

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

IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC - PK 107+055,597

Relazione tecnica generale cavalcaferrovia

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERAVDISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R O	I V 2 8 A 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: INOR12EE2ROIV28A0001A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RO IV 28 A0 001	Rev. A	Foglio 2 di 18
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

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	9
5.2	SPALLE	11
5.3	VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI.....	17
5.4	GIUNTI.....	17
5.5	RITEGNI SISMICI	17
5.6	FASI DI COSTRUZIONE	18
5.7	GEOLOGIA E GEOTECNICA	18

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
3 di 18

1 PREMESSA

Nel presente documento viene descritto il cavalcaferrovia "IV28" col quale la S.P.11 Tangenziale sud di Brescia, in comune di Calcinato (BS), sovrappasserà il Collegamento QBSE/AC della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Milano – Verona (lotto funzionale Brescia-Verona) alla progressiva km 107+055.597 e la linea Storica Milano-Venezia.

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”.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
5 di 18

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 ²	25,00	30,00	32,00	35,00
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd}	N/mm ²	14,17	17,00	18,13	19,83
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	N/mm ²	1,80	2,00	2,12	2,25
Tensione di aderenza cls-armatura	f_{bd}	N/mm ²	2,70	3,00	3,18	3,37
Tensione massima di compressione (comb. rara)	σ_c	N/mm ²	15,00	18,00	19,20	21,00
Tensione massima di compressione (comb. q.p.)	σ_c	N/mm ²	11,25	13,50	14,40	15,75
Modulo elastico medio istantaneo	E_m	N/mm ²	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	≥ 450 MPa
Limite di rottura	f_t	≥ 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/mm²
 Resistenza di calcolo ($t > 40$ mm) $f_d = 335$ N/mm²
 Modulo elastico $E_s = 210000$ N/mm²

5 DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE

Il cavalcaferrovia e' costituito da unica campata a via di corsa inferiore in acciaio-cls con luce di calcolo 54.00m e lunghezza complessiva pari a 56.86m tra i giunti.

La viabilità in progetto al di sopra del cavalcaferrovia è una strada di categoria C2 composta da due corsie di larghezza 3.55m e da banchine di larghezza pari a 1.25m, con andamento planimetrico in rettilineo nel tratto interessato dal manufatto.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 9.50m, e da due cordoli esterni, ciascuno di larghezza 2.125m (larghezza utile 1.65m), per complessivi 13.75m di larghezza dell'impalcato. Sui cordoli sono ubicate le barriere di sicurezza, mentre le reti di protezione, previste fino ad una altezza utile di 3.60m (misurata da estradosso cordolo), sono ubicate sulla piattabanda superiore delle travi principali longitudinali.

La pavimentazione stradale ha spessore costante pari a 12cm comprensivi dello strato di impermeabilizzazione dell'estradosso della soletta.

L'asse di progetto sovrappassa il nuovo Collegamento ferroviario QBSE/AC e l'esistente Linea Storica Milano-Venezia.

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

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA	54.00	4.80	20 pali 1500
AV/AC e Linea Storica			
SpB		7.30	22 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 IN0R12EE2ROIV28C0001.

5.1 Impalcato

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, gettato in opera su lastre tralicciate metalliche disposte parallelamente all'asse longitudinale dell'opera. Le due travi sono collegate all'appoggio ed in campata, da diaframmi a parete piena posti ad interasse di 3.20m.

Con lo stesso passo vengono posizionati gli irrigidenti trasversali principali del pannello d'anima della trave longitudinale.

Tutti i traversi vengono connessi alla soletta mediante piolatura.

Le travi d'acciaio, poste ad interasse di 3.20m, hanno altezza variabile lungo il loro sviluppo longitudinale da un minimo di 2200mm all'appoggio, fino ad un massimo di 3800 mm in mezzera campata. Saranno preassemblate in officina per conci di lunghezza massima 9.60m risultando così trasportabili senza oneri specifici.

