

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA**  
**Lotto funzionale Brescia-Verona**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**IV16 – CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA - PK 108+954,045**  
**Relazione tecnica generale rampe**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due	
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R O	I V 1 6 C 0	0 0 1	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	Cavaliere	08/05/20	Piacentini	08/05/20	Liani	08/05/20	
B								
C								

CIG. 751447334A      File: IN0R12EE2ROIV16C0001A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RO IV 16C 0 001	Rev. A	Foglio 2 di 25
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

**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	Rotatorie .....	15
6.3	BARRIERE DI SICUREZZA .....	20
6.4	SOVRASTRUTTURA STRADALE .....	22
7	OPERE D'ARTE .....	23
7.1	IMPALCATI .....	23
7.2	PILE .....	24
7.3	SPALLE .....	25
7.4	VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI.....	25
7.5	GIUNTI.....	25

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione si descrivono le caratteristiche relative alla nuova viabilità riferita al cavalcaferrovia denominato "Cavalcaferrovia Via Brescia – IV16" che sovrappassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in corrispondenza della progressiva 108+954.045

La viabilità in progetto è una strada di tipo F2, composta da due corsie di larghezza 3.25 m e da banchine di larghezza pari a 1.00 m.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 8.50m, e da due cordoli esterni larghezza complessiva pari a 1.85m che ospitano un marciapiede.

L'andamento planimetrico dell'opera d'arte è in rettilineo ad eccezione della prima campata che è in corrispondenza della seconda clotoide.

Il Cavalcaferrovia, di lunghezza complessiva 265.00m, è costituito da 6 campate con luci variabili da 30.00m a 70.00m.

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 2 travi a "doppio T" in acciaio, di altezza variabile e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore massimo pari a 0.30m. Le due travi sono collegate in campata e su pile e spalle da diaframmi a parete piena posti ad interasse di 5.00m.

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 pile sono a setto continuo in c.a., di spessore 1.20m e larghezza 8.20m e orientate perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato. Si prevede di realizzare le fondazioni delle pile in diaframmi in conglomerato cementizio armato, di spessore 1.20m e larghezza 8.20m.

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

	L campata
SpA	30.00
P1	
AV-AC	35.00
P2	
	45.00
P3	
	45.00
P4	
Autostrada A4	70.00
P5	
	40.00
SpB	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RO IV 16C 0 001Rev.  
AFoglio  
4 di 25

## 2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si fa riferimento ai seguenti documenti

DESCRIZIONE	CODICE
<u>IF00 – ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC</u> RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	INOR10EE2ROIF0000001
RR07 – RILEVATO COLLEG. QBSE-AV/AC DA PK 107+684,000 A PK 109+134,000 – PLANIMETRIA DI PROGETTO – TAVOLA 4	INOR12EE2P8R18700004
<u>IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA F2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI	INOR11EE24TIV0000001 INOR11EE2BZ1V000A5001
<u>IV16 – CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA – PK 108+954,045</u> PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO – TAV. 1/2 PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO – TAV. 2/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI – TAV. 1/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI – TAV. 1/2 PIANTA TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE CARPENTERIA SPALLA A CARPENTERIA SPALLA B CARPENTERIA PILE	INOR12EE2P91V16A0001 INOR12EE2P91V16A0002 INOR12EE2PZ1V16A0001 INOR12EE2PZ1V16A0002 INOR12EE2PZ1V16A3001 INOR12EE2BZ1V16A6001 INOR12EE2BZ1V16A6002 INOR12EE2BZ1V16A4001
<u>IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 1/2 STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 2/2 ZONE DI TRANSIZIONE RILEVATO-CAVALCAFERROVIA SEZIONI TIPO VIABILITA' SECONDARIE. PISTE CICLABILI. PARTICOLARI	INOR11EE2WB1V00C0002 INOR11EE2WZ1V00C0001 INOR11EE2WB1V00C0001 INOR11EE2BZ1V00C9001
<u>IV16 – RAMPE CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA – PK 108+954,045</u> PLANIMETRIA STATO DI FATTO PLANIMETRIA DI PROGETTO PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO. TAVOLA 1/2 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO. TAVOLA 2/2 PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 1/2 PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 2/2 DIAGRAMMA DI VISUALE LIBERA E VELOCITA' ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 4/4 ROTATORIA R1. SEZIONI TRASVERSALI RAMI ROTATORIA R1. SEZIONI TRASVERSALI ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/2 ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/2 RAMI ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI PLANIMETRIA SEGNALETICA PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI TOMBINO SCATOLARE INT068B. CARPENTERIA, ARMATURA E TRACCIAMENTO TOMBINO CIRCOLARE INT0946. CARPENTERIA, ARMATURA E TRACCIAMENTO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE. RELAZIONE ILLUMINOTECNICA E DI CALCOLO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE. PLANIMETRIA E PARTICOLARI COSTRUTTIVI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE. SCHEMI ELETTRICI	INOR12EE2P71V1600001 INOR12EE2P71V1600002 INOR12EE2P71V1600003 INOR12EE2P81V1600001 INOR12EE2F71V1600001 INOR12EE2F71V1600002 INOR12EE2D71V1600001 INOR12EE2W91V1600001 INOR12EE2W91V1600002 INOR12EE2W91V1600003 INOR12EE2W91V1600004 INOR12EE2W91V1600004 INOR12EE2W91V1600005 INOR12EE2W91V1600001 INOR12EE2W91V1600002 INOR12EE2W91V1600003 INOR12EE2P71V160B001 INOR12EE2P71V160B002 INOR12EE2R1V160B001 INOR12EE2PZ1V160B001 INOR12EE2CL1V16C8001 INOR12EE2BZ1V16C8001 INOR12EE2BZ1V16C8002 INOR12EE2R1V160B001 INOR12EE2PZ1V160B001 INOR12EE241V160B001

### 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

Il cavalcavia esistente rimane aperto al traffico per tutta la durata di realizzazione del nuovo cavalcavia di progetto, realizzato accanto ad esso. A conclusione dei lavori il traffico verrà deviato definitivamente sulla nuova opera e si provvederà alla demolizione del vecchio cavalcavia.

