

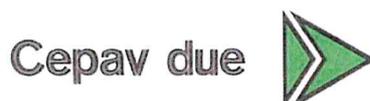
COMMITTENTE:



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**

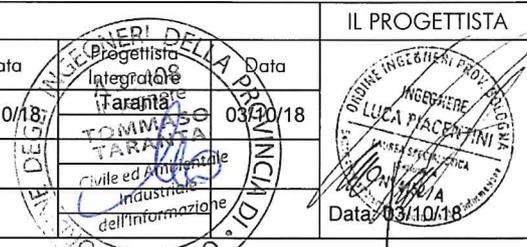
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IV20 – CAVALCAFERROVIA 232 A4 - PK 113+728,910**  
**Relazione tecnica generale cavalcaferrovia**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b>  Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Tarantini)	
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPODOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	I V 2 0 A 0	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	Data
A	Emissione	Montanari	03/10/18	Piacentini	03/10/18	03/10/18	03/10/18
B							
C							



CIG. 751447334A

File: \NOR\TEE2ROIV20A0001A\_02.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RO IV 20 A0 001	Rev. A	Foglio 2 di 17
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORME, DECRETI E DOCUMENTI.....	4
2.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE .....	4
2.2	NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI .....	4
2.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA .....	5
2.4	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
3.1	CALCESTRUZZO .....	6
3.2	ACCIAIO .....	7
3.2.1	Armatore per c.a. – Acciaio B 450 C.....	7
3.2.2	Carpenteria metallica – Classe S355 .....	7
4	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE .....	9
5.1	IMPALCATO .....	10
5.2	PILE .....	11
5.3	SPALLE .....	13
5.4	VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI.....	16
5.5	GIUNTI.....	16
5.6	RITEGNI SISMICI .....	16
5.7	FASI DI COSTRUZIONE.....	17

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IV 20 A0 001

Rev.  
A

Foglio  
3 di 17

## 1 PREMESSA

Nel presente documento viene descritto il cavalcaferrovia "IV20" col quale la Via Moncalvo in comune di Calcinato (BS) sovrappasserà la linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Milano – Verona (lotto funzionale Brescia-Verona), alla progressiva km 113+728.910.

## 2 NORME, DECRETI E DOCUMENTI

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

### 2.1 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 - Pesì per unità di volume, pesì 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 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

### 2.2 Normativa specifica per i 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”.

**2.3 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”.

**2.4 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 generale Tecnico di appalto delle Opere civili”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi seguenti. Si riportano le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

#### 3.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

PARTE O ELEMENTO	Classe esposizione	Classe resistenza minima [MPa]	Ambiente	Copriferro minimo [mm]	Classe di resistenza adottata [MPa]
Cordoli laterali e marciapiedi	XC4 XD3 XF4	C 35/45	Molto Agg.	60	C 35/45
Soletta di impalcato	XC3	C 30/37	Ordinario	40	C 35/45
Baggioli e ritegni	XC4	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni pile	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni spalle	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 32/40
Fondazioni pile e spalle	XC2	C 25/30	Ordinario	40	C 25/30
Pali e diaframmi di fondazione	XC2	C 25/30	Ordinario	60	C 25/30

Tabella 3.1 – Classi di cls e copriferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	25,00	30,00	32,00	35,00
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	N/mm <sup>2</sup>	14,17	17,00	18,13	19,83
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	N/mm <sup>2</sup>	1,80	2,00	2,12	2,25
Tensione di aderenza cls-armatura	$f_{bd}$	N/mm <sup>2</sup>	2,70	3,00	3,18	3,37
Tensione massima di compressione (comb. rara)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	15,00	18,00	19,20	21,00
Tensione massima di compressione (comb. q.p.)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	11,25	13,50	14,40	15,75
Modulo elastico medio istantaneo	$E_m$	N/mm <sup>2</sup>	31476	32836	33346	34077

Tabella 3.2 - Grandezze meccaniche relative al cls

### 3.2 Acciaio

#### 3.2.1 Armature per c.a. – Acciaio B 450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	$f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura	$f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo	$A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto	$f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$

#### 3.2.2 Carpenteria metallica – Classe S355

Si utilizzano per le strutture metalliche del viadotto i seguenti tipi di acciaio:

Elementi saldati di spessore fino a 40mm S355J2G3  
 Elementi saldati di spessore superiore a 40mm S355K2G3  
 Elementi non saldati S355JO

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio da carpenteria utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Resistenza di calcolo ( $t < 40$ mm)  $f_d = 355$  N/mm<sup>2</sup>  
 Resistenza di calcolo ( $t > 40$ mm)  $f_d = 335$  N/mm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico  $E_s = 210000$  N/mm<sup>2</sup>



## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE

Il cavalcaferrovia, di lunghezza complessiva pari a 195.00m, è continuo e costituito da 5 campate con luci variabili da 30.00m a 60.00m.

