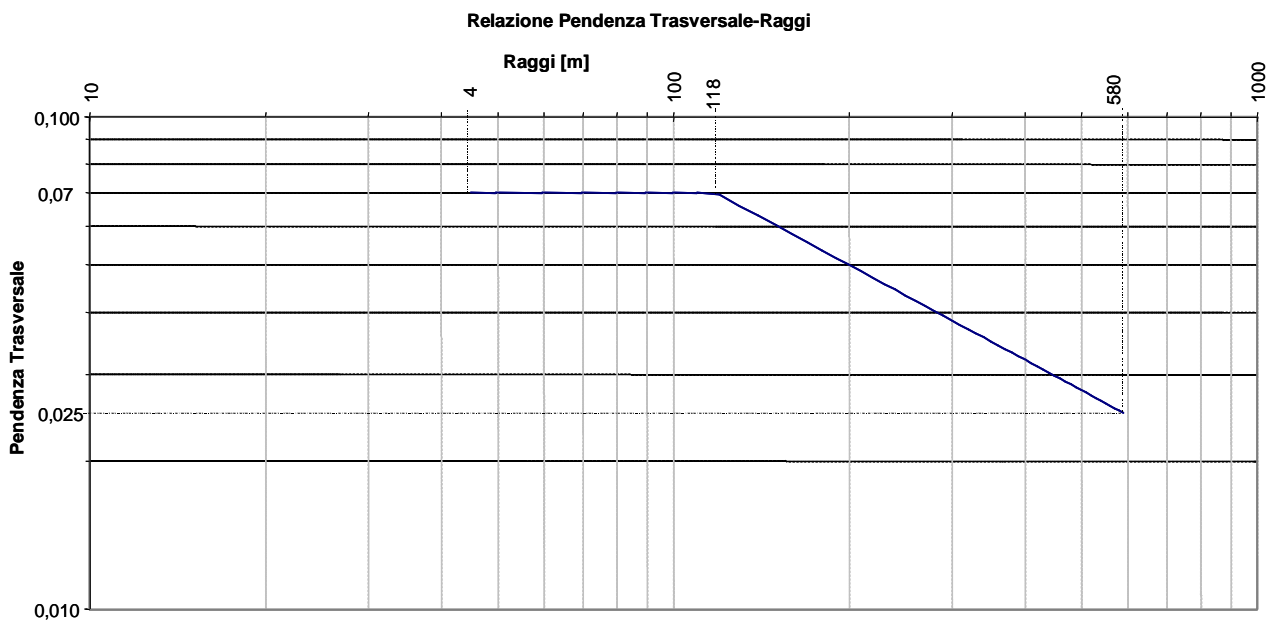


Diagramma di Velocità

Avendo previsto un limite di velocità amministrativo pari a 90 km/h, la massima velocità attuabile è pari a 100 km/h lungo l'intero sviluppo del tracciato.

Verifica delle distanze di visuale libera

Nel presente punto si analizzano le distanze di visuale libera in relazione all'andamento planimetrico mentre le verifiche delle visuali libere in relazione ai raccordi verticali verranno riportate nei paragrafi seguenti. Le verifiche vengono condotte confrontando la distanza di visuale libera disponibile con la distanza richiesta per l'arresto.

Nella tabella successiva si riporta il valore delle distanze di arresto al variare della velocità e della pendenza longitudinale della strada.