In particolare, per permettere la realizzazione della rampa nord, verrà preliminarmente realizzata la viabilità IR39120 collegandola alla rampa nord del cavalcavia esistente sulla quale verrà deviato il traffico, utilizzando in tal modo tale viabilità come deviazione provvisoria.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RO IV 16C 0 001

Rev.  
A

Foglio  
8 di 25

## 6 PARTE STRADALE

### 6.1 Descrizione dell'intervento

Il nuovo collegamento stradale prevede la realizzazione di una viabilità composta, procedendo da nord a sud, da una rotonda di diametro esterno pari a 40.00 m, dall'asse principale di lunghezza pari a 599,654 m e da una ulteriore rotonda di diametro esterno pari a 50.00 m; alle suddette rotonde afferiscono i rami di collegamento alla viabilità esistente, uno per quanto riguarda la prima rotonda e tre per la seconda, mentre alla prima afferisce anche la viabilità IN39120.

L'asse principale presenta una piattaforma stradale di tipo F2 (vedi DM 05/11/2001).

L'asse principale presenta due curve di raggio pari a 160 e 200 m mentre l'andamento altimetrico presenta una pendenza massima pari al 6,20%.

La sezione stradale tipo F2 risulta di larghezza pavimentata pari a 8,5 m, costituita da due corsie di 3,25 m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1 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 per altezze di rilevato superiori ad 1.00 m e 2/1 per altezze inferiori.

Al piede dei rilevati sono previsti fossi di guardia trapezi e tre bacini drenanti, collocati uno all'inizio e uno alla fine dell'asse principale più uno in corrispondenza della spalla nord del cavalcavia.

L'asse di progetto sovrappassa la nuova linea AV/AC in un tratto ove questa si sviluppa in rilevato di altezza pari a circa 2.50 metri e pertanto la livelletta stradale, tenendo conto delle altezze libere da garantire sui binari (6.9 m) e tenendo conto inoltre dello spessore degli impalcati, deve innalzarsi di circa 13m al di sopra del piano campagna.

Il tratto centrale dell'asse stradale si sviluppa in viadotto. Il viadotto è di lunghezza complessiva pari a 265 m e risulta composto dalla successione di campate come mostrato in tabella.

	L campata
SpA	30.00
P1	
AV-AC	35.00
P2	
	45.00
P3	
	45.00
P4	
Autostrada A4	70.00
P5	
	40.00
SpB	

Una campata, di luce pari a 35 m si rende necessaria per lo scavalco della linea AV/AC MI-VR binario dispari e binario pari; una campata di luce pari a 70 m è necessaria per lo scavalco dell'Autostrada A4. Il rilevato raggiunge un'altezza massima di circa 8.50 m, compatibile con le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.

Le due rotatorie, di diametro esterno pari a 40 e 50 m rispettivamente, presentano una carreggiata anulare di larghezza pari a 8,0 m, costituita da una corsia di 6,00 m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1 m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno.

La prima rotatoria, posta a nord, di diametro esterno pari a 40m è ubicata all'inizio dell'asse principale. Su questa rotatoria si innestano, oltre all'asse principale, un ramo di collegamento con la viabilità esistente, la viabilità IN39120 nonché un innesto per l'uscita da una proprietà privata; su tale rotatoria è presente una piazzola tecnica per l'accesso all'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia.

Sulla seconda rotatoria, posta a sud, di diametro esterno pari a 50 m, si innesta l'asse principale; su questa rotatoria sono presenti tre rami di collegamento con la viabilità esistente nonché un innesto per l'accesso all'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia.

All'attacco dei rami di innesto nelle rotatorie 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 in attraversamento sull'autostrada durante le operazioni di cantiere.

Pertanto, verranno eseguite prima le opere non interferenti con l'attraversamento esistente e la successiva costruzione delle parti di completamento.

In sintesi, si prevedono 3 macrofasi:

Fase 1 - esecuzione viabilità IN39120-B e attivazione del traffico su tale viabilità  
- esecuzione opere non interferenti

Fase 2 - attivazione del traffico su quanto realizzato del nuovo asse stradale  
- demolizione del cavalcavia esistente e dei rilevati di accesso

Fase 3 - attivazione della viabilità sulla nuova infrastruttura  
- demolizione delle parti di viabilità esistente non più necessarie.

## 6.2 Tracciato Stradale

### 6.2.1 Asse principale

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.

Le caratteristiche geometriche delle viabilità in progetto risultano condizionate dalle caratteristiche antropiche presenti sul territorio (strade esistenti, confini di proprietà, ecc.). Il tratto stradale in progetto si configura infatti come intervento di "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti". Il progetto è stato quindi sviluppato coerentemente con quanto previsto dal D.M. n.67/S del 22.04.2004, che modifica le "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" (D.M. 5/11/2001). Secondo quanto stabilito da questa modifica, per l'adeguamento di strade esistenti le Norme citate (D.M. 5/11/2001) non sono cogenti, ma rappresentano solo un riferimento a cui tendere.

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 50 km/h. Tale valore di velocità è da intendersi come limite amministrativo, ovvero valore oltre il quale non è consentito percorrere l'infrastruttura, 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 60 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 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 due curve dell'asse principale e nel ramo est della rotonda sud.