La viabilità in progetto al di sopra del cavalcaferrovia è una strada di categoria F2 composta da due corsie di larghezza 3.25m e da banchine di larghezza pari a 1.00m, con andamento planimetrico in rettilineo nel tratto interessato dal manufatto.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 8.50m, e da due cordoli esterni, ciascuno di larghezza 1.85m, per complessivi 12.20m di larghezza dell'impalcato.

L'asse di progetto sovrappassa la nuova linea AV/AC con la campata P1-P2 di luce 30m, e l'esistente Autostrada A4 con la campata P3-P4 di luce 60m. La linea AV/AC in questo tratto si sviluppa in rilevato.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del cavalcaferrovia e delle infrastrutture sovrappassate.

	<b>L campata</b> [m]	<b>H fusto</b> [m]	<b>Tipo di</b> <b>fondazione</b>
<b>SpA</b>		7.80	16 pali 1500
	35.00		
<b>P1</b>		9.80	8 pali 1200
Linea AV/AC	30.00		
<b>P2</b>		10.20	8 pali 1200
	30.00		
<b>P3</b>		8.80	diaframmi
Autostrada A4	60.00		
<b>P4</b>		5.50	diaframmi
	40.00		
<b>SpB</b>		3.80	6 pali 1500

Relativamente a barriere di sicurezza ed arredi (parapetti e reti di protezione) previsti sui cordoli laterali si rimanda all'elaborato "Relazione tecnica generale rampe" codice INOR11EE2ROIV20C0001.



## 5.2 Pile

Le pile sono a setto continuo in conglomerato cementizio armato, 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 5.50m a 10.20m.

Le pile P1-P2, adiacenti alla linea AV/AC, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da 8 pali Ø1200 mm di lunghezza 15.00m.

Al fine di contenerne la dimensione ed i relativi scavi, si prevede di realizzare la fondazione delle pile P3-P4 adiacenti all'autostrada A4, a setto continuo, costituita da pannelli di diaframmi in conglomerato cementizio armato terebrati nel terreno, aventi lunghezza pari a 15.00m, spessore 1.20m e larghezza 8.20m (2 pannelli da 2.50m ed 1 pannello da 3.20m).