V [km/h]	i[%]												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
60	74,25	73,30	72,39	71,52	70,70	69,91	69,16	68,45	67,76	67,10	66,47	65,87	65,29
55	64,63	63,89	63,19	62,52	61,88	61,27	60,68	60,12	59,59	59,07	58,58	58,11	57,65
50	55,94	55,38	54,84	54,33	53,84	53,37	52,93	52,50	52,08	51,69	51,31	50,94	50,59
45	48,10	47,68	47,28	46,89	46,52	46,17	45,83	45,50	45,19	44,89	44,60	44,32	44,05
40	41,00	40,69	40,39	40,11	39,83	39,57	39,32	39,07	38,84	38,61	38,40	38,19	37,98

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28C 0 001

Rev.
A

Foglio
13 di 20

Si rimanda all'elaborato specifico (*Diagramma di visuale libera e velocità - INOR12EE2D7IV2800001*) nel quale è confrontata la distanza di visuale libera disponibile con la distanza richiesta per l'arresto per tutto lo sviluppo del tracciato; da tale elaborato si evince che le verifiche risultano sempre soddisfatte.

Andamento altimetrico

d) Verifica pendenza longitudinale

Per la strada in esame di categoria C2 la massima pendenza longitudinale compatibile con i limiti delle norme è pari a $i = 7\%$.

Tale limite non viene mai raggiunto ed in generale si è costantemente perseguito l'obiettivo di non superare il valore del 5%. Nel caso in esame la massima pendenza longitudinale è pari a circa il 2.289%.

e) Raccordi altimetrici

In progetto per l'asse principale sono previsti 1 raccordo concavo e 3 raccordi convessi. Per il raccordo concavo si è adottato un raggio pari a 2000 m mentre per i raccordi convessi si sono adottati raggi pari a 2000, 7380 e 2000m.

Tali raggi consentono una visibilità sempre superiore alla distanza di arresto avendo assunto $h_1 = 1,10$ m ed $h_2 = 0,10$ m, dove (h_1 ed h_2 costituiscono l'altezza del punto di osservazione del conducente e l'altezza dell'ostacolo).

Non sarà consentita, invece, nel tratto in raccordo convesso la manovra di sorpasso che richiede una visibilità maggiore di quella disponibile.

6.2.2 Deviazione provvisoria

Il tracciato stradale è stato definito secondo una sezione trasversale tipo F2 (Strada Locale in Ambito Extraurbano) per la quale le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001 prescrivono un intervallo di velocità di progetto (40 ÷ 100) km/h.

Per la deviazione provvisoria è stato posto un limite superiore dell’intervallo di velocità di progetto pari a 80 km/h e di conseguenza un limite amministrativo pari a 70 km/h.

Per quanto riguarda la sezione tipo si osserva che la larghezza della sede pavimentata è tipicamente pari a 8.5m, composta da due corsie di larghezza 3.25m e da banchine di larghezza pari a 1.00m (sezione tipo F2); sono altresì presenti allargamenti geometrici per l’iscrizione dei veicoli nelle curve e allargamenti per la visibilità.

Caratteristiche planimetriche

Si riportano qui in seguito le caratteristiche planimetriche della deviazione provvisoria.

Tabella Tracciato Deviazione provvisoria

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<i>R/A</i>	<i>L</i>
Rettifilo	0.000	0.362	---	0.362
Clotoide	0.362	28.773	130	28.411
Arco	28.773	46.979	250	18.206
Clotoide	46.979	62.747	124	15.768
Rettifilo	62.747	63.217	---	0.469
Clotoide	63.217	78.985	124	15.768
Arco	78.985	106.813	250	27.828
Clotoide	106.813	134.213	130	27.401
Rettifilo	134.213	207.508	---	73.295
Clotoide	207.508	234.909	130	27.401
Arco	234.909	260.866	250	25.958
Clotoide	260.866	276.635	124	15.768
Rettifilo	276.635	277.329	---	---
Clotoide	277.329	293.097	124	15.768
Arco	293.097	319.054	250	25.958
Clotoide	319.054	346.455	130	27.401
Rettifilo	346.455	347.502	---	1.047

Caratteristiche altimetriche

In progetto per la deviazione provvisoria sono previsti 1 raccordo concavo e 3 raccordi convessi. Per il raccordo concavo si è adottato un raggio pari a 2000 m mentre per i raccordi convessi si sono adottati raggi pari a 2000, 7380 e 4000m.