5.2 Spalle

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali $\varnothing 1500\text{mm}$ di lunghezza 21.00m . Le singole spalle sono realizzate lungo un unico allineamento, ma in due fasi, la prima per la configurazione provvisoria del progetto e la seconda per la configurazione definitiva. Il numero di pali di fondazione e' tipicamente 10 per ogni concio mentre per il concio di fase definitiva della spalla B e' di 12. L'elevazione è costituita frontalmente da un fusto di spessore 2.60m e di altezza 4.80m per la spalla A e di altezza 7.30m per la spalla B, che culmina in un paraghiaia di spessore 0.60m e di altezza variabile con max. pari a 1.93m . Lateralmente ed in corrispondenza del giunto centrale tra i conci, sono previsti muri di risvolto di spessore 1.20m e di altezza circa 6.70m per la spalla A e 9.20m per la spalla B. I muri di risvolto sono attrezzati in testa con parapetto pedonale $h=110\text{cm}$.

In fase finale, una volta traslato l'impalcato dal concio di spalla provvisorio a quello definitivo, si procederà alla parziale demolizione della parte di elevazione del primo non necessaria al successivo sostegno dei rilevati stradali definitivi.

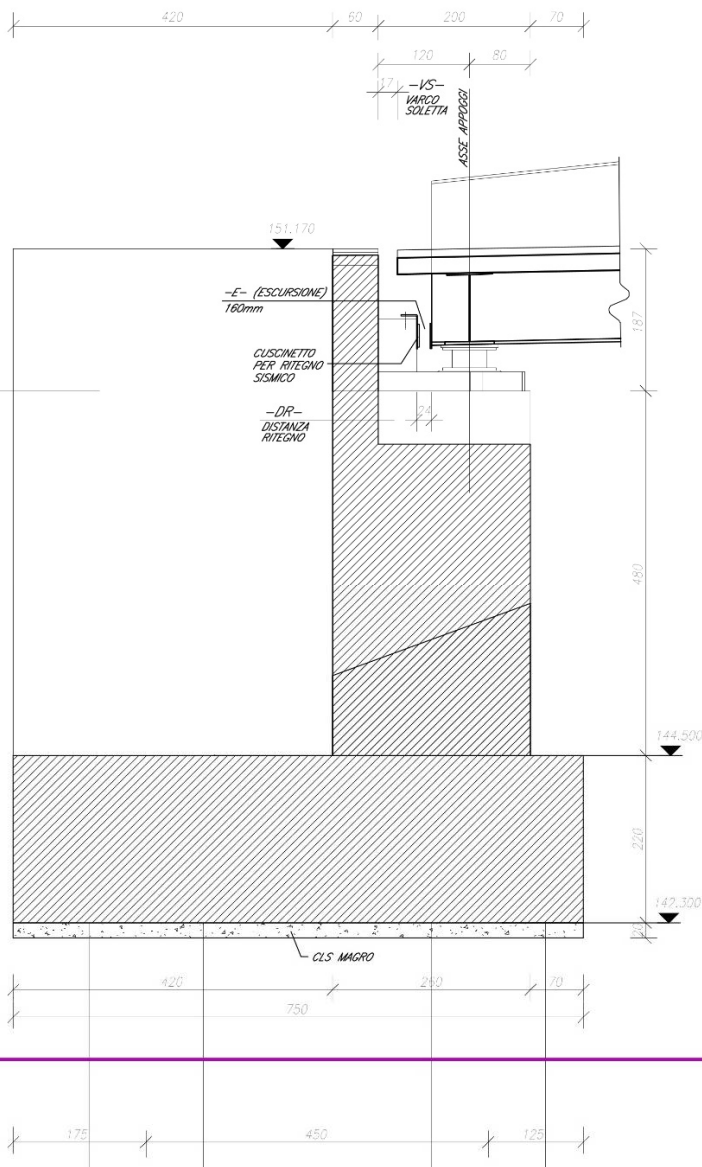


Figura 2 – Sezione longitudinale spalla A

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
12 di 18

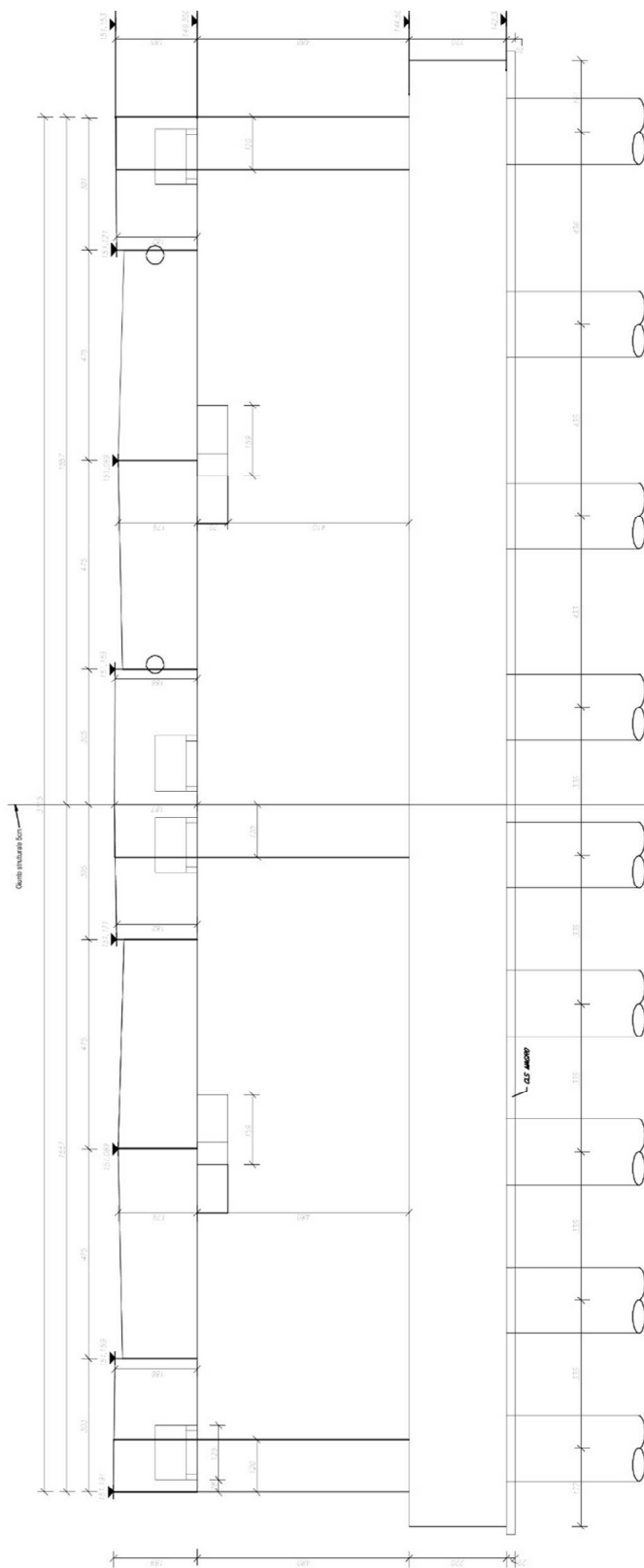


Figura 3 – Vista frontale spalla A

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA

 **ITALFERR**
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
13 di 18

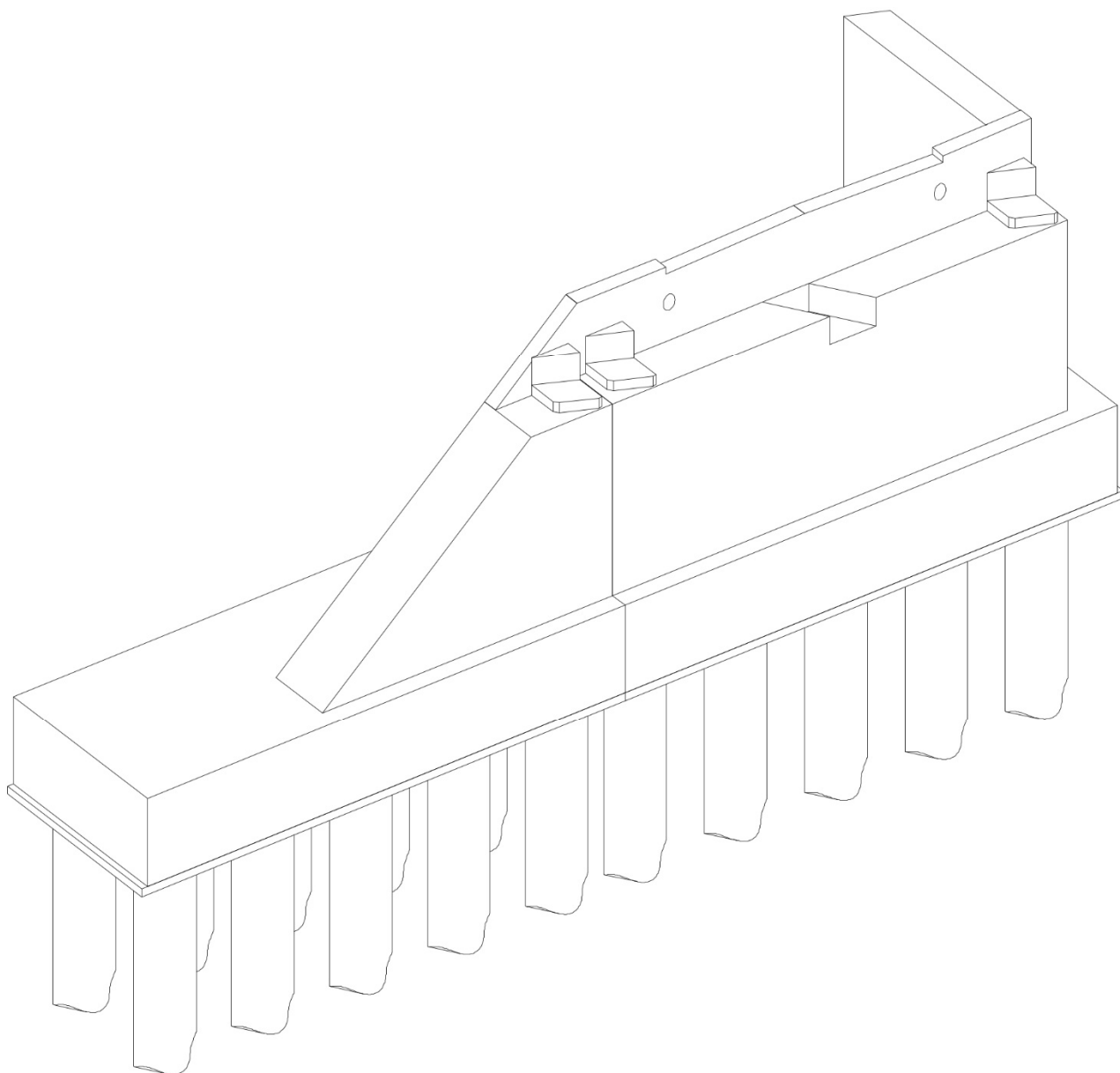


Figura 4 – Configurazione finale spalla A

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
14 di 18

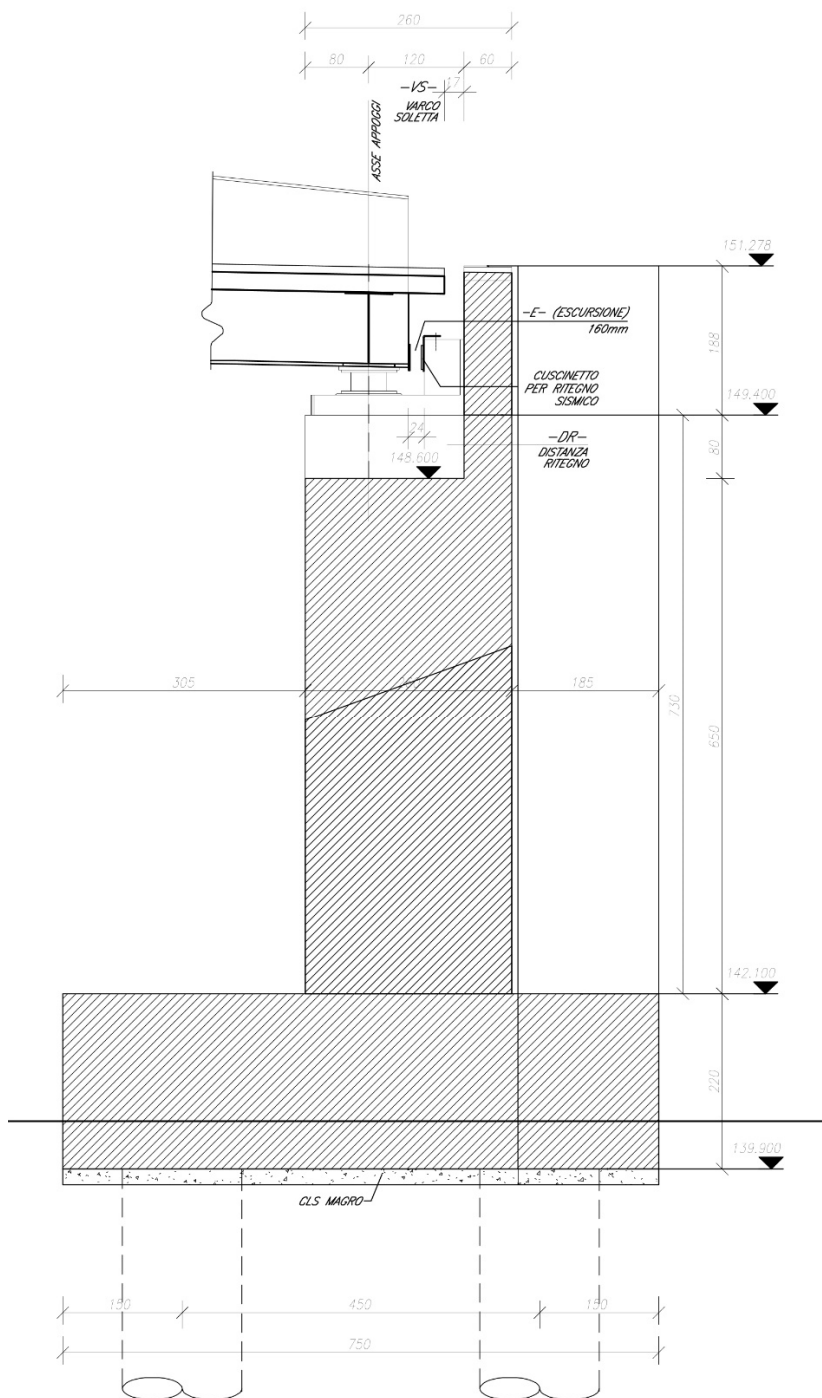


Figura 5 – Sezione longitudinale spalla B

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
15 di 18