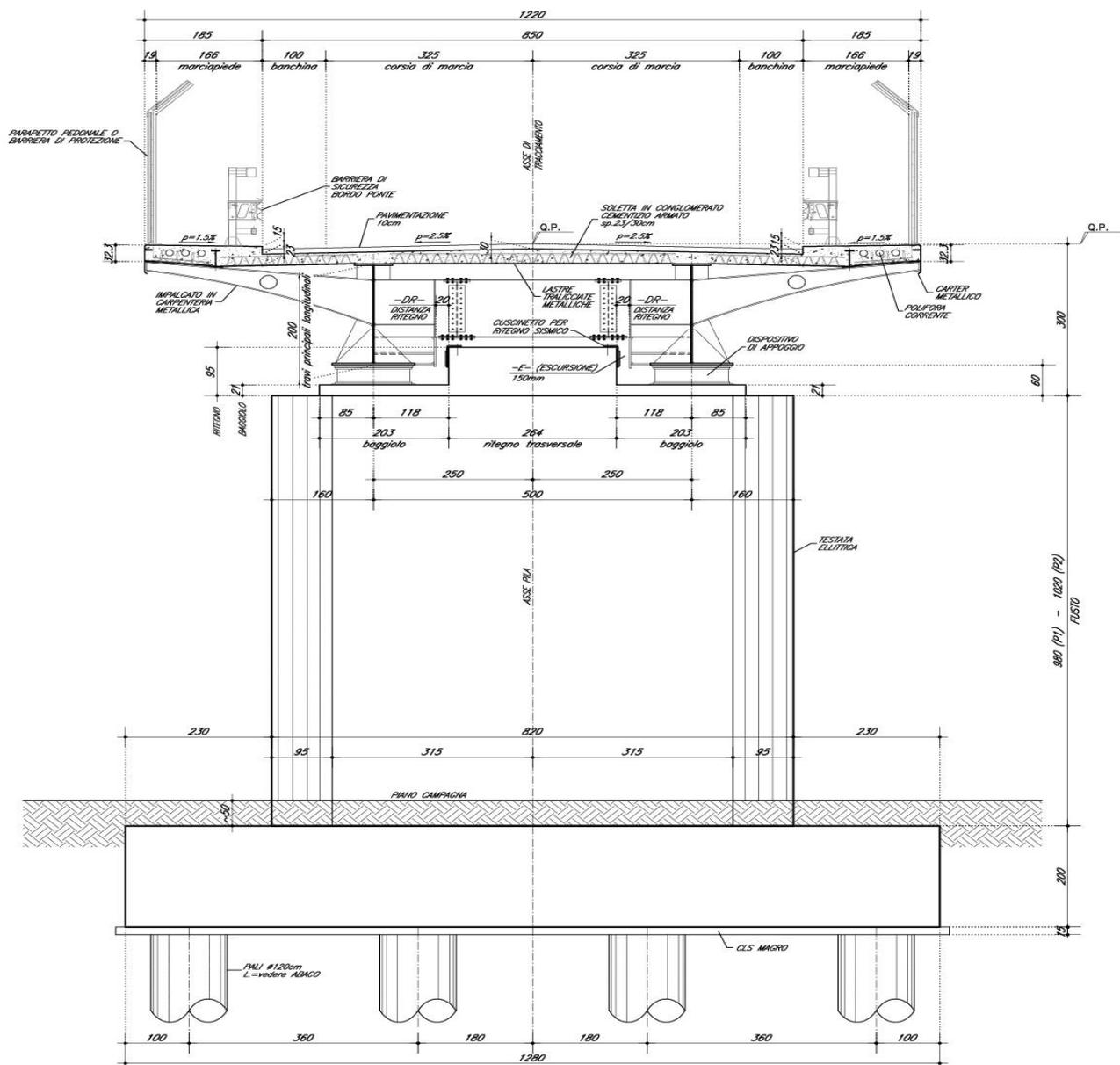


Figura 2 - Vista frontale pile P1-P2

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IV 20 A0 001

Rev.  
A

Foglio  
12 di 17

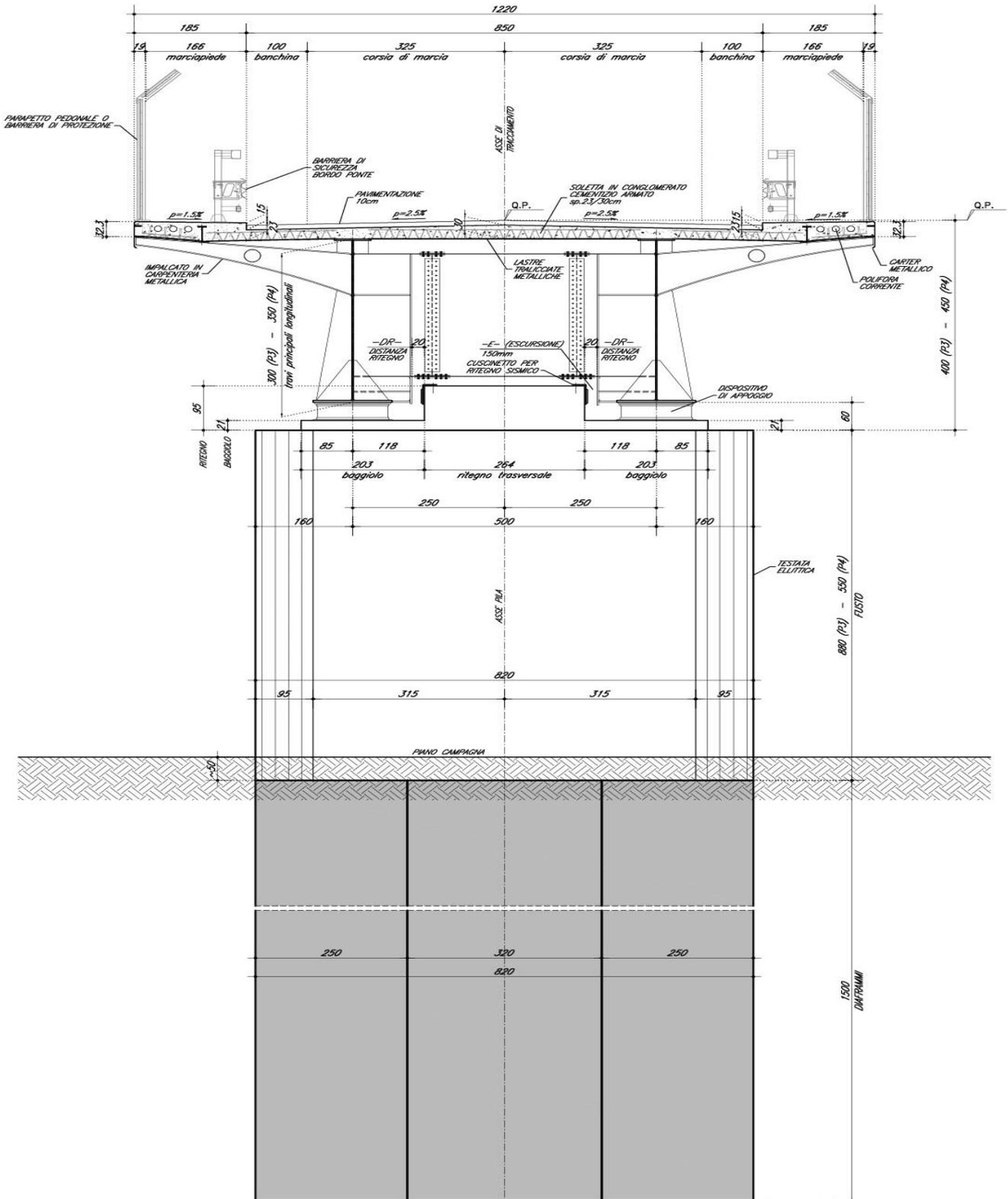


Figura 3 - Vista frontale pile P3-P4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IV 20 A0 001

Rev.  
A

Foglio  
13 di 17

### 5.3 Spalle

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma quadrata o rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali Ø1500 mm. L'elevazione è costituita frontalmente da un fusto di spessore 2.40m che culmina in un paraghiaia di spessore 0.60m, mentre lateralmente sono previsti muri di risvolto di spessore 1.20 o 0.80m completati per la spalla B da orecchia a sbalzo. I muri di risvolto presentano in testa un allargamento a sbalzo di larghezza 1.85m costituente la continuazione sulla spalla del cordolo laterale dell'impalcato, e, come quest'ultimo, risulta attrezzato con barriera di sicurezza ed arredo (parapetto). Nel paraghiaia di entrambe le spalle sono previste asole atte a consentire il passaggio del sistema di raccolta acque meteoriche dell'impalcato, che si collega a tergo delle spalle stesse al sistema di raccolta acque generale delle rampe.

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IV 20 A0 001

Rev.  
A

Foglio  
14 di 17

In dettaglio :

la Spalla A e' fondata su 16 pali di lunghezza 19.00m e presenta un fusto frontale di altezza pari a 7.80m con paraghiaia di altezza 2.85m. Lateralmente sono previsti risvolti di lunghezza 4.80m e di altezza variabile da 10.55 a 10.75m circa;