Nei tratti in viadotto la sede stradale presenta dei marciapiedi laterali di larghezza pari a 1.66m. Su tali marciapiedi la larghezza del camminamento, compreso tra il guard-rail e la ringhiera laterale, è pari a circa 0.96 m.

Nei tratti in viadotto, pertanto, la sede stradale presenta una larghezza totale comprensiva dei marciapiedi, pari a 12.2 metri.

Si osserva inoltre che nei tratti ove il viadotto scavalca la sede autostradale e la ferrovia si prevede l'adozione di una barriera parasassi da disporsi in sostituzione del parapetto metallico.

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 contraccolpo;
  - 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*

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<i>R/A</i>	<i>L</i>
<b>Rettifilo</b>	0.000	31.915	---	31.915
<b>Clotoide</b>	31.915	60.815	68	28.900
<b>Arco</b>	60.815	122.944	160	62.129
<b>Clotoide</b>	122.944	151.844	68	28.900
<b>Rettifilo</b>	151.844	406.422	---	254.578
<b>Clotoide</b>	406.422	432.342	72	25.920
<b>Arco</b>	432.342	599.654	200	167.312

*Tabella Tracciato Ramo R2E*

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<i>R/A</i>	<i>L</i>
<b>Rettilineo</b>	0.000	0.318	---	0.318
<b>Curva Circolare</b>	0.318	44.469	76	44.151
<b>Clotoide</b>	44.469	108.942	70	64.474
<b>Rettilineo</b>	108.942	109.042	---	0.100

*Tabella Tracciato Ramo R2S*

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<i>R/A</i>	<i>L</i>
<b>Rettilineo</b>	0.000	46.204	---	46.204

**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  $V_{pmax} = 60$  km/h, risulta un valore della lunghezza massima  $L_r = 1320$  m.

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

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

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

Nel caso in esame non sono presenti flessi.

### b) *Curve circolari*

#### Raggio minimo delle curve planimetriche

Il minimo raggio planimetrico adottato è compatibile con il diagramma delle velocità.

#### 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 39 m (V = 56 Km/h) e 41 m (V = 60 Km/h); nel caso in esame gli sviluppi delle curve sono maggiori di tali valori.

### c) *Curve di transizione (Clotoidi)*

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

- Limitazione del contraccollo.

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

Per la strada in esame:

$$A \geq 31,0 \quad \text{per} \quad V = 40 \text{ km/h}$$

$$A \geq 47,1 \quad \text{per} \quad V = 50 \text{ km/h}$$

$$A \geq 66,9 \quad \text{per} \quad V = 60 \text{ km/h}$$

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

$$\text{Criterio 2: } A \geq \sqrt[3]{R/\Delta i_{max} \times 100 \times B_i \times (q_i + q_f)}^{0.5}$$

dove:

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

$\Delta i_{max}$  = 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;

- Percezione ottica del tracciato:

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

$$A \leq R$$

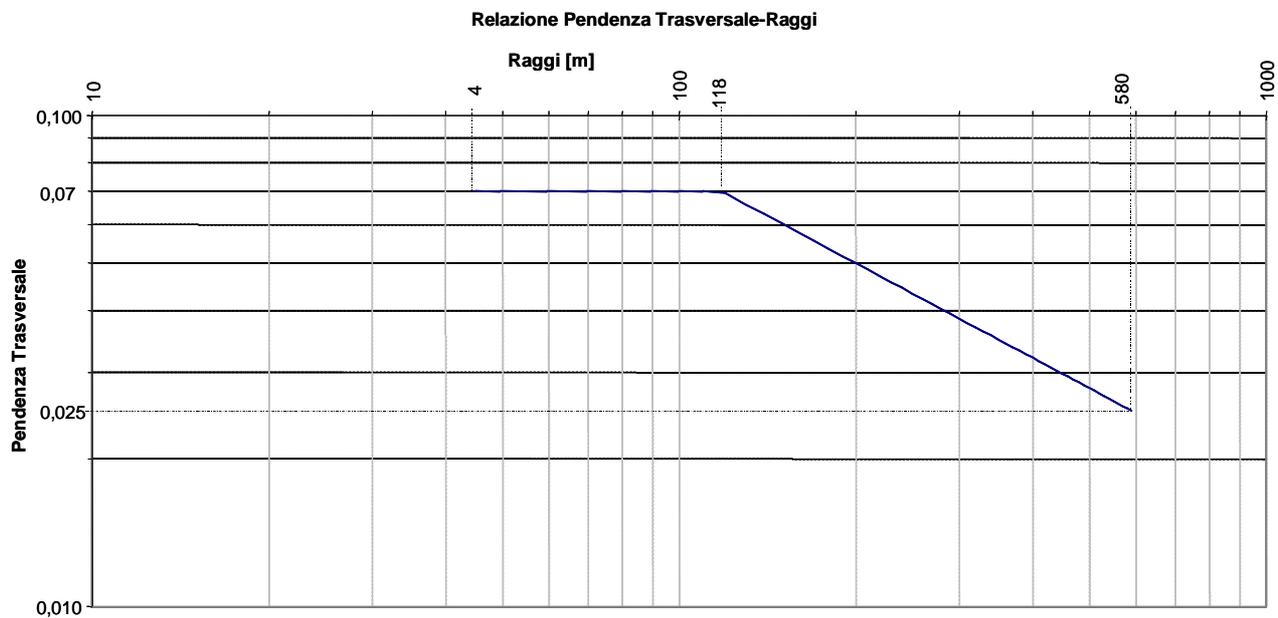
Inoltre, tra due clotoidi, di parametro  $A1$  e  $A2$  rispettivamente, che si connettono ad una stessa curva, deve essere soddisfatta la relazione:

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

Per la strada in esame i valori del parametro  $A$  variano da 68 a 72 e rispettano sempre i tre criteri su esposti.

