

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 DEFINITIVO**

**LINEA I.C. - VIADOTTO BRESCIA EST 2D - VI28
RELAZIONE TECNICA E STATICA**



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A2340B - Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020357 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA		Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 5	0 0	D	E 2	C L	V I 2 8 0 0	0 0 1	0

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) _____ Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	SANGALLI	31.03.14	REBETTA	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121	Data: 31.03.14	Doc. N.: 12187_04.doc
----------------------------	----------------	-----------------------



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 12187_04

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2CLVI2800001

Rev.
0

Foglio
2 di 10

INDICE

1. GENERALITÀ.....	3
2. DATI DI CALCOLO PILE E PLINTI DEL VIADOTTO 2D BRESCIA EST.....	5
3. VIADOTTO 2D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME IN FONDAZIONE IN ESERCIZIO ED IN SISMA – SCHEMA DI RIPARTIZIONE A PLINTO RIGIDO.....	7
4 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI AMMISSIBILI PER FONDAZIONI DIRETTE.....	8
5. SPALLA B – CALCOLO PRESSIONI DI CONTATTO PLINTO-TERRENO.....	9
6. OPERE PROVVISORIALI DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI.....	9

1. GENERALITÀ

Nel presente documento si descrive il viadotto di interconnessione 2D Brescia Est, presente fra la progressiva 4+603.40 e la progressiva 4+702.30 nella nascita linea Alta Capacità Torino-Venezia (sulla tratta Milano Verona).

Durante il suo sviluppo il viadotto in esame attraversa una zona in affiancamento alla ferrovia esistente (linea storica Milano - Venezia) ubicata in trincea. Per realizzare il viadotto andrà sbancato il terreno esistente a quota media di 150.0 m s.l.m.m. fino alla quota di 143 m s.l.m.m.. In corrispondenza della prima campata lato Milano il viadotto si appoggia sulla galleria artificiale di BSE a scavalco sulla linea storica (GA21). Il viadotto in questione ricade in zona sismica di terza categoria ($S = 6$). Il viadotto in questione ricade nel comune di Calcinato/Mazzano, in un tratto del tracciato ferroviario in curva con raggio pari a 1500 m.

Il viadotto in oggetto comprende 4 campate isostatiche di luce $L=25$ m, realizzate da impalcati in c.a.p. a 2 cassoncini (a singolo binario).

Tutte le pile sono lamellari 2.40×3.50 , con altezza (da estradosso plinto a piano ferro) compresa fra 9.55 e 10.08 m. Le fondazioni sono di tipo superficiale, plinti 7.1×9.2 h = 2.30.

La spalla B del viadotto 2D Brescia Est è su fondazione diretta di dimensioni 12.8×9.2 h 2.0 m.

Nella presente specifica si riportail calcolo delle pressioni di contatto plinto-terreno per le pile e per la spalla B del viadotto in oggetto. Per le relative verifiche geotecniche si rimanda al documento:

03520	VIADOTTO 2D BRESCIA EST - RELAZIONE GEOTECNICA	IN05	00	D E2 RB VI28 0X 00	1
-------	--	------	----	--------------------	---

Per ogni singolo plinto si riporta nella tabella seguente:

- il numero della pila,
- la progressiva della pila,
- l'altezza della pila (altezza estradosso plinto-piano ferro, si veda la nota sottostante),
- l'altezza del solo fusto pila,
- la lunghezza della campata sinistra,
- la lunghezza della campata destra,
- il ricoprimento in terra del plinto,
- il tipo di plinto presente.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 12187_04

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2CLVI2800001Rev.
0Foglio
4 di 10

N° pila	progressiva	H pila	H fusto	L _{sinistra}	L _{destra}	h terra	Raggio	Tipo plinto
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(n. pali)
GA12	4+603.40			25			1500	
1	4+628.40	10.08	4.97	25	25	0.50	1500	FD7.1x9.2
2	4+653.40	9.82	4.71	25	25	0.50	1500	
3	4+678.40	9.55	4.44	25	25	0.50	1500	
SPB	4+702.30	9.30	5.59		25	0.50	1500	FD12.8x9.2



2. DATI DI CALCOLO PILE E PLINTI DEL VIADOTTO 2D BRESCIA EST

A pagina seguente vengono riportate alcune tabelle che elencano i dati utilizzati per il calcolo delle azioni sulle palificate dei plinti considerati; si intende:

- input: valore di input
- numero: valore costante
- calcolo: valore calcolato in automatico

I valori di input variabili da pila a pila sono quelli riportati nelle pagine precedenti.

