

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 1D - VI27  
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. A23408 - Sez. A Settori:  
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02.52020157 - 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	7	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 12133\_05.doc



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 12133\_05

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2CLVI2700001

Rev.  
0

Foglio  
2 di 14

## INDICE

1. GENERALITÀ.....	3
2. DATI DI CALCOLO PILE E PLINTI DEL VIADOTTO 1D BRESCIA EST.....	5
3. VIADOTTO 1D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI IN ESERCIZIO ED IN SISMA – SCHEMA DI RIPARTIZIONE A PLINTO RIGIDO.....	7
4. VIADOTTO 1D BRESCIA EST – DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA PALI.....	8
5. VIADOTTO 1D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI PALI DI FONDAZIONE – VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI.....	10
6. SPALLE A - CALCOLO LUNGHEZZA PALI DI FONDAZIONE.....	13
7. OPERE PROVVISORIALI DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI.....	14

## 1. GENERALITÀ

Nel presente documento si descrive il viadotto di interconnessione 1D Brescia Est, presente fra la progressiva 4+302.00 e la progressiva 4+450.90 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 151.5 m s.l.m.m. fino alla quota di 143 m s.l.m.m.. In corrispondenza dell'ultima campata lato Brescia 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 6 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  $2.40 \times 3.50$ , con altezza (da estradosso plinto a piano ferro) compresa fra 9.02 e 10.22 m. Le fondazioni sono di tipo profondo, plinti  $7.1 \times 9.2$  (h 2.30) a 6 pali  $\phi 1200$ .

La spalla A del viadotto 1D Brescia Est è su fondazione profonda a 12 pali  $\phi 1200$ , di dimensioni  $12.8 \times 9.2$  h 2.0 m.

Nella presente specifica si riportano le sollecitazioni massime in testa ai pali per la condizione d'esercizio e per la condizione sismica.

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. 12133\_05

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2CLVI2700001Rev.  
0Foglio  
4 di 14

N° pila	progressiva	H pila (m)	H fusto (m)	L <sub>sinistra</sub> (m)	L <sub>destra</sub> (m)	h terra (m)	Raggio (m)	Tipo plinto (n. pali)
SPA	4+302.00	8.74	5.03		25	0.50	1500	12Φ1200
1	4+325.90	9.02	3.91	25	25	0.50	1500	6 pali φ1200 7.1 X 9.2 H = 2.30 m
2	4+350.90	9.32	4.21	25	25	0.50	1500	
3	4+375.90	9.62	4.51	25	25	0.50	1500	
4	4+400.90	9.92	4.81	25	25	0.50	1500	
5	4+425.90	10.22	5.11	25	25	0.50	1500	
GA21	4+450.90			25			1500	

## 2. DATI DI CALCOLO PILE E PLINTI DEL VIADOTTO 1D 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. 12133\_05

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2CLVI2700001Rev.  
0Foglio  
6 di 14
**VIADOTTO 1D BRESCIA EST – PILA TIPOLOGICA LAMELLARE 2 CASSONCINI 25 – PLINTO 6 PALI  $\phi$ 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 <sup>4</sup> ]
10	AREA TRASVERSALE DELLA PILA	8.155	[m <sup>2</sup> ]
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	NUMERO DI PALI	6	
18	PALIFICATA: MODULO DI RESISTENZA LONGITUDINALE	15.3	[m]
19	PALIFICATA: MODULO DI RESISTENZA TRASVERSALE	14.4	[m]
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>4</sup> ]
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 <sup>3</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]
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 1D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI IN ESERCIZIO ED IN SISMA – SCHEMA DI RIPARTIZIONE A PLINTO RIGIDO

Nelle tabelle di cui alle pagine seguenti si riportano i massimi carichi agenti sui pali di fondazione 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:

$$Q_{\text{palo}} = N_v/n^{\circ}\text{pali} + M_l/W_{l,\text{palo}} + M_t/W_{t,\text{palo}}$$

Con:

$N_v$  = carico assiale agente sulla palificata

$M_l$  = momento flettente longitudinale agente sulla palificata

$M_t$  = momento flettente trasversale agente sulla palificata

$W_{l,\text{palo}}$  = momento resistente longitudinale della palificata

$W_{t,\text{palo}}$  = momento resistente trasversale della palificata

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 il carico massimo agente in testa ai pali in condizioni di esercizio (kN)
- nella sesta colonna il carico minimo agente in testa ai pali in condizioni di esercizio (kN)
- nella settima colonna il taglio massimo agente sulla palificata in condizioni di esercizio (kN)
- nella ottava colonna il carico massimo agente in testa ai pali in condizioni di sisma ( $s = 6$  - kN)
- nella nona colonna il carico minimo agente in testa ai pali in condizioni di sisma ( $s = 6$  - kN)
- nella decima colonna il taglio massimo agente sulla palificata in condizioni di sisma ( $s = 6$  - kN)

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

Pila N°	$H_{\text{pila}}$ (m)	$Q_{\text{terra}}$ (m)	Npali	Esercizio			Sisma $s = 6$		
				$Q_{\text{maxp}}$ (kN)	$Q_{\text{minp}}$ (kN)	$T_{\text{max}}$ (kN)	$Q_{\text{maxp}}$ (kN)	$Q_{\text{minp}}$ (kN)	$T_{\text{max}}$ (kN)
1	9.02	0.50	6	-3489	-1266	1142	-3526	-1223	1164
2	9.32	0.50	6	-3524	-1253	1134	-3566	-1203	1170
3	9.62	0.50	6	-3559	-1239	1129	-3607	-1182	1176
4	9.92	0.50	6	-3594	-1225	1124	-3649	-1162	1182
5	10.22	0.50	6	-3628	-1211	1119	-3690	-1141	1188

#### 4. VIADOTTO 1D BRESCIA EST – DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA PALI

In aderenza a quanto suggerito nel paragrafo 6.3.2 del documento IN0500DE2RBRG0005003 (“Analisi tipologica delle palificate di fondazione non soggette a scalzamento”) si considera, nella determinazione della lunghezza dei pali, l’incremento di carico assiale derivante dall’*effetto gruppo* (rispetto alla massima azione ottenuta dall’analisi a plinto rigido - si veda il precedente paragrafo).

Nella tabella seguente si riporta:

- nella prima colonna il numero della pila
- nella seconda colonna il massimo carico assiale derivante dalla ripartizione a plinto rigido (involuppo delle condizioni di sisma ed esercizio di cui alla tabella riportata nel paragrafo 3)
- nella terza colonna il valore di incremento  $\Delta N_{group}$  come suggerito dalla tabella 21 contenuta nel paragrafo 6.3.2 del documento IN0500DE2RBRG0005003
- nella quarta colonna il valore del massimo carico assiale sul palo più sollecitato, già comprensivo dell’incremento  $\Delta N_{group}$
- nella quinta colonna la lunghezza dei pali di fondazione, determinata sulla base delle curve di capacità portante di cui al documento IN0500DE2RBVI270X001 (“Viadotto 1D Brescia Est – Relazione geotecnica”), diagrammi riportati per comodità nel seguito.