Per quanto infine riguarda l'andamento dei cigli è importante osservare che la deroga della velocità massima di progetto comporta una definizione della pendenza trasversale della strada diversa da quanto indicato nell'abaco riportato nella fig. 5.2.4.a della normativa che comporterebbe un'errata compensazione delle azioni centripete.

In analogia, pertanto, ai criteri adottati nella stessa normativa, l'andamento dei cigli stradali è stato definito secondo la figura seguente:



### Diagramma di Velocità

Avendo previsto un limite di velocità amministrativo pari a 50 km/h, la massima velocità attuabile è pari a 60 km/h lungo l'intero sviluppo del tracciato.

Nella parte iniziale e finale del tracciato il diagramma evidenzia una diminuzione della velocità dovuta alla presenza delle rotonde.

### 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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RO IV 16C 0 001Rev.  
AFoglio  
14 di 25

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

Si rimanda all'elaborato specifico (*Diagramma di visuale libera e velocità - INOR12EE2D7IV1600001*) 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 F2 la massima pendenza longitudinale compatibile con i limiti delle norme è pari a  $i = 10\%$ .

Tale limite non viene mai raggiunto ed in generale si è costantemente perseguito l'obiettivo di non superare il valore del 7%. Nel caso in esame la massima pendenza longitudinale è pari a circa il 6.20%.

#### *e) Raccordi altimetrici*

In progetto per l'asse principale sono previsti 2 raccordi concavi ed 1 raccordo convesso. Per i raccordi concavi si sono adottati raggi pari a 1000 e 1530 m mentre per il raccordo convesso si è adottato un raggio pari a 1360 m.

Per il ramo R2E sono previsti due raccordi concavi e un raccordo convesso. Per i raccordi concavi si sono adottati raggi di 500 e 1500 m mentre per il raccordo convesso si è adottato un raggio pari a 500 m.

Per il ramo R2E sono previsti un raccordo concavo e un raccordo convesso. Per il raccordo concavo si è adottato un raggio pari a 615 m mentre per il raccordo convesso si è adottato un raggio pari a 290 m.

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 Rotatorie

Relativamente alle due intersezioni a rotatoria si è fatto riferimento alla normativa emanata dalla Regione Lombardia – legge regionale 24/4/2006 n.7 – e più precisamente all’Allegato 2 alla suddetta legge regionale dal titolo “Progettare le zone di intersezione”.

Vengono in seguito riportate anche le verifiche, in particolare quelle di deviazione, rispondenti alla normativa nazionale - D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

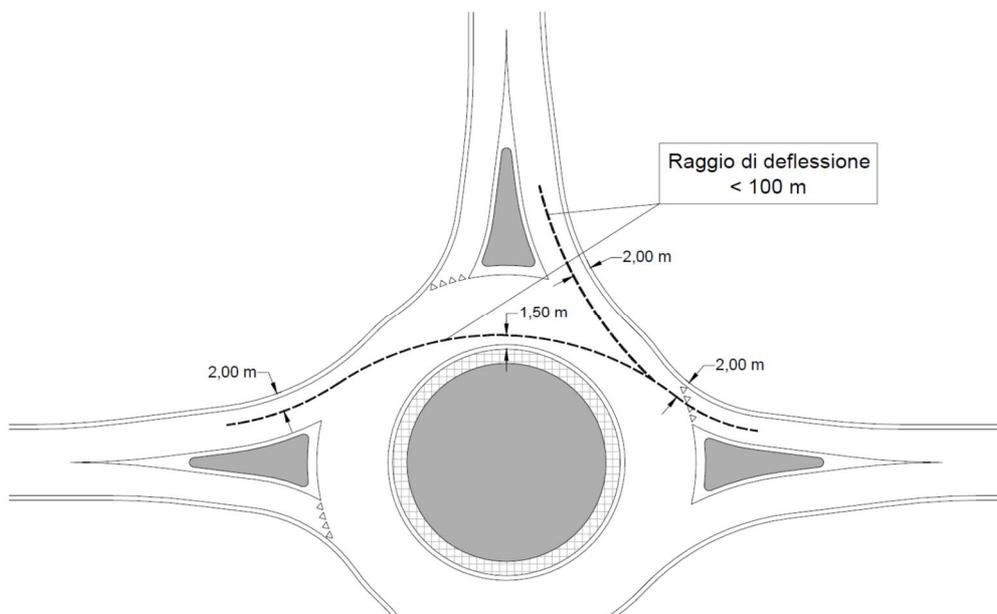
Le verifiche geometriche delle rotatorie considerano il controllo dell’ammissibilità di varie grandezze geometriche quali diametro esterno, larghezza della corona circolare, larghezza delle corsie di ingresso e di uscita, corretto tracciamento delle isole spartitraffico ecc.; si riporta di seguito la tabella riepilogativa di tali grandezze.

	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	$D_e$	$D_e \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	> 50
Raggio giratorio esterno	$R_{ge}$	$D_e/2$	7÷9	9÷13	13÷25	> 25
Raggio giratorio interno	$R_{gi}$	$R_{gi} - l_a$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell’anello	$l_a$	$7 \text{ m} \leq l_a \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	$l_{is}$	$0 \leq l_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d’entrata	$R_e$	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10÷13	10÷25	10÷ $D_e/2$
Larghezza corsia entrante	$l_e$	$4 \text{ m} \leq l_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq l_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d’uscita	$R_u$	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15÷30
Larghezza corsia uscita	$l_u$	$4,5 \text{ m} \leq l_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq l_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	$R_r$	$2 \times D_e$	28÷36	36÷52	52÷100	> 100

La verifica più significativa e con più ripercussioni sulla sicurezza dell’utenza che impegna la rotatoria è quella che considera la “deflessione” della traiettoria che un veicolo che attraversa l’intersezione è costretto a percorrere: da questo parametro discende l’abbattimento della velocità di attraversamento dell’anello da parte dei veicoli.