I dati contenuti nelle tabelle seguenti sono immessi nel codice di calcolo “Pile”, codice sviluppato dagli scriventi e già massicciamente utilizzato nel corso del progetto delle opere d’arte della tratta Milano Bologna (linea A.C. Milano Napoli). In particolare il programma “Pile”, partendo dalla caratterizzazione geometrica del viadotto deduce le condizioni di carico più gravose ai fini del dimensionamento delle palificate, dei plinti di fondazione e delle pile stesse (sia in esercizio che in condizioni di sisma).

Il codice applica il metodo semplificato per la valutazione degli effetti di interazione treno-binario-struttura, conformemente a quanto previsto nell’Allegato B del documento n. I/SC/PS-OM/2298 “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo”.

I dati di cui alle tabelle seguenti possono essere verificati all’interno dei documenti di calcolo seguenti:

21597_01	ITC-pila lamellare 2.40 x 3.50 m – impalcato a 2 cassoncini 25 m - relaz statica
----------	--

Si fa notare come nel calcolo delle massime azioni in testa pali si siano fatte le seguenti assunzioni prudenziali:

- si assume il 40% dell’azione termica della spalla per tutte le pile

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 12187_04

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2CLV12800001Rev.
0Foglio
6 di 10

VIADOTTO 2D BRESCIA EST – PILA TIPOLOGICA LAMELLARE 2 CASSONCINI 25 – PLINTO 6 PALI ϕ 1200

1	QUOTA PIANO FERRO (distanza P.F. da estr. plinto)	Input	[m]
2	ALTEZZA DEL FUSTO PILA	Input	[m]
3	LARGHEZZA TRASVERSALE DEL FUSTO PILA	2.4	[m]
4	LARGHEZZA DEL PULVINO	4.5	[m]
5	IMPALCATO DI SINISTRA: ALTEZZA (da intr. a piano ferro)	3.31	[m]
6	IMPALCATO DI DESTRA: ALTEZZA (da intr. a piano ferro)	3.31	[m]
7	INTERASSE PILA/PILA DI SINISTRA (appoggio mobile)	25	[m]
8	INTERASSE PILA/PILA DI DESTRA (appoggio fisso)	25	[m]
9	INERZIA LONGITUDINALE DELLA PILA	3.784	[m ⁴]
10	AREA TRASVERSALE DELLA PILA	8.155	[m ²]
11	IMPALCATO DI SINISTRA: CARICHI PERMANENTI	252	[kN/m]
12	IMPALCATO DI DESTRA: CARICHI PERMANENTI	252	[kN/m]
13	PESO DEL PULVINO	813.08	[kN]
14	ALTEZZA DEL PLINTO DI FONDAZIONE	2.3	[m]
15	LUNGHEZZA DEL PLINTO DI FONDAZIONE (secondo impalcato)	7.1	[m]
16	LARGHEZZA DEL PLINTO DI FONDAZIONE (perpen. impalcato)	9.2	[m]
17	AREA DI BASE PLINTO	65.32	[m ²]
18	MODULO DI RESISTENZA LONGITUDINALE PLINTO	77.29	[m ³]
19	MODULO DI RESISTENZA TRASVERSALE PLINTO	100.16	[m ³]
20	RIGIDEZZA DEL SISTEMA PILA/FONDAZIONE PER UN BINARIO	Calcolo	[kN/m/m]
21	ROTAZIONE ESTREMITA' IMPALCATO TRENO LM71 (2 binari)	0.0005	[rad.]
22	ROTAZIONE ESTREMITA' IMPALCATO treno SW/2 (2 binari)	0.0006	[rad.]
23	DISTANZA ESTRADOSSO IMPALCATO DA CENTRO APPOGGI	2.6	[m]
24	DISTANZA ESTRADOSSO IMPALCATO DA BARICENTRO IMPALCATO	0.8	[m]
25	RIGIDEZZA LONGITUDINALE (ATTRITO) LATO APPOGGIO FISSO	60	[kN/m]
26	RIGIDEZZA LONGITUDINALE (ATTRITO) LATO APPOGGIO MOBILE	60	[kN/m]