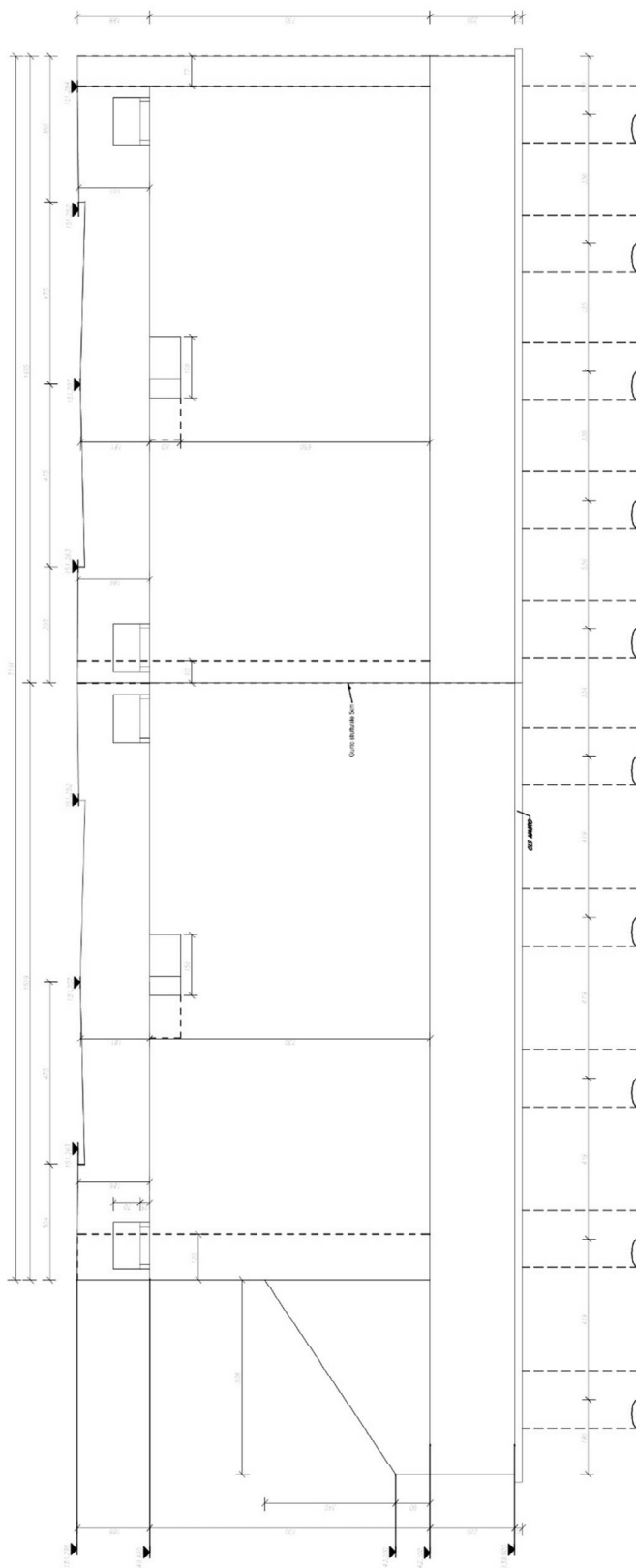


Figura 6 – Vista frontale spalla B

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IV 28 A0 001

Rev.
A

Foglio
16 di 18

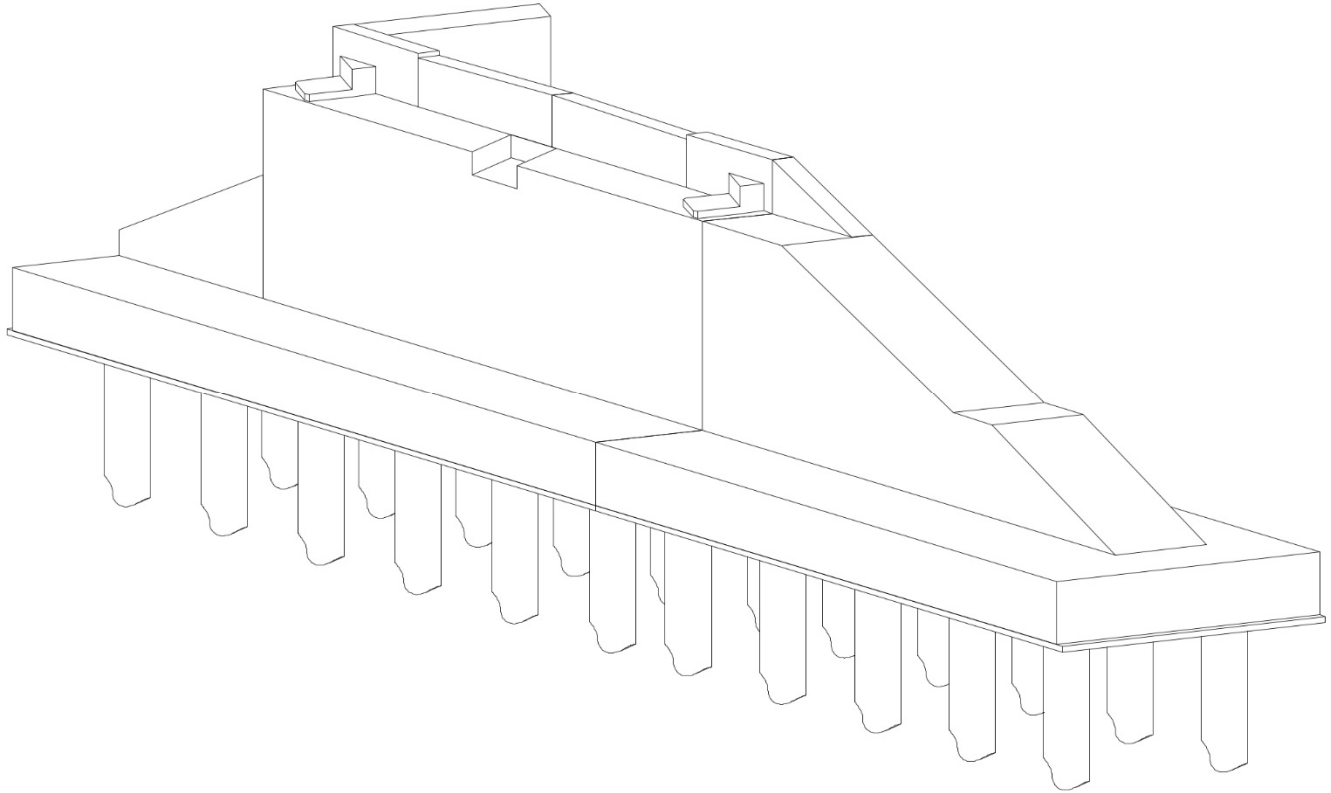


Figura 7 – Configurazione definitiva spalla B

5.3 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 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.

5.4 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.

Si prevedono giunti di dilatazione con escursioni pari a 16cm su entrambe le Spalle. Il varco fra il paraghiaia e la soletta ha dunque ampiezza pari a 17cm.

5.5 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, con interposto cuscinetto di neoprene. L'elemento, convenientemente armato, trasferisce l'azione proveniente dall'impalcato all'elemento sottostante.

I ritegni previsti, longitudinale e trasversale son ubicati sulle due 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.