Per quanto riguarda la normativa lombarda, essa definisce “(...) deflessione di una traiettoria il raggio dell’arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell’isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d’entrata e d’uscita, siano esse adiacenti o opposte (...)” e prescrive di “(...) verificare l’ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita. Tale raggio deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie “più tese” non potranno essere superiori a 50 km/h (...)”.

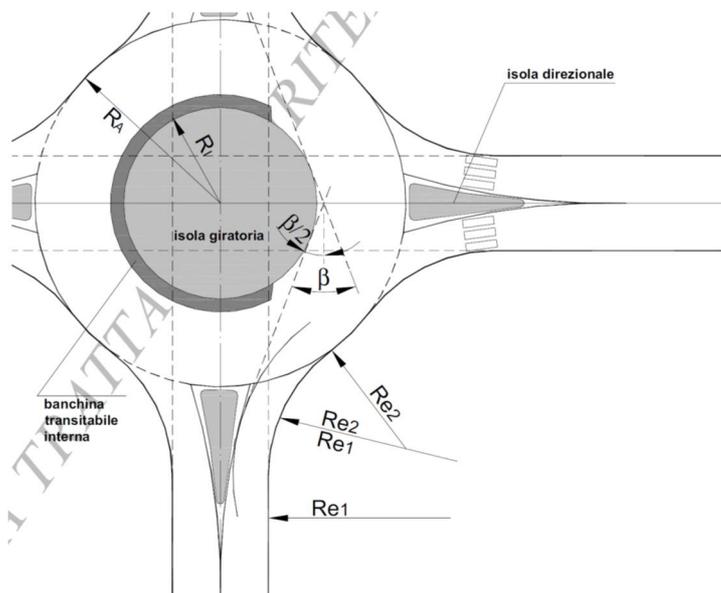
Quanto riportato stabilisce quindi di identificare la traiettoria più “tesa” per le manovre di attraversamento e di svolta a destra e che i raggi di curvatura di tali traiettorie siano tali da imporre, per tali manovre; una velocità non superiore a 50 km/h. Si riporta di seguito lo schema presente in normativa che illustra quanto descritto.



Schema deflessione (da Allegato 2 legge regionale 24/4/2006 n.7).

Per quanto riguarda la normativa nazionale, essa prescrive quanto segue: “La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell’angolo di deviazione  $\beta$  (vedi Figura 11) Per determinare la tangente al ciglio dell’isola centrale corrispondente all’angolo di deviazione  $\beta$ , bisogna aggiungere al raggio di entrata  $Re$ , 2 un incremento  $b$  pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell’angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^{\circ}$ ”.

Si riporta di seguito lo schema presente in normativa che illustra quanto descritto.



Schema deflessione (da D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali).

### Rotatoria R1

La rotatoria posta a nord permette il collegamento tra il nuovo tracciato e la viabilità esistente; in dettaglio, si tratta di una rotatoria a 3 rami: a sud-est si innesta la nuova viabilità di progetto, a nord-ovest si innesta la viabilità esistente (via Brescia), a nord-est si innesta la viabilità IN39120; sono inoltre presenti a nord un innesto per l'uscita da una proprietà privata e a sud-ovest una piazzola tecnica per l'accesso all'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia.

La rotatoria, di diametro esterno pari a 40m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 8,0 m costituita da una corsia di 6,00m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno.

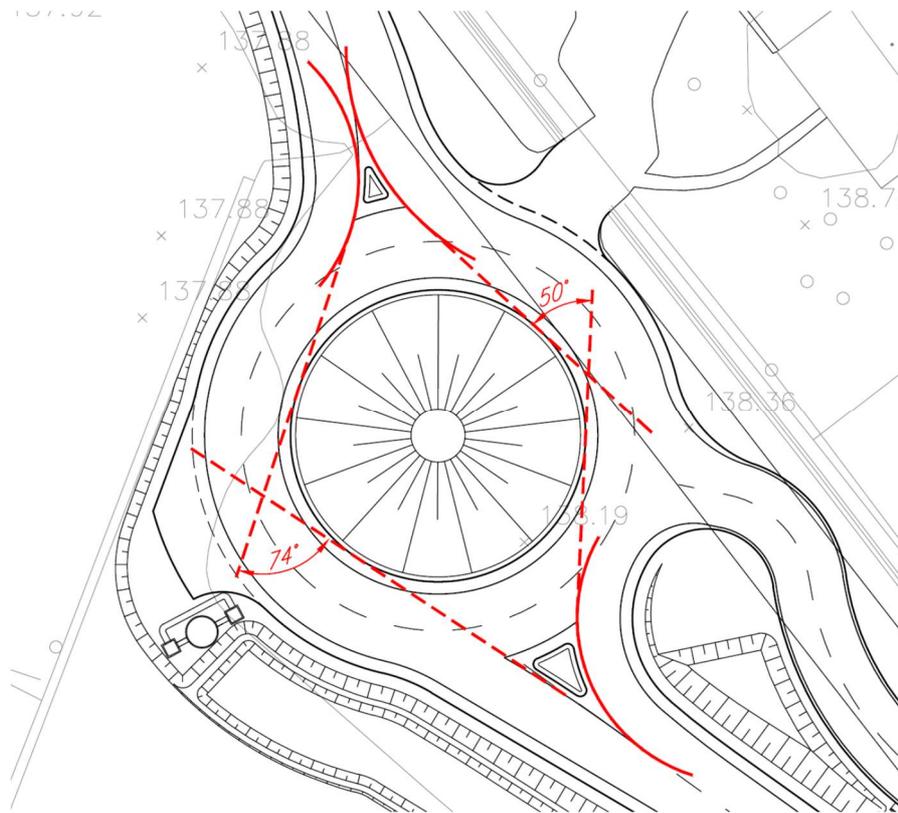
### Verifica geometrica

La rotatoria, di diametro esterno pari a 40m, rientra nella tipologia delle rotatorie compatte (diametro compreso tra 26 e 50m). Tutte le geometrie caratteristiche rispettano quanto prescritto per tale tipologia.