27	NUMERO DI CAMPATE	4	
28	ECCENTRICITA' BINARIO	0	[m]
29	Rck PLINTO DI FONDAZIONE	30	[N/mm ²]
30	RAGGIO DI CURVATURA PLANIMETRICO DEL VIADOTTO	1500	[m]
31	CAMPATA SINISTRA: DISTANZA ASSE APPOGGI DA ASSE PILA	1.1	[m]
32	CAMPATA DESTRA: DISTANZA ASSE APPOGGI DA ASSE PILA	1.1	[m]
33	COEFFICIENTE DI SISMICITA' (6o9o12)	6	
34	INERZIA TRASVERSALE DELLA PILA	8.019	[m ⁴]
35	VELOCITA' TRENO LM71	172.63	[km/h]
36	VELOCITA' TRENO SW/2	100	[km/h]
37	ALTEZZA DEL RICOPRIMENTO IN TERRA DEL PLINTO	Input	[m]
38	PESO SPECIFICO DEL RICOPRIMENTO IN TERRA	19	[kN/m ³]
39	IMPALCATO SINISTRA: BARICENTRO MASSE PERM. (da intrad.)	2.29	[m]
40	IMPALCATO DESTRA: BARICENTRO MASSE PERM. (da intrad.)	2.29	[m]
41	MODULO ELASTICO DELLA PILA	3372.166	[kN/cm ²]
42	COEFFICIENTE DI FONDAZIONE EPSILON	1	
43	MOMENTO ULTIMO LONGITUDINALE PILA	20193.16	[KNm]
44	MOMENTO ULTIMO TRASVERSALE PILA	29744.18	[kNm]
45	AREA PROFILO ESTERNO DELLA PILA	8.155	[m ²]
46	AVVIAMENTO TRENO LM71	412.5	[kN]
47	FRENATURA TRENO LM71	500	[kN]
48	AVVIAMENTO TRENO SW/2	412.5	[kN]
49	FRENATURA TRENO SW/2	700	[kN]
50	INFLESSIONE TRENO LM71 (somma effetti di 2 binari)	Calcolo	[kN]
51	INFLESSIONE TRENO SW/2 (somma effetti di 2 binari)	Calcolo	[kN]
52	AZIONE TERMICA SULLA SPALLA	220	[kN]
53	COEFFICIENTE D'ATTRITO APPOGGI	0.06	
54	DISTANZA BARICENTRO PULVINO DA PIANO FERRO	4.12	[m]

3. VIADOTTO 2D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME IN FONDAZIONE IN ESERCIZIO ED IN SISMA – SCHEMA DI RIPARTIZIONE A PLINTO RIGIDO

Nelle tabelle di cui alle pagine seguenti si riportano le massime pressioni di contatto fondazione/terreno in condizioni di esercizio e di sisma di terza categoria ($s = 6$). In particolare gli stessi vengono determinati dal codice di calcolo “Pile” attraverso l’ipotesi di plinto infinitamente rigido:

$$\sigma_{\text{fond/terreno}} = N_v/A_p + M_l/W_L + M_t/W_T$$

Con:

A_p = area di base fondazione diretta,

W_L = modulo di resistenza longitudinale plinto,

W_T = modulo di resistenza trasversale plinto,

La tabella di cui alla pagina seguente riporta:

- nella prima colonna il numero della pila,
- nella seconda colonna l’altezza della pila
- nella terza colonna l’altezza del ricoprimento in terra del plinto,
- nella quarta colonna il tipo di plinto presente al disotto della pila
- nella quinta colonna la pressione massima di contatto fondazione/terreno in esercizio (Mpa)
- nella sesta colonna la pressione minima di contatto fondazione/terreno in esercizio (Mpa)
- nella settima colonna la pressione media di contatto fondazione/terreno in esercizio (Mpa)
- nella ottava colonna la pressione massima di contatto fondazione/terreno in sisma ($s=6$ - Mpa)
- nella nona colonna la pressione minima di contatto fondazione/terreno in sisma ($s=6$ - Mpa)
- nella decima colonna la pressione media di contatto fondazione/terreno in sisma ($s=6$ - Mpa)