6.3 Barriere di sicurezza

Sui bordi delle opere, si prevede di installare barriere di sicurezza che abbiano le seguenti caratteristiche conformi alle disposizioni normative vigenti in materia (D.M. 11 giugno 1999 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”):

- classe di severità adeguata; sulla campata di competenza AC e su quelle adiacenti normalmente si prevede la classe H4 e sul resto dell’opera la classe H3, ma nel tratto in esame la linea ferroviaria è in galleria e quindi sia sulla campata di competenza AC sia su quella di competenza autostradale è prevista la classe H3, così come sulle capate adiacenti;
- la classe delle barriere al limite dell’opera d’arte viene mantenuta anche sul rilevato per almeno 20m;
- sui restanti tratti in rilevato sono previste barriere di classe H2;
- indice ASI: $1 \leq ASI \leq 1.4$;
- omologazione, a seguito di prove d’urto.

In conformità al D.M. LL. PP. 03/06/98, integrato e modificato dal successivo D.M. LL. PP. 11/06/99, una barriera che assolva le proprie funzioni in modo ottimale deve poter reagire, in qualsiasi modalità d’urto, al veicolo collidente in modo da garantire:

- l’invalidabilità, in modo da assicurare la sicurezza di tutto ciò che si trova oltre la struttura di contenimento;
- un graduale rientro in carreggiata del veicolo dopo l’urto, con un angolo di ritorno tale da non arrecare danni agli altri veicoli occupanti la carreggiata;
- le minori decelerazioni possibili per gli occupanti il veicolo, in modo da contenere i danni sia alle persone che al veicolo.

La classificazione delle barriere è attualmente basata sull’energia cinetica posseduta dal veicolo collidente, ed è fornita dalla seguente espressione:

$$L_c = \frac{1}{2} M (v \sin \phi)^2$$

Dove:

L_c = livello di contenimento (kJ);

M = massa del veicolo (t);

v = velocità d’impatto (m/s);

ϕ = angolo di impatto.

Si definisce convenzionalmente indice di severità l’energia cinetica posseduta dal mezzo all’atto dell’impatto calcolata con riferimento alla componente della velocità ortogonale alle barriere. In base alla L_c è possibile classificare la capacità di contenimento delle barriere di sicurezza fornendo una condizione che esula dai materiali utilizzati e dalle caratteristiche di funzionamento, tenendo solo conto dell’efficacia del manufatto. Come già detto la Normativa italiana ha recepito questa classificazione e ha definito 6 classi di efficacia, ognuna delle quali con un L_c minimo; la prima classe (N1), deve resistere ad un impatto con un L_c di almeno 44 kJ mentre la sesta classe (H4) deve tollerare un L_c di almeno 572 kJ.

La scelta delle barriere avviene tenendo conto della loro destinazione e ubicazione, del tipo e delle caratteristiche della strada, nonché di quelle del traffico, che interesserà l’arteria, classificato in ragione dei suoi volumi, della presenza dei mezzi che lo compongono e distinto nei tre tipi seguenti:

- Traffico tipo I: quando $TGM \leq 1000$ con qualsiasi percentuale di veicoli merci o quando $TGM > 1000$ con la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN non sia superiore al 5% del totale;
- Traffico tipo II: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia compresa tra il 5% ed il 15% del totale;
- Traffico tipo III: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia maggiore del 15% del totale.

Per TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi.

La seguente tabella riporta, in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico, e della destinazione della barriera, le classi minime di barriere da impiegare. Si fa riferimento alla classificazione prevista dal Decreto Legislativo 30.4.1992, n° 285 (Nuovo Codice della Strada), e successive modificazioni, per definire la tipologia della strada di progetto.