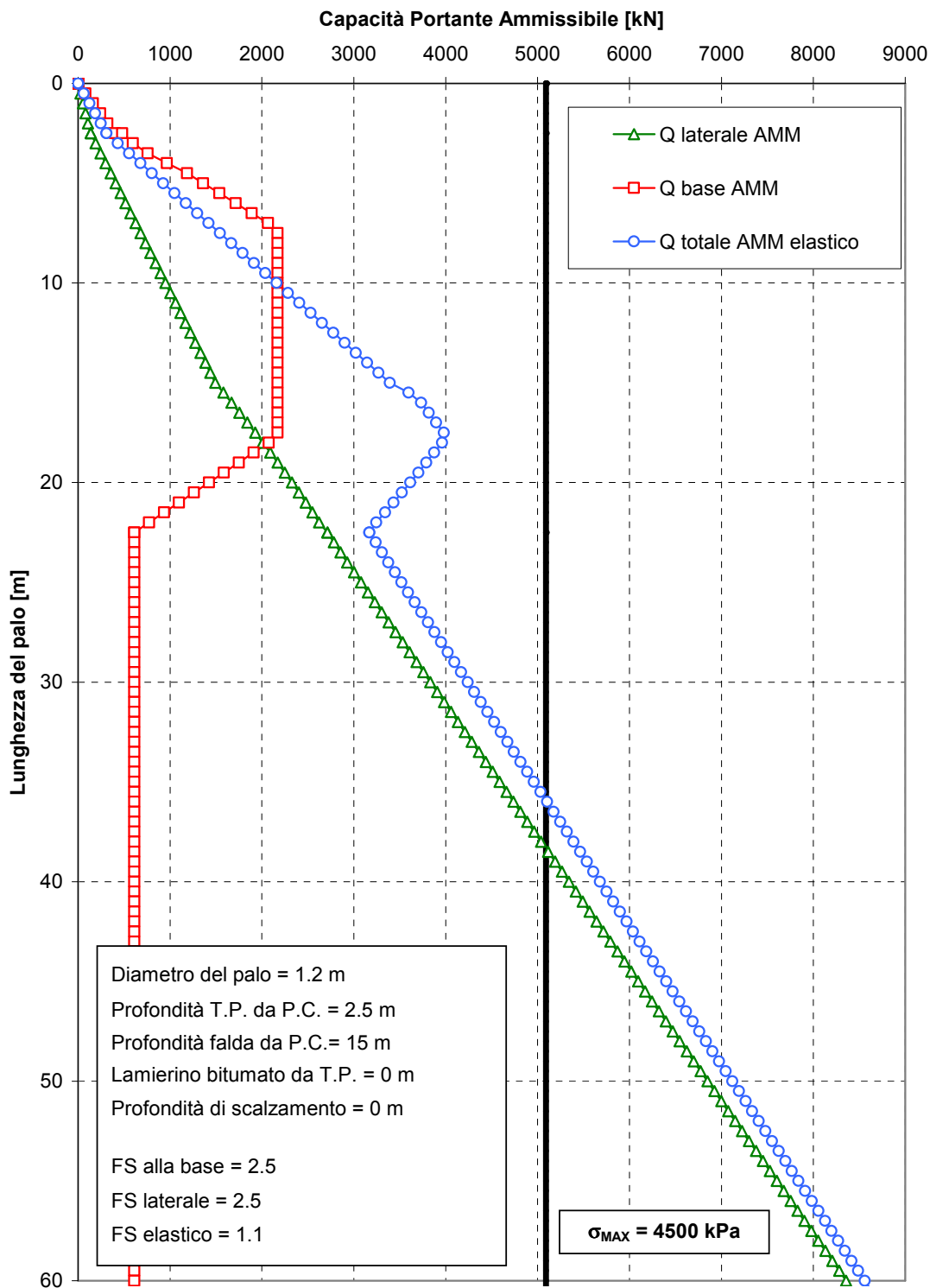
Nelle tabelle che seguono le sollecitazioni assiali agenti in testa ai pali di fondazione (di compressione) vengono riportate con segno positivo per uniformarsi alla convenzione in uso nel documento IN0500DE2RBRG0005003.

NOTA: il terreno del sito di riferimento può essere classificato come terreno tipo 3 (argilla).

Pila	$N_{max,plinto\ rigid}$	$\Delta N_{group}$	$N_{max}$	$L_{palo}$
N°	(kN)	(kN)	(kN)	(m)
1	3526	150	3676	<b>28.00</b>
2	3566	150	3716	<b>28.00</b>
3	3607	150	3757	<b>28.00</b>
4	3649	150	3799	<b>28.00</b>
5	3690	150	3840	<b>28.00</b>



**CEPAV DUE - IC Brescia Est - Viadotti 1D e 2D**





## 5. VIADOTTO 1D BRESCIA EST – SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI PALI DI FONDAZIONE – VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI

Nel seguito si determinano le sollecitazioni da utilizzarsi nelle verifiche di resistenza secondo quanto suggerito nel paragrafo 7 del documento IN0500DE2RBRG0005003 (“Analisi tipologica delle palificate di fondazione non soggette a scalzamento”).