(Nelle tabelle seguenti gli sforzi assiali negativi sono di compressione)

Pila N°	H_{pila} (m)	Q_{terra} (m)	tipo plinto	Esercizio			Sisma $s = 6$		
				σ_{max} (MPa)	σ_{min} (MPa)	σ_{med} (MPa)	σ_{max} (MPa)	σ_{min} (MPa)	σ_{med} (MPa)
1	10.08	0.50	FD7.1x9.2	-0.421	-0.017	-0.237	-0.409	-0.017	-0.232
2	9.82	0.50	FD7.1x9.2	-0.417	-0.020	-0.236	-0.404	-0.020	-0.231
3	9.55	0.50	FD7.1x9.2	-0.412	-0.023	-0.235	-0.398	-0.024	-0.230

4 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI AMMISSIBILI PER FONDAZIONI DIRETTE

Gli spostamenti ammissibili sono valutati secondo quanto indicato nell'allegato B all'istruzione I/SC/PS-OM/2298 del 02/06/95 "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo". La rigidezza complessiva della sottostruttura deve essere non inferiore a $2000 \times L_{\text{impalcato}} \times \text{numero dei binari}$; pertanto la cedevolezza complessiva del sistema deve risultare:

$$1/R_{\text{pila}} + 1/R_{\text{fond}} \leq 1/(2000 \times L_{\text{impalcato}} \times N_{\text{binari}}) = 1/(2000 \times 25 \times 1) = 1/50000$$

da cui :

$$1/R_{\text{fond}} = 1/50000 - 1/R_{\text{pila}}$$

con:

$$R_{\text{pila}} = 3EJ_{\text{long}}/H_{\text{pila}}^3 \quad (H_{\text{pila}} = \text{distanza estradosso plinto} - \text{centro di rotazione appoggi} = H_{\text{ferro}} - H_{\text{impalcato}} - 0.1)$$

Lo spostamento orizzontale ammissibile è pari al rapporto tra la forza orizzontale agente in testa pila (F_H) e la rigidezza della fondazione (R_{fond}): $S_{H,\text{amm}} = F_H / R_{\text{fond}}$

La valutazione degli spostamenti ammissibili è stata fatta per la tipologia di fondazione ricorrente e per una pila di altezza pari a 10.08 (pila di altezza massima) :

$$\begin{aligned} 1/R_{\text{pila}} + 1/R_{\text{fond}} = 1/R_{\text{sistema}} = 1/(2000 \times L \times N_{\text{bin}}) &= & 2.0\text{E-}05 & \text{ [m/kN]} \\ L &= & 25 & \text{ [m]} \\ N_{\text{bin}} &= & 1 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pila}} = 3 * E * J_L / H_p^3 &= & 1290041 & \text{ [kN/m]} \\ E &= & 33721650 & \text{ [kN/mq]} \\ J_L &= & 3.784 & \text{ [m^4]} \\ H_p &= & 6.67 & \text{ [m]} \\ H_{\text{ferro}} &= & 10.08 & \text{ [m]} \end{aligned}$$

$$R_{\text{fond}} = 1/(1/R_{\text{sistema}} - 1/R_{\text{pila}}) = 52016 \text{ [kN/m]}$$

$$S_{H,\text{amm}} = F_{H,\text{max}} / R_{\text{fond}} = 1.52 \text{ [cm]}$$

$$\text{(cfr. doc. 21597_01) } F_{H,\text{max}} = 791 \text{ [kN]}$$

5. SPALLA B – CALCOLO PRESSIONI DI CONTATTO PLINTO-TERRENO

Il calcolo delle pressioni di contatto terreno/fondazione agenti ad intradosso plinto delle spalle tipologiche di altezza H (distanza P.F. – estradosso impalcato) compresa tra 8.5 m e 11.0 m è effettuato all'interno del paragrafo 7.1 della Relazione di Calcolo (31607_02 spalla tipologica di altezza 11.00 m > 9.30 con sisma S=6):