Relazione strada - traffico - classe della barriera

TIPO DI STRADE	TRAFFICO	DESTINAZIONE		
		a spartitraffico*	b bordo laterale	c bordo ponte
Autostrade (A)	I	H2	H1	H2
Strade extraurbane Principali (B)	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H4
Strade extraurbane secondarie (C)	I	H1	N2	H2
Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E)	I	N2	N1	H2
Strade Locali (F)	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

* ove esistente

Sull'opera d'arte viene prevista una barriera di classe H4, ovvero di classe superiore a quella minima prescritta Normativa, in corrispondenza della campata che scavalca la linea ferroviaria e per le due campate adiacenti. Almeno sui primi 20m di rilevato adiacente all'opera d'arte verrà mantenuta la classe della barriera prevista sulla parte terminale del manufatto poi si passerà ad una barriera di classe H2. È stata comunque garantita, come impone la normativa, la lunghezza minima di installazione delle singole classi delle barriere di sicurezza, anche in considerazione dei necessari collegamenti tra barriere su opera d'arte e barriera di pari classe su rilevato. È prevista l'installazione di terminali di avvio e fine impianto ovvero elementi iniziali e finali delle barriere di sicurezza.

Le barriere di sicurezza da installare sulle opere d'arte dovranno avere una Larghezza di Lavoro massima desumibile dai certificati di omologazione riportanti i risultati dei "crash test" non superiore a 1.65m, così come chiaramente riportato sugli elaborati tipologici relativi al cavalcaferrovia.

L'arredo dell'impalcato viene completato con la disposizione di montanti su cui vengono fissati pannelli in rete metallica. Il pannello superiore viene disposto inclinato di 45° verso l'interno del ponte allo scopo di proteggere le sottostanti sedi ferroviaria e stradale dal lancio di oggetti dal cavalcaferrovia.

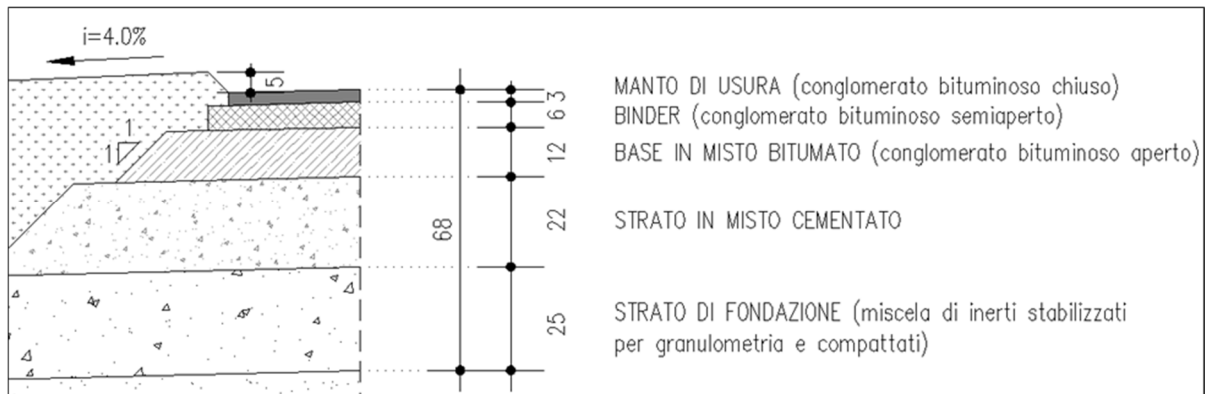
Si rimanda all'elaborato "Planimetria barriere di sicurezza - INOR12EE2P7IV280B002" nel quale sono riportate le progressive e le varie classi previste per l'opera in oggetto.

6.4 Sovrastruttura Stradale

Per l'asse definitivo si prevede una sovrastruttura stradale costituita dai seguenti strati:

- Manto di usura (conglomerato bituminoso chiuso) dallo spessore di 3 cm;
- Binder (conglomerato bituminoso semiaperto) dallo spessore di 6 cm;
- Base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) dallo spessore di 12 cm;
- Strato in Misto cementato dallo spessore di 22 cm;
- Fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) dallo spessore di 25 cm.