In particolare si determinano le sollecitazioni seguenti:

### Palo maggiormente sollecitato

Per quanto riguarda il palo maggiormente sollecitato della palificata si farà riferimento alle seguenti espressioni:

$$N_{MAX} = N_{el,MAX} + \Delta N_{GROUP}$$

$$T_{MAX} = g \cdot T_{medio} = g \cdot \frac{T}{n}$$

$$M_{MAX} = k \cdot T_{MAX}$$

dove:

$N_{MAX}$ =	massima azione assiale agente sul palo maggiormente sollecitato;
$T_{MAX}$ =	massima azione tagliante agente sul palo maggiormente sollecitato;
$M_{MAX}$ =	massima azione flettente agente sul palo maggiormente sollecitato;
$N_{el,MAX}$ =	massima azione assiale agente sul palo maggiormente sollecitato ricavata mediante ripartizione a plinto rigido;
$\Delta N_{GROUP}$ =	incremento di carico dovuto all'effetto gruppo (si veda par. 6.3.2 doc. IN0500DE2RBRG0005003);
$n$ =	numero di pali della palificata;
$g$ =	coefficiente di ripartizione dei tagli in gruppo (si veda par. 6.2 doc. IN0500DE2RBRG0005003);
$k$ =	coefficiente che correla il valore del taglio massimo con il valore del momento massimo in testa al palo (si veda par. 5 doc. IN0500DE2RBRG0005003);
$T$ =	azione tagliante agente in testa alla palificata;

### Palo meno sollecitato

Per quanto riguarda il palo meno sollecitato della palificata si farà riferimento alle seguenti espressioni:

$$N_{min} = N_{el,min} - \Delta N_{GROUP}$$

$$T_{min} = T_{medio} = \frac{T}{n}$$

$$M_{min} = k \cdot T_{min}$$

dove:

$N_{min}$ =	azione assiale agente sul palo meno sollecitato;
$T_{min}$ =	massima azione tagliante agente sul palo meno sollecitato;
$M_{min}$ =	massima azione flettente agente sul palo meno sollecitato;
$N_{el,min}$ =	minima azione assiale agente sul palo ricavata mediante ripartizione a plinto rigido;

Nelle tabelle seguenti si riporta:

- nella prima colonna il numero della pila
- nella seconda colonna il tipo di plinto presente
- nella terza colonna il valore di incremento  $\Delta N_{group}$
- nella quarta colonna il valore del coefficiente  $g$
- nella quinta colonna il valore del coefficiente  $k$
- nella sesta colonna il valore  $N_{max}$  = massima azione assiale agente sul palo maggiormente sollecitato
- nella settima colonna il val.  $T_{max}$  = massima azione tagliante agente sul palo maggiormente sollecitato
- nella ottava colonna il val.  $M_{max}$  = massima azione flettente agente sul palo maggiormente sollecitato
- nella nona colonna il valore  $N_{min}$  = azione assiale agente sul palo meno sollecitato
- nella decima colonna il val.  $T_{min}$  = massima azione tagliante agente sul palo meno sollecitato
- nella undicesima colonna il val.  $M_{min}$  = massima azione flettente agente sul palo meno sollecitato

Nel seguito si considera con atteggiamento del tutto prudentiale un'involuppo delle condizioni di esercizio e di sisma ; si assumono infatti nel calcolo delle sollecitazioni sul palo, i valori limite di  $N_{el,max}$ ,  $N_{el,min}$  e  $T$  registrabili in esercizio ed in sisma (si veda la tabella di cui al precedente paragrafo 3).

NOTA: il terreno del sito di riferimento può essere classificato come terreno tipo 3 (argilla).