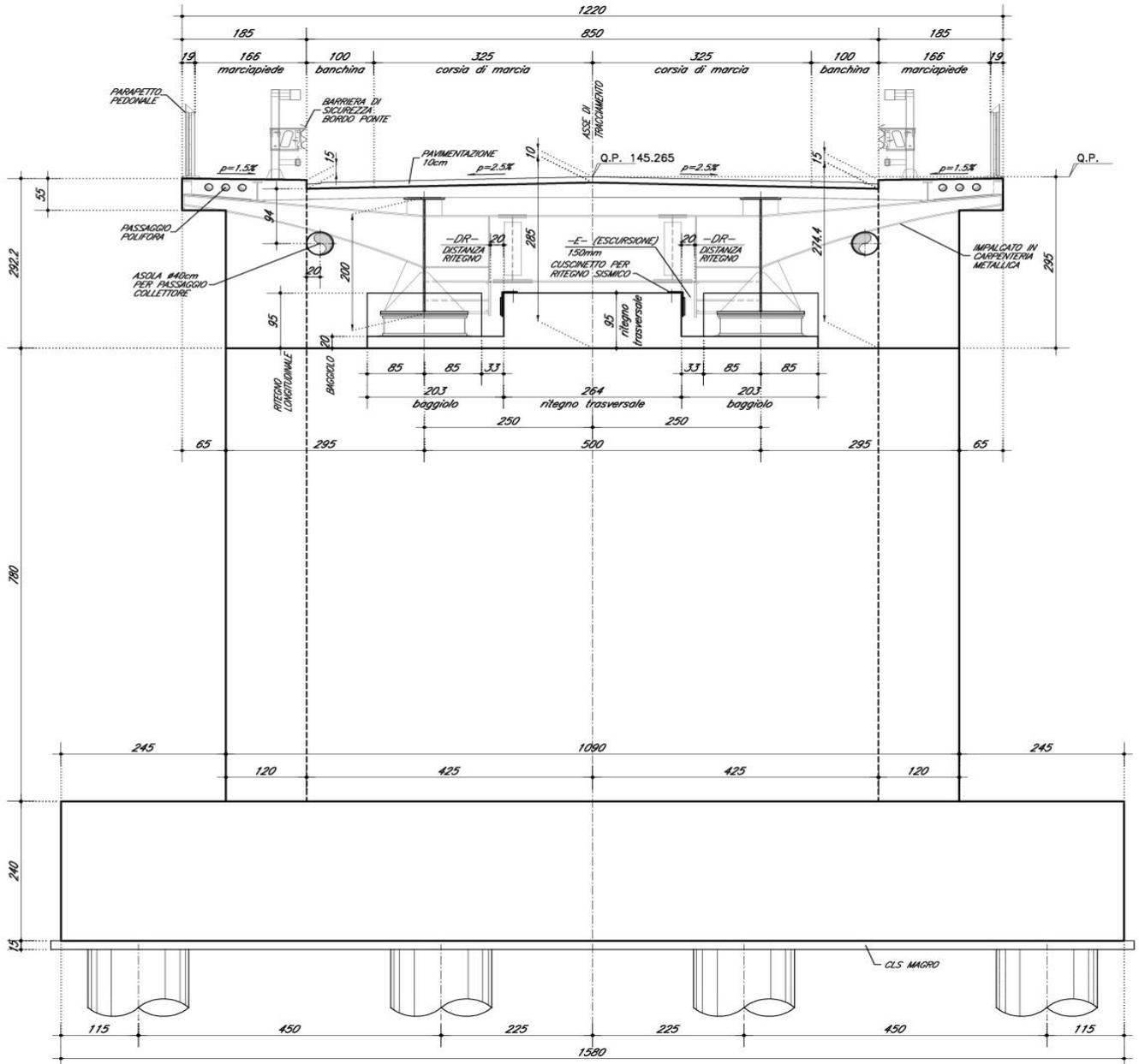


Figura 4 - Vista frontale spalla A

la Spalla B e' fondata su 6 pali di lunghezza 18.00m e presenta un fusto frontale di altezza pari a 3.80m con paraghiaia di altezza 2.85m. Lateralmente sono previsti risvolti ed orecchie di lunghezza complessiva 4.80m e di altezza variabile da 6.60 a 6.75m circa;