### Verifica di deflessione

Si riporta di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per la rotatoria nord prescritte dalla normativa nazionale per le traiettorie di attraversamento.

In particolare, in tale schema sono rappresentati gli angoli di deviazione; per ciascun braccio di immissione i valori dell'angolo di deviazione  $\beta$  ( $50^\circ$  e  $74^\circ$ ) sono superiori ai  $45^\circ$  previsti dalla normativa.



*Rotatoria Nord. Schema grafico delle verifiche di deflessione (da D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali).*

**Rotatoria R2**

A sud è prevista una rotatoria che consente il collegamento tra il nuovo tracciato e la viabilità esistente; in dettaglio, si tratta di una rotatoria a cinque rami: a nord-ovest si innesta la nuova viabilità di progetto, a sud e a est si innesta la viabilità esistente (via Brescia), a ovest si innesta il ramo di collegamento con via Santa Giulia mentre a nord è presente un innesto per l'accesso all'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia

La rotatoria di diametro esterno pari a 50m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 8,0 m costituita da una corsia di 6,00m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno.

**Verifica geometrica**

La rotatoria, di diametro esterno pari a 50m, rientra nella tipologia delle rotatorie compatte (diametro compreso tra 26 e 50m). Tutte le geometrie caratteristiche rispettano quanto prescritto per tale tipologia.

**Verifica di deflessione**

Si riporta di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per la rotatoria sud prescritte dalla normativa nazionale per le traiettorie di attraversamento.

In particolare, in tale schema sono rappresentati gli angoli di deviazione; per ciascun braccio di immissione i valori dell'angolo di deviazione  $\beta$  ( $45^\circ$  e  $109^\circ$ ) sono superiori ai  $45^\circ$  previsti dalla normativa.



*Rotatoria Sud. Schema grafico delle verifiche di deflessione (da D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali).*

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

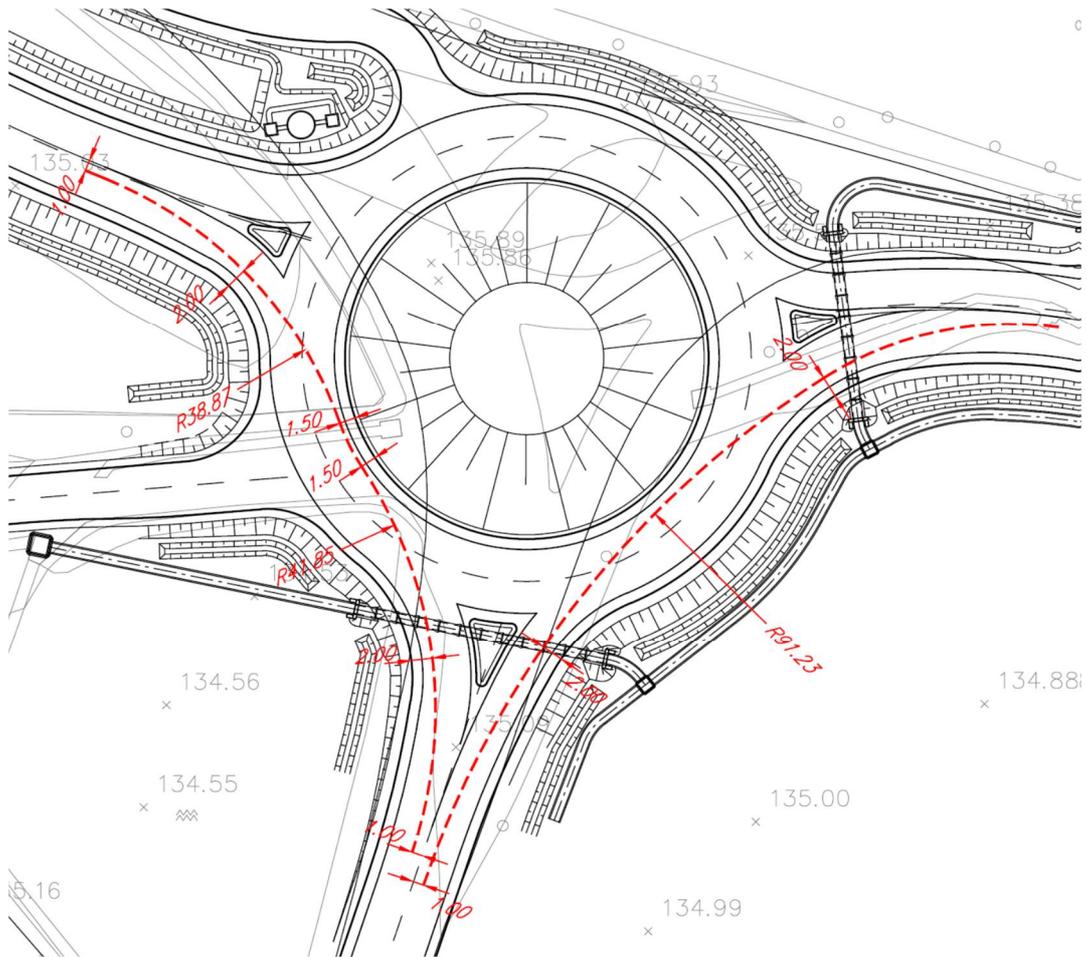
Codifica Documento  
E E2 RO IV 16C 0 001

Rev.  
A

Foglio  
19 di 25

Si riporta di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per la rotatoria sud prescritte dalla normativa lombarda.