### Pali $\phi 1200$

Pila N°	Npali	$\Delta N_{group}$ (kN)	$g$	$k$	$N_{max}$ (kN)	$T_{max}$ (kN)	$M_{max}$ (kN.m)	$N_{min}$ (kN)	$T_{min}$ (kN)	$M_{min}$ (kN.m)
1	6	150	1.2	2.5	3676	233	582	1073	194	485
2	6	150	1.2	2.5	3716	234	585	1053	195	488
3	6	150	1.2	2.5	3757	235	588	1032	196	490
4	6	150	1.2	2.5	3799	236	591	1012	197	493
5	6	150	1.2	2.5	<b>3840</b>	238	<b>594</b>	<b>991</b>	198	<b>495</b>

Si riportano nel seguito le verifiche di resistenza del palo.

### **Pali $\phi 1200$**

Il palo di fondazione tipologico del Viadotto 1D Brescia Est presenta un'armatura pari a 14 barre  $\phi 25$  disposte su una circonferenza di 103.5 cm di diametro ( $A_s = 0.61\% A_c$ ); i tassi di lavoro messi in evidenza dalle verifiche nel seguito riportate (si considerano le coppie momento sforzo assiale che generano i tassi più gravosi nel calcestruzzo e nell'acciaio) sono inferiori ai limiti prescritti dalla normativa ferroviaria. Si esegue nel seguito (per la condizione di esercizio) il calcolo della massima trazione agente sul calcestruzzo nell'ipotesi di sezione interamente reagente :

$$\sigma_c = N/A_{palo} + M/W_{palo} = -991 \text{ E}+3 / 1.227 \text{ E}+6 + 495 \text{ E}+6 / 2.062 \text{ E}+8 = 1.593 \text{ N/mm}^2 < f_{ctm} =$$

$$= 0.27 \cdot \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 2.607 \text{ N/mm}^2$$

con:  $A_{paolo,omog} = 1.2271 \text{ E}+6 \text{ mm}^2$  ;  $W_{palo,omog} = 2.062 \text{ E}+8 \text{ mm}^3$

Il momento di fessurazione risulta pertanto superiore al momento di verifica.

Il taglio massimo agente sui pali considerati è pari a  $T_{max} = 238 \text{ kN}$ ; lo stesso determina una tensione tangenziale sul palo pari a:  $\tau = 4/3 (T/A_{palo}) = 0.258 \text{ MPa} < \tau_{c0} = 0.60 \text{ MPa}$  (per un calcestruzzo  $R_{ck} 30$ ).

### **SEZIONI CIRCOLARI E ANULARI - VERIFICA DELLA SEZIONE PARZIALIZZATA (palo $\phi 1200$ )**

Diametro della sezione = 120.0 cm

14 tondi  $\phi 25$  mm su una circonferenza di diametro 103.5 cm

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Sono positive le trazioni

#### Condizione di carico 1

Momento = **594.0** (KN.m)  
Sforzo normale = **-3840.0** (KN)

La sezione non si parzializza

Compressione massima nel calcestruzzo = **-6.24** (N/mm<sup>2</sup>)  
Compressione minima nel calcestruzzo = **-0.02** (N/mm<sup>2</sup>)

#### Condizione di carico 2

Momento = **495.0** (KN.m)  
Sforzo normale = **-991.0** (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = **-4.71** (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = **70.84** (N/mm<sup>2</sup>)

## 6. SPALLE A - CALCOLO LUNGHEZZA PALI DI FONDAZIONE

Il calcolo degli scarichi massimi agenti sui pali di fondazione delle spalle tipologiche di altezza H (distanza P.F. – estradosso impalcato) compresa tra 8.50 m e 11.00 m è effettuato all'interno del paragrafo 7.3 della Relazione di Calcolo (31607\_02 spalla tipologica di altezza 11.00 m > 8.74 con sisma S=6):

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

La Relazione Geotecnica del Viadotto Brescia Est 1D (doc. 03519\_05) indica per profondità inferiori a 25 m (da piano campagna) un terreno di tipo 2. Nel documento 03725\_05 sono state condotte le analisi tipologiche sulle palificate dalle quali risulta un incremento  $\Delta N_{group}$  pari a **100 kN** per la palificata a 12 pali  $\phi 1200$ . Si perviene ai valori di scarico seguenti (già affetti dal  $\Delta N_{group}$ ):