31607_02	Spalla impalcato 2 cassoncini, singolo binario, L=25 m, H=11.00 m Relazione di Calcolo
----------	---

Risultano in particolare i valori seguenti (spalla di altezza 11.00 m):

σ_{med} = pressione media di contatto (= N/A)	=	0.245 MPa
σ_{max} = pressione massima di contatto	=	0.336 MPa
σ_{min} = pressione minima di contatto	=	0.145 MPa

6. OPERE PROVVISORIALI DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI

Di seguito si riassumono per ciascuna pila i dati relativi alle altezze di scavo, alla falda e alle eventuali opere provvisorie:

Pila/ spalla	Q piano campagna [m s.l.m.]	Q falda [m s.l.m.]	H scavo [m]	Tipo terreno	spessore tappo di fondo/ magro [m]	O.P.
P1	143,00	127,50	2,95	2	-	Paratia di micropali lato linea storica
P2	143,00	127,50	2,95	2	-	-
P3	143,00	127,50	2,95	2	-	-
SpB	143,00	127,50	2,65	2	-	-

In adiacenza alla fondazione della pila P1 è prevista una paratia di micropali destinata a proteggere il rilevato ferroviario della linea storica Milano-Verona durante i lavori di realizzazione del plinto. La paratia è realizzata con micropali di altezza pari a 8,00 m, diametro $\Phi 220\text{mm}/25''$ e si sviluppa per una lunghezza pari a 13,50 m con un cordolo di testa di dimensioni 0,30x0,30. Per quanto riguarda il dimensionamento della paratia si rimanda alla relazione "Interconnessione Brescia Est – Galleria artificiale su linea storica – Relazione di calcolo galleria" doc. IN0500DE2CLGA2100002, in cui il dimensionamento viene condotto per un'altezza di scavo pari 2 m.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 12187_04

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

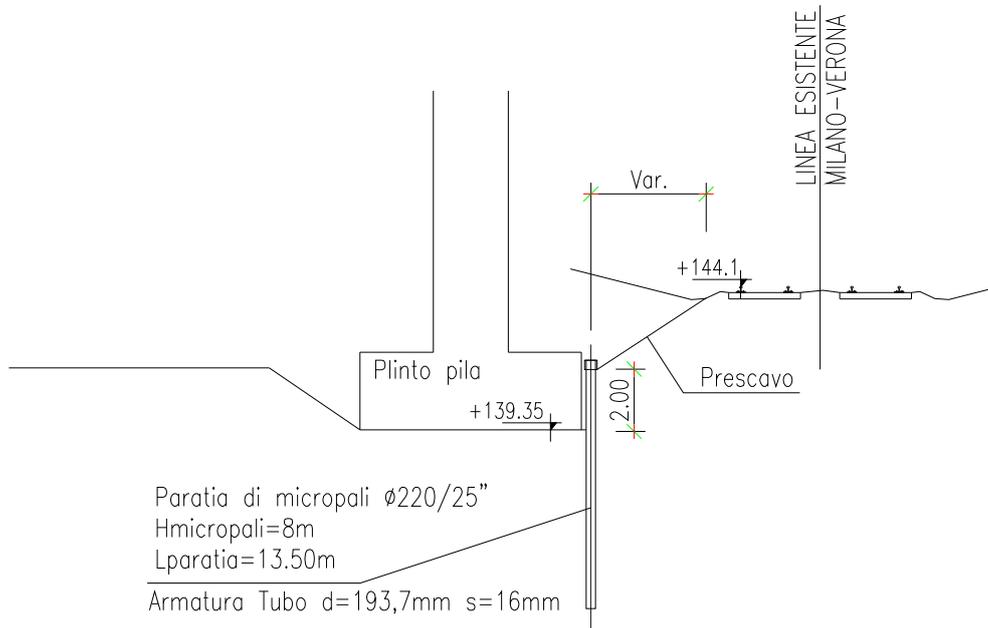
DE2CLVI2800001

Rev.

0

Foglio

10 di
10



Al di sopra della paratia verrà collocata una barriera pesante costituita da sostegni in acciaio Fe430, profilo HEA160, interasse 2 m e tavolati di spessore 30 mm.