In particolare, in tale schema sono rappresentate le traiettorie più significative ovvero quelle di svolta a destra; i raggi di deflessione ( $R=38.87\text{m}$ ,  $41.85\text{m}$  e  $R=91.23\text{m}$ ) sono inferiori a  $R=100.00\text{m}$  previsto dalla normativa.



*Rotatoria Sud. Schema grafico delle verifiche di deflessione per le traiettorie di svolta a destra.*

### 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);

$\phi$  = 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:

1. 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;
2. 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;
3. 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
Strade extraurbane secondarie (C)	III	H3-H4	H2-H3	H4
Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
Strade urbane di quartiere (E)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade Locali (F)	I	N2	N1	H2
	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. Per le restanti campate, si prevede l'installazione di barriere di sicurezza di classe H3.

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; pertanto nel caso di insufficiente lunghezza delle opere d'arte si garantisce la lunghezza minima di installazione impiegando sul rilevato la medesima classe di barriera presente sull'opera.

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 cavalcavia.

L'arredo dell'impalcato viene completato con la disposizione di montanti su cui vengono fissati pannelli in rete metallica per un'altezza complessiva pari a 3.1 m. 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.

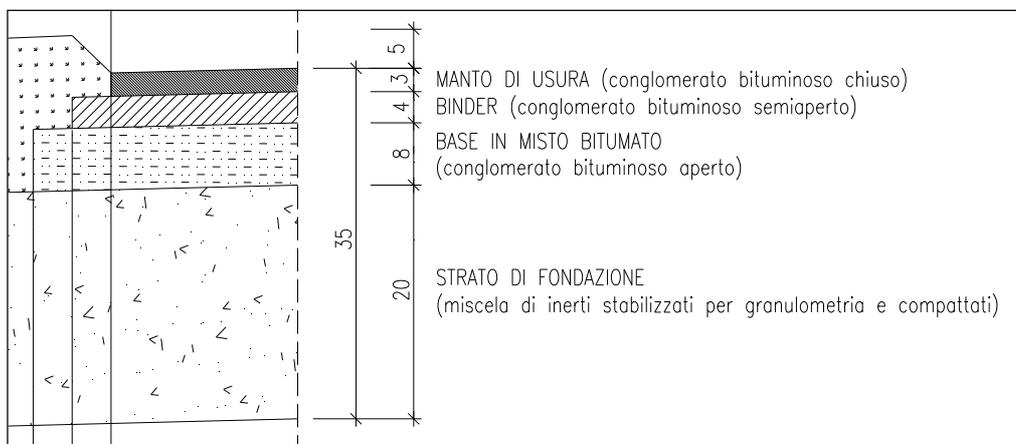
Si rimanda all'elaborato "Planimetria barriere di sicurezza - INOR12EE2P7IV160B002" nel quale sono riportate le progressive e le varie classi previste per l'opera in oggetto.

#### 6.4 Sovrastruttura Stradale

Per i tratti in rilevato 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.



Sull'opera d'arte si prevede una sovrastruttura stradale in conglomerato bituminoso di spessore pari a 10 cm comprensivo dell'impermeabilizzazione (pari ad 1 cm).

## 7 OPERE D'ARTE

### 7.1 Impalcati

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 2 travi a "doppio T" in acciaio, di altezza variabile e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore massimo pari a 0.30m. Le due travi sono collegate in campata e su pile e spalle da diaframmi a parete piena posti ad interasse di 5.00m.

Tutti i traversi vengono connessi alla soletta in corrispondenza dei cordoli laterali mediante piolatura.

Le travi d'acciaio hanno altezza variabile lungo il loro sviluppo longitudinale da un minimo di 1500 mm sulle campate ad un massimo di 3500 mm sulle pile.