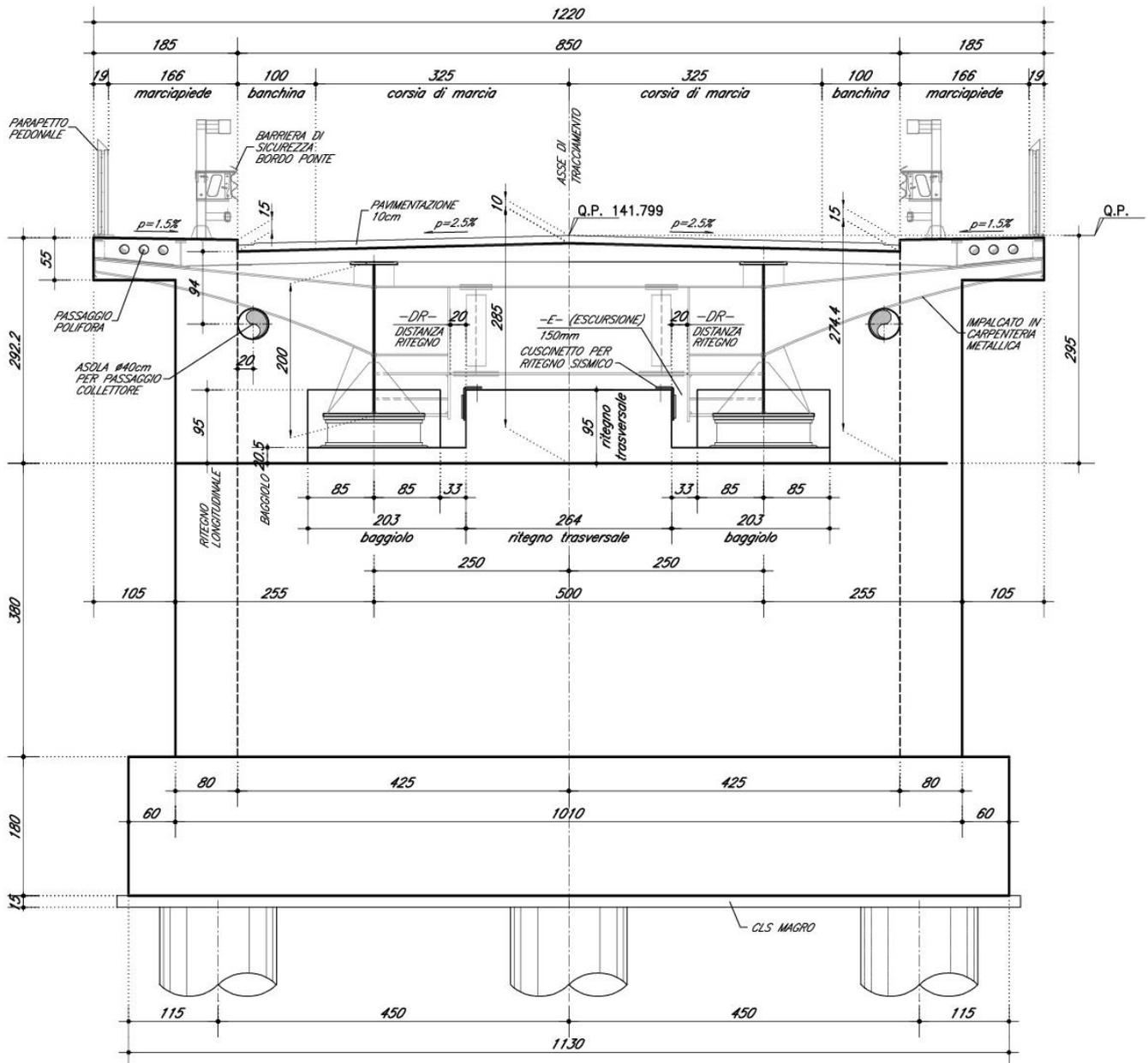


Figura 5 - Vista frontale spalla B

#### 5.4 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 elastomerica 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 2-2.5 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.

#### 5.5 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.

Si prevedono giunti di dilatazione con escursioni pari a 12cm su entrambe le Spalle. Il varco fra il paraghiaia e la soletta ha dunque ampiezza pari a 13cm.

#### 5.6 Ritegni sismici

Ai sensi dell'Istruzione 44b di RFI, in zona classificata sismica occorre sempre prevedere in sommità delle pile o delle spalle dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, nel caso di disaccoppiamento con gli apparecchi d'appoggio.

Il ritegno sismico consiste in un baggiolo solidale al pulvino di spalla e di pila, con interposto cuscinetto di neoprene. L'elemento, convenientemente armato, trasferisce l'azione proveniente dall'impalcato all'elemento sottostante.

I ritegni previsti sono di due tipologie: longitudinale sulle due spalle e trasversale su pile e spalle.

In funzione della direzione di applicazione del sisma, entrano in funzione due cuscinetti di contrasto in senso longitudinale, posizionati sulle spalle, e uno per ciascun elemento di sostegno in senso trasversale.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IV 20 A0 001

Rev.  
A

Foglio  
17 di 17

## 5.7 Fasi di costruzione

Le fasi di costruzione del cavalcaferrovia prevedono per prima cosa la realizzazione di pile e spalle ed a seguire quella dell'impalcato.

La struttura metallica dell'impalcato viene messa in opera tramite sollevamento dal basso.

La campata sull'Autostrada A4 viene varata in unica soluzione assemblando a terra, in area limitrofa all'Autostrada, l'intera struttura completa di travi, traversi, lastre tralicciate, velette di bordo, reti di protezione e le condotte correnti del sistema smaltimento acque meteoriche. La struttura viene poi traslata tramite carrelli semoventi fino ad una posizione tale da poter essere sollevata e messa in posizione mediante impiego di due gru.

Da notare che l'intera operazione di movimentazione della struttura puo' avvenire senza prevedere la rimozione dello spartitraffico dell'Autostrada A4.