Nella figura che segue, si riporta un particolare della pavimentazione stradale in rilevato.

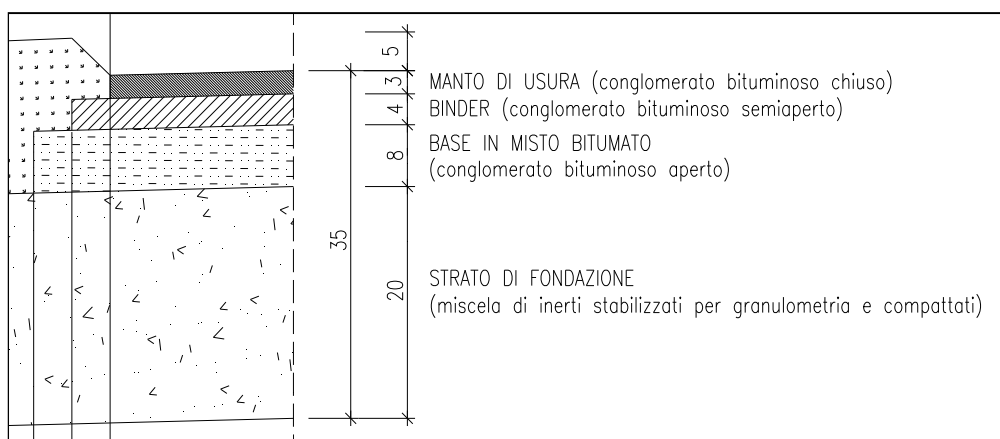


Sull'opera d'arte si prevede una sovrastruttura stradale in conglomerato bituminoso di spessore pari a 12 cm comprensivo dell'impermeabilizzazione (pari ad 1 cm).

Per la deviazione provvisoria si prevede una sovrastruttura stradale costituita dai seguenti strati:

- Manto di usura (conglomerato bituminoso chiuso) dallo spessore di 3 cm;
- Binder (conglomerato bituminoso semiaperto) dallo spessore di 4 cm;
- Base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) dallo spessore di 8 cm;
- Fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) dallo spessore di 20 cm.

Nella figura che segue, si riporta un particolare della pavimentazione stradale in rilevato.



7 OPERE D'ARTE

7.1 Impalcati

L'impalcato, a via di corsa inferiore, è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 2 travi a "doppio T" in acciaio di altezza variabile e soletta in calcestruzzo armato di spessore 0.23m. Le due travi sono collegate all'appoggio ed in campata, da diaframmi a parete piena posti ad interasse di 3.20m.

Tutti i traversi vengono connessi alla soletta mediante piolatura.

Le travi d'acciaio, poste ad interasse di 12.75m, hanno altezza variabile lungo il loro sviluppo longitudinale da un minimo di 2200mm all'appoggio, fino ad un massimo di 3500 mm in mezzeria campata.