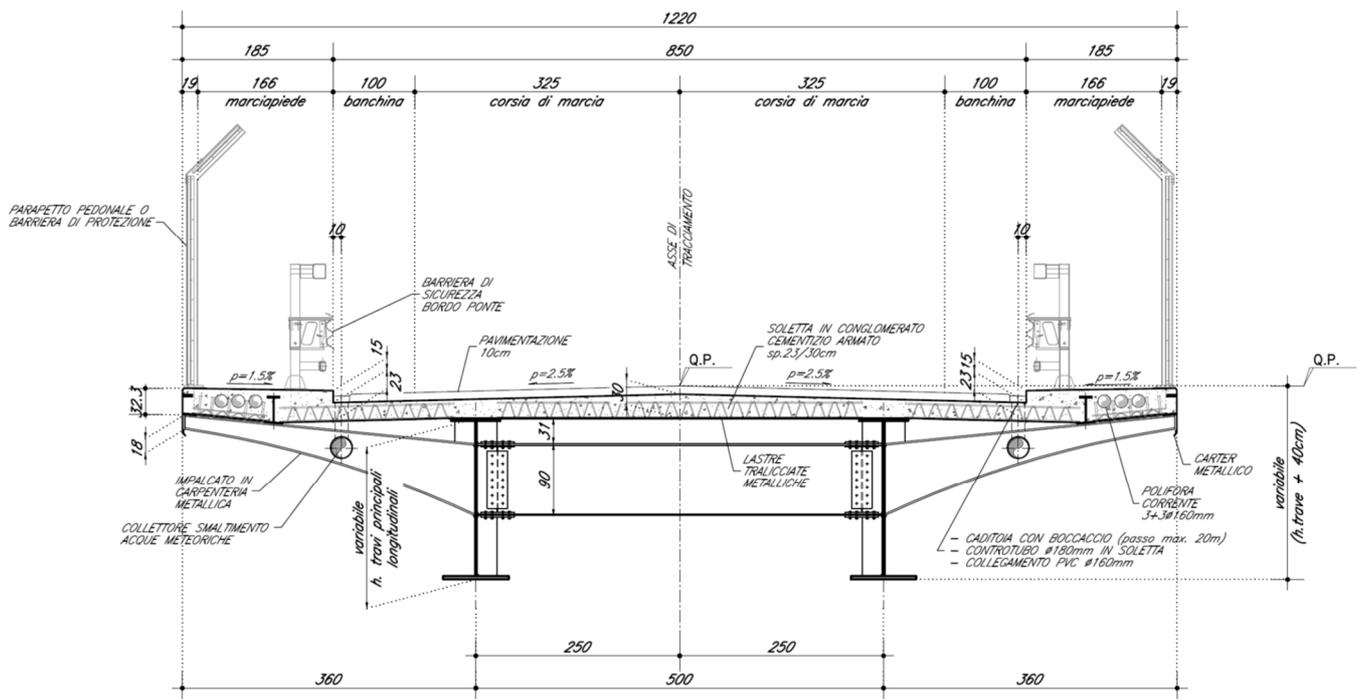


Figura 1 – Sezione trasversale impalcato

## 7.2 Pile

Le pile sono a setto continuo in c.a. di spessore 1.20m e larghezza 8.20m e orientate perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste pile con altezza del fusto variabile da 5.90m a 9.60m

Si prevede di realizzare le fondazioni delle pile in diaframmi di altezza pari a 15.00m in conglomerato cementizio armato, di spessore 1.20m e larghezza 8.20m.

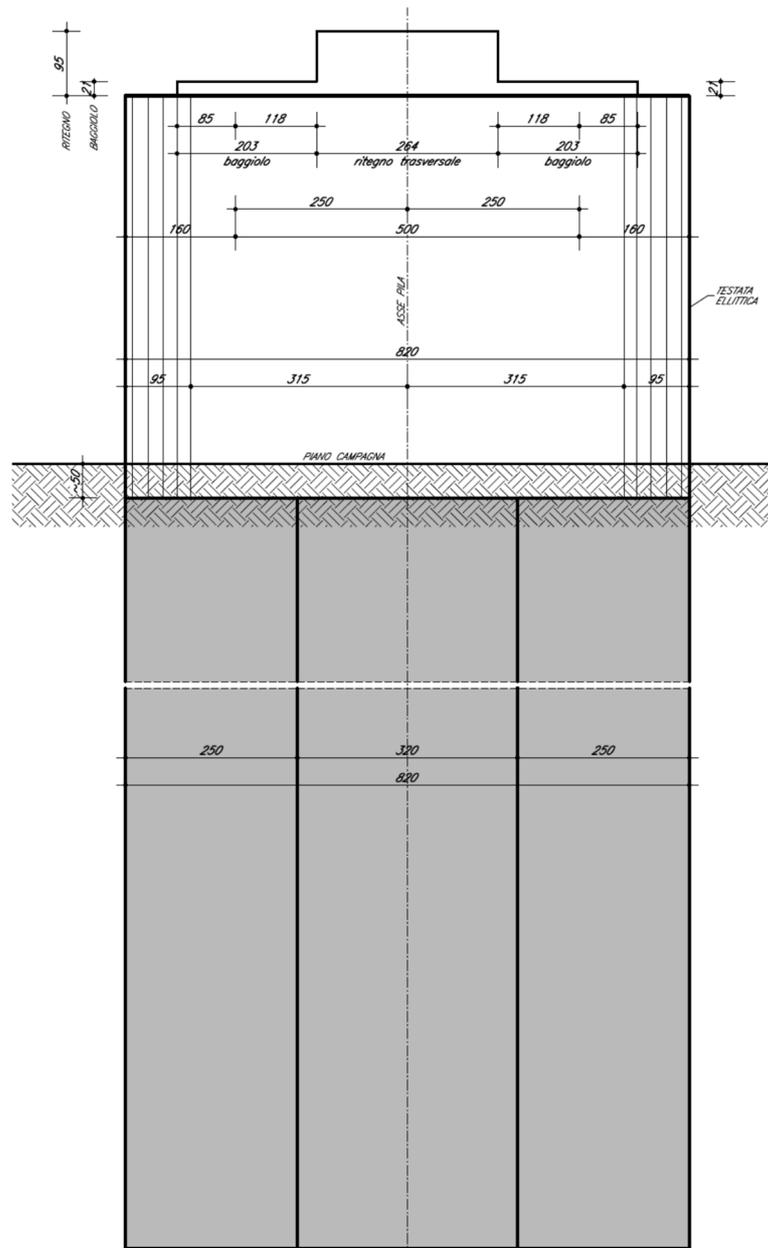


Figura 2 - Vista frontale pila

### 7.3 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 9 per la spalla A e 6 per la spalla B.

### 7.4 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 rigidezza 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 rigidezza della mescola sulla base di spostamenti ritenuti accettabili per l'opera.

Il fattore che influenza il valore della rigidezza 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 rigidezza traslazionale dei dispositivi in condizioni di esercizio risulta più elevata di quella in condizione sismica.

### 7.5 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.