5.6 Fasi di costruzione

Al fine di mantenere la viabilità esistente aperta al traffico per tutta la durata di costruzione del nuovo cavalcaferrovia, viene realizzata una deviazione provvisoria che prevede la costruzione, accanto al cavalcaferrovia esistente, dell'impalcato di progetto poggiante sui conci di spalla provvisoria; tale nuovo impalcato verrà infine traslato sul sedime dell'attuale cavalcaferrovia, una volta che questi sia stato demolito e terminata la costruzione dei due conci di spalla definitivi. Per questa operazione di traslazione si prevedono 2 giorni di chiusura al traffico della viabilità, e verranno individuate viabilità locali alternative. A conclusione dei lavori il traffico verrà deviato definitivamente sulla nuova opera.

In dettaglio, si prevedono 3 macrofasi:

Fase 1 - esecuzione opere provvisionali a sostegno degli scavi

- scavo e sistemazione di porzioni di rilevato esistente per realizzazione spalle
- esecuzione conci di spalla provvisori ed impalcato in carpenteria metallica
- esecuzione rilevati viabilità provvisoria

Fase 2 - attivazione del traffico sulla deviazione provvisoria

- demolizione del cavalcavia esistente
- rimozione delle porzioni di opere provvisionali interferenti con le nuove costruzioni
- scavo e sistemazione di porzioni di rilevato esistente per realizzazione spalle
- esecuzione dei conci di spalla definitivi, giuntati dai conci provvisori

Fase 3 - chiusura al traffico della viabilità

- traslazione dell'impalcato dalla posizione provvisoria a quella definitiva
- attivazione della viabilità sull'opera in posizione definitiva.
- parziale demolizione nell'elevazione dei conci provvisori delle porzioni non necessarie al sostegno dei rilevati stradali definitivi.
- parziale demolizione e risagomatura del rilevato della deviazione provvisoria per formazione rilevato stradale definitivo.

Relativamente alla struttura metallica dell'impalcato, essa viene assemblata a terra in specifica area adiacente alla zona di intervento. Essa risulta già completa di travi, traversi, lastre tralicciate, reti di protezione e delle condotte correnti del sistema di smaltimento acque meteoriche. Dopo l'assemblaggio, la messa in opera avviene in unica soluzione, con traslazione tramite carrelli semoventi fino ad una posizione tale da poter essere sollevata e messa in posizione mediante impiego di una gru. Per le operazioni di spostamento dell'impalcato dalla posizione provvisoria alla posizione definitiva si procede con lo scollegamento delle zanche degli appoggi, con il sollevamento dal basso a mezzo di due gru, con l'installazione di nuove zanche da inghisare, a calaggio avvenuto, in apposite riserve previste per il posizionamento definitivo.

5.7 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.