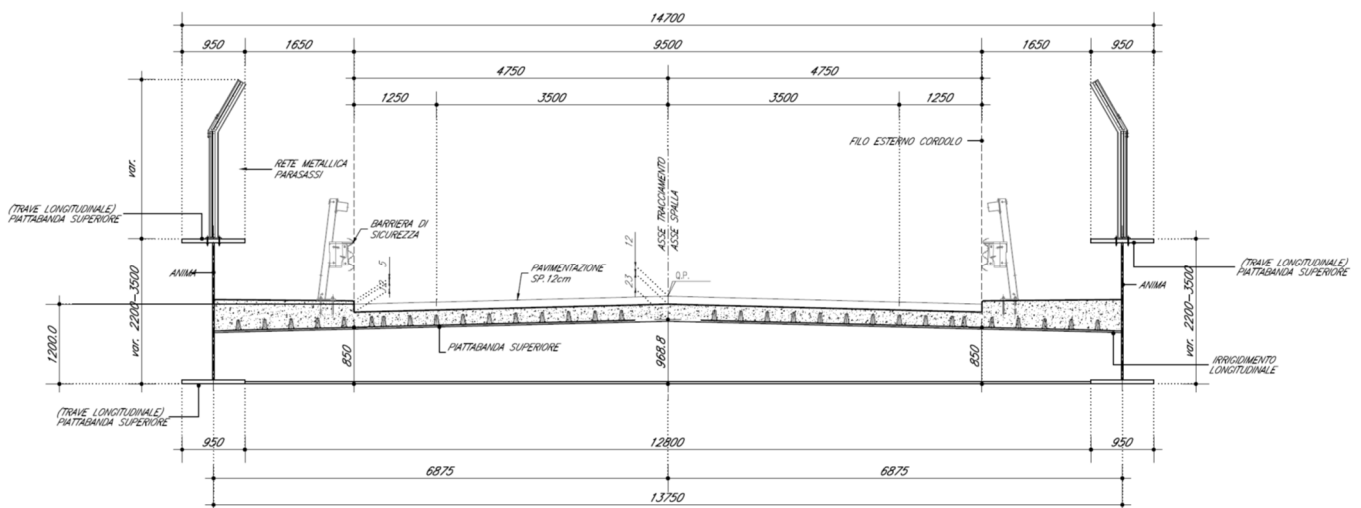


Figura 1 – Sezione trasversale impalcato

7.2 Spalle

Le spalle dell'opera, in conglomerato cementizio armato, sono previste di tipo ordinario. Esse presentano una platea con fondazione su pali di grande diametro ($\Phi 1500$), in numero di 20 per la spalla A e 22 per la spalla B. Tale fondazione è in comune tra la spalla definitiva e quella provvisoria. Una volta traslato l'impalcato nella posizione definitiva, verrà demolita la parte di elevazione delle spalle provvisorie non necessaria al successivo sostegno dei rilevati stradali

