

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

U.O. PRODUZIONE CENTRO - NORD

PROGETTO PRELIMINARE

**LOTTO FUNZIONALE TRATTA BRESCIA-VERONA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST**

PROGETTO INFRASTRUTTURA

VI05 - VIADOTTO BOLOGNA - Relazione tecnica

SCALA:

1

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 0 9 1 0 R 2 6 C L V I 0 5 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizz.
A	Emissione esecutiva	M. Rigo	feb.2016	M. Rigo	feb.2016	C. M. Rocchi	feb.2016	ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Produzione Centro Nord Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° 16392 sez. A

File: IN0910R26CLVI0500001A.dwg

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STATO DI FATTO E DI PROGETTO.....	3
2.1	Fasi operative.....	6
3	NORME DI RIFERIMENTO.....	7
4	MATERIALI UTILIZZATI.....	9
5	PREDIMENSIONAMENTO DELL'OPERA	12
5.1	Caratterizzazione del terreno	12
5.2	Analisi dei carichi	12
5.3	Verifica di resistenza impalcato	15
5.4	Spalla – pre-dimensionamento e verifica pali di fondazione	16
5.5	Pila intermedia – dimensionamento e verifica micropali	18

1 PREMESSA

Con Lettera di Incarico RFI-DIN-IAVA0011\P\2015\0000796 del 22.12.2015, viene chiesto a Italferr di dare avvio all'integrazione del Progetto Preliminare redatto nel 2014 a seguito dell'entrata in vigore della Legge di Stabilità 2014, che all'articolo 1 comma 76 annovera le tratte Brescia-Verona e Verona-Padova tra quelle da realizzare per lotti costruttivi. In particolare, viene richiesto l'inserimento del progetto di un nuovo ponte a tre campate sulla Linea Bologna-Verona necessario per consentire il sottoattraversamento della Bologna-Verona stessa da parte della nuova linea AV/AC Milano-Verona nella configurazione con l'ingresso nella nuova "stazione elementare" di Verona.

La presente relazione di calcolo ha per oggetto il predimensionamento degli impalcati, delle pile e delle fondazioni costituenti il viadotto in oggetto.

2 STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Nell'attuale configurazione del Nodo di Verona, le linee ferroviarie esistenti in ingresso nel nodo si sviluppano su due corridoi principali:

- o il primo di penetrazione da nord in stazione di Porta Nuova (sui primi binari);
- o il secondo di penetrazione da sud in stazione di Porta Nuova, con collegamento all'attuale scalo merci ed inserimento sugli ultimi binari di stazione.

Nel tratto che precede l'ingresso in stazione, la linea Bologna-Verona sovrappassa le linee Brennero-Verona e Quadrante Europa-Verona tramite un'opera di scavalco a tre luci. In particolare si ha:

- o Il primo scavalco, lato ovest, è realizzato mediante un impalcato a travi incorporate (luce 13.8m) e consente l'attraversamento della linea Q.E.-Vr. Questa campata sarà demolita.
- o Il terzo scavalco, invece, posto ad est, è realizzato mediante un ponte a travi in ca (luce 13,8m) e consente l'attraversamento della linea Brennero-Verona. Questa campata sarà compatibilizzata con la nuova opera in progetto.
- o Il fornice centrale, realizzato in analogia al terzo (luce 14.2m), risulta libero da linee ferroviarie sottostanti. Questa campata sarà demolita.

Nel tratto interessato da questo intervento, in una fase successiva a quella in oggetto, i binari AV/AC si inseriranno in un corridoio individuato dalle linee merci Brennero-Verona Scalo e QE-Verona Scalo, fino ad occupare il sedime attuale di quest'ultima in prossimità del quartiere Santa Lucia. Si è previsto in questa fase di realizzare preventivamente un'opera d'arte, denominata Viadotto Bologna, compatibile con la futura configurazione dei binari sottostanti, mediante interruzione dell'esercizio ferroviario sulla linea BO-VR che verrà deviato sul raccordo Bivio S. Lucia – Verona P.N. Scalo.

Si prevede la realizzazione di un elemento a due luci, che va ad affiancare quella più a nord che viene mantenuta in essere. Tale opera viene denominata *Viadotto Bologna*.

La nuova spalla verrà realizzata circa 7,00m più a sud rispetto alla attuale, su pali di grosso diametro (Ø1,20m), mentre la pila intermedia verrà realizzata su micropali per la probabile interferenze con le opere di fondazione delle strutture attuali e avrà dimensioni in pianta pari a 2,00x12,30. Le due strutture avranno altezza di 8,50m.

La pila mantenuta in essere ha dimensioni in pianta di circa 2,50x11,50m ed una altezza di circa 11,00m. Il nuovo impalcato, a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo, che andrà a poggiare sulla pila in oggetto ha una luce di 19,40m per cui si avrà un incremento di carico verticale di circa 65t che incidono per circa l'8,5% sul peso complessivo della pila stessa. Se si considerano anche i carichi da traffico ferroviario dinamizzati tale incidenza passa a circa il 15%, valore ancora accettabile.