STRATIGRAFIA 1-2		ESERCIZIO		SISMA	
Altezze	Palificata	$N_{max}$ [kN]	$N_{min}$ [kN]	$N_{max}$ [kN]	$N_{min}$ [kN]
H = 11.00 m	12 $\phi 1200$	2892.1	1911.6	<b>3064.7</b>	1643.8
H = 10.50 m	12 $\phi 1200$	2807.4	1842.1	<b>2950.5</b>	1608.0
H = 10.00 m	12 $\phi 1200$	2731.3	1766.3	<b>2848.0</b>	1576.8
H = 9.50 m	12 $\phi 1200$	2651.2	1696.6	<b>2743.0</b>	1532.0
H = 9.00 m	12 $\phi 1200$	2567.7	1632.1	<b>2636.8</b>	1490.1
H = 8.50 m	12 $\phi 1200$	2492.0	1561.8	<b>2540.8</b>	1440.1

Poiché la Spalla A del Viadotto Bresci Est 1D presenta un'altezza P.F. – estradosso plinto pari a 8.74 m, si ritiene opportuno considerare un'interpolazione lineare dei valori di massimo scarico dati dalle altezze 8.50 m e 9.00 m. Mediante la curva di capacità portante propria del tratto in oggetto per pali  $\phi 1200$  si determina una lunghezza palo pari a **13.0 m** (corrispondente ad un carico sul palo di **2587 kN**).

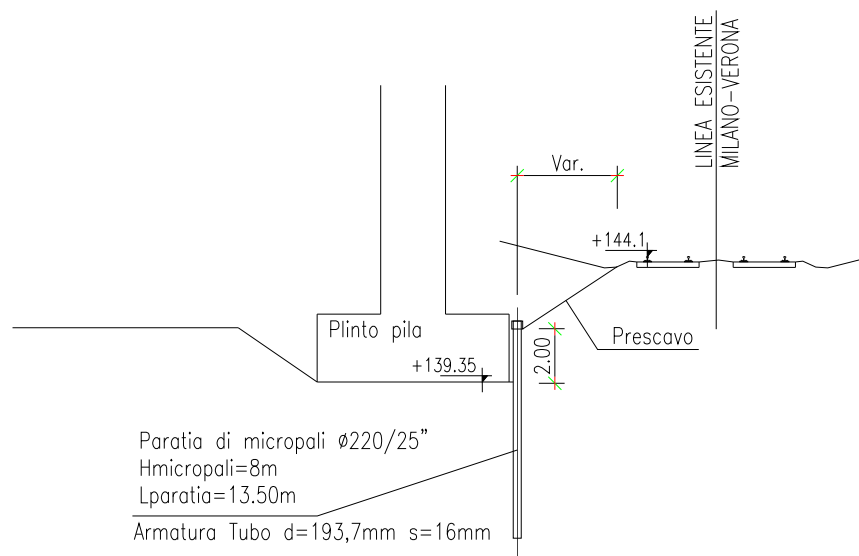
Nel Par. 12 del sopra citato documento vengono altresì riportate le verifiche statiche dei pali  $\phi 1200$  delle spalle in Stratigrafia 1-2.

## 7. 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 provvisionali:

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.
SpA	143,00	127,50	2,65	2	-	-
P1	143,00	127,50	2,95	2	-	-
P2	143,00	127,50	2,95	2	-	-
P3	143,00	127,50	2,95	2	-	-
P4	143,00	127,50	2,95	2	-	Paratia di micropali
P5	143,00	127,50	2,95	2	-	Paratia di micropali

In adiacenza alle fondazioni delle pile P4 e P5 sono previste delle paratie di micropali destinate a proteggere il rilevato ferroviario della linea storica Milano-Verona durante i lavori di realizzazione dei plinti. Ciascuna 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 delle paratie 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.



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