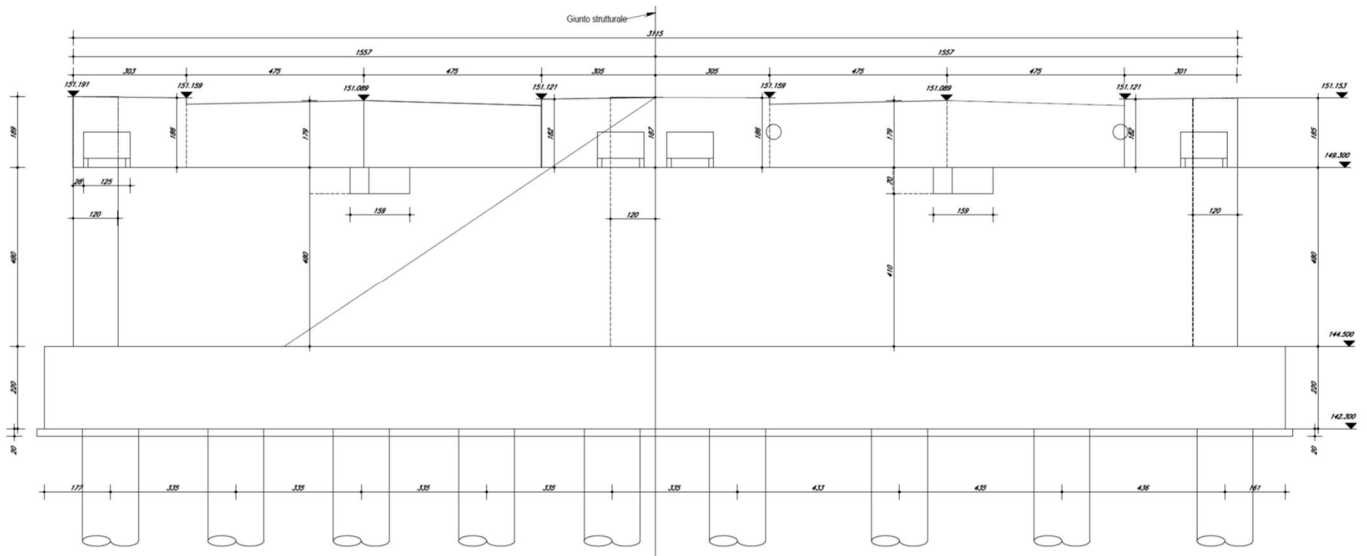


Figura 2 – Vista frontale spalla A definitiva e provvisoria

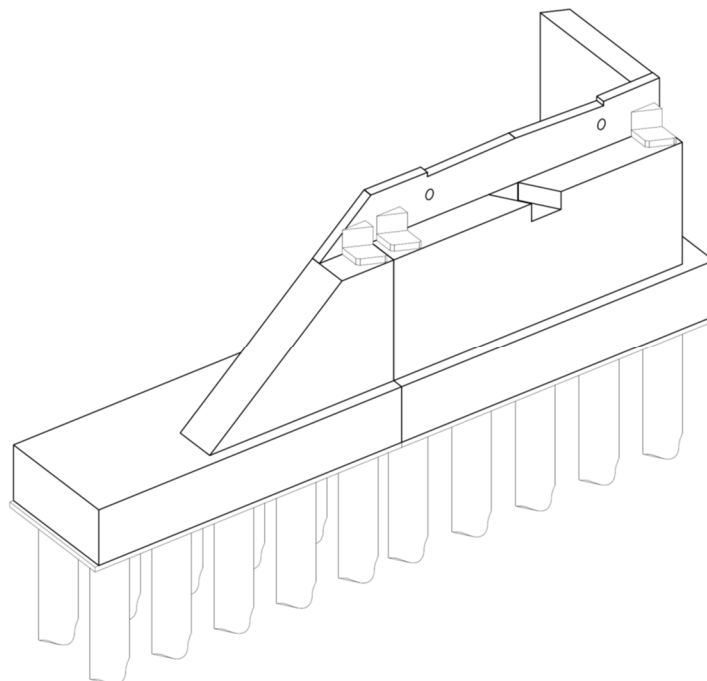


Figura 3 – Vista assometrica spalla A definitiva

7.3 Vincolamento degli impalcati

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidità orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre i dispositivi sono dotati di capacità dissipativa che è determinata dalla mescola elastomera da cui sono costituiti e che è utile a minimizzare gli spostamenti della struttura isolata.

I dispositivi sono progettati affinché resistano senza danneggiarsi all'azione di progetto allo stato limite di collasso e affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo, così come prescritto dalla normativa, mentre gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo. In questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza.

Le caratteristiche dei dispositivi, posti rispettivamente in corrispondenza delle pile e delle spalle, vengono definite adoperando la scelta della rigidità della mescola sulla base di spostamenti ritenuti accettabili per l'opera.

Il fattore che influenza il valore della rigidità traslazionale dei dispositivi è quello del modulo di elasticità tangenziale G . Le mescole elastomeriche ad alto smorzamento di cui sono costituiti i dispositivi di isolamento sono caratterizzate da una sensibile variazione del modulo G al variare della deformazione. In particolare, il valore di G al disotto del 50% della deformazione massima di un dispositivo risulta circa 2.5 volte superiore al valore assunto da G per deformazioni più elevate. Di conseguenza il valore della rigidità traslazionale dei dispositivi in condizioni di esercizio risulta più elevata di quella in condizione sismica.

7.4 Giunti

Si prevedono giunti di dilatazione del tipo in gomma armata, costituiti da elementi piani posti a livello della pavimentazione realizzati in neoprene armato con parti in acciaio.

I giunti sono stati dimensionati, con riferimento alle normative vigenti, per la massima escursione valutata in condizioni statiche e sismiche.