Gli interventi da prevedere sulla pila che viene mantenuta consisteranno nella realizzazione dei nuovi baggioli per l'appoggio dell'impalcato da 19,40m di luce e nel consolidamento della fondazione mediante micropali ed eventualmente del fusto della pila stessa.

Gli impalcati, come anticipato, saranno realizzati con travi in acciaio a doppio T inglobate in un getto di calcestruzzo di spessore maggiore dell'altezza delle travi stesse allo scopo di ottenere un sufficiente ricoprimento del lembo superiore.

La campata più a sud sarà costituita da un impalcato avente luce, tra gli assi degli appoggi, di 15,62m per cui la trave metallica sarà costituita da un profilo HEB 900.

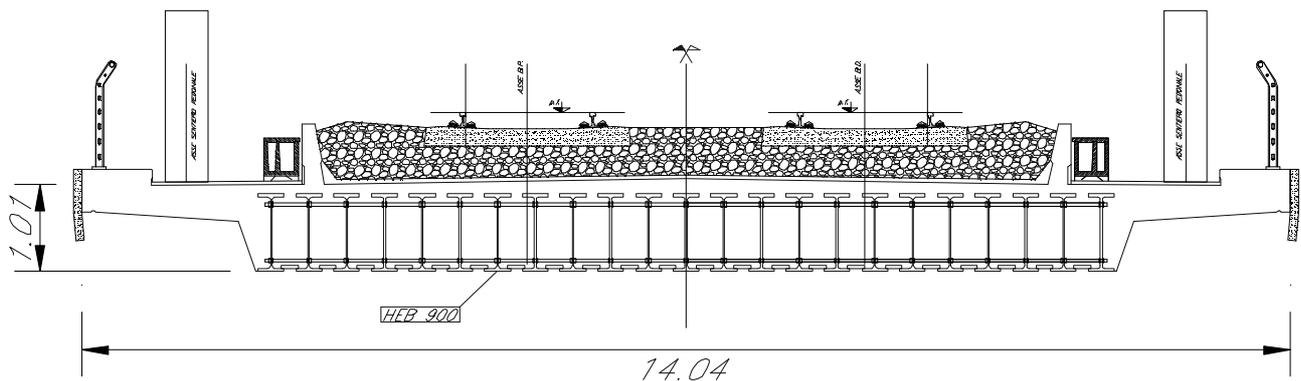


Figura 1 Sezione trasversale impalcato da 15,62m

La campata centrale sarà costituita da un impalcato avente luce, tra gli assi degli appoggi, di 18,48m per cui la trave metallica sarà costituita da un profilo HEB 1000.

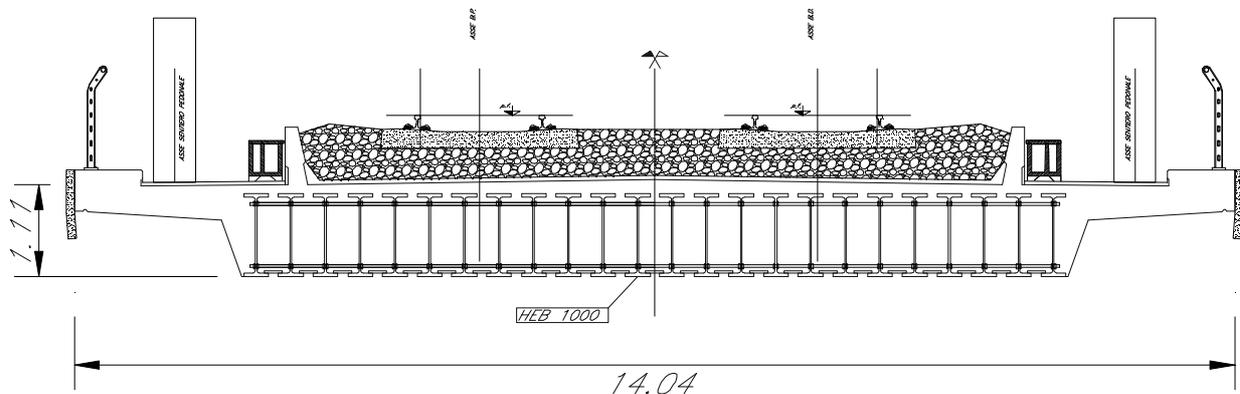


Figura 2 Sezione trasversale impalcato da 18,48m

La progettazione del viadotto in oggetto tiene conto della configurazione che si verrà ad avere a regime quando al di sotto della campata più a sud passerà la linea merci Q.E. – Verona Scalo e sotto a quella centrale passeranno i binari della linea AV/AC a servizio della nuova “stazione elementare” di Verona P.N.. Con la presente fase progettuale, invece, i binari della linea Q.E. – Verona Scalo, dovendosi riallacciare all’attuale sedime a monte e a valle del presente viadotto, passeranno provvisoriamente sotto la campata centrale con una quota massima del piano del ferro pari a +70.04m garantendo un franco rispetto all’intradosso dell’impalcato di 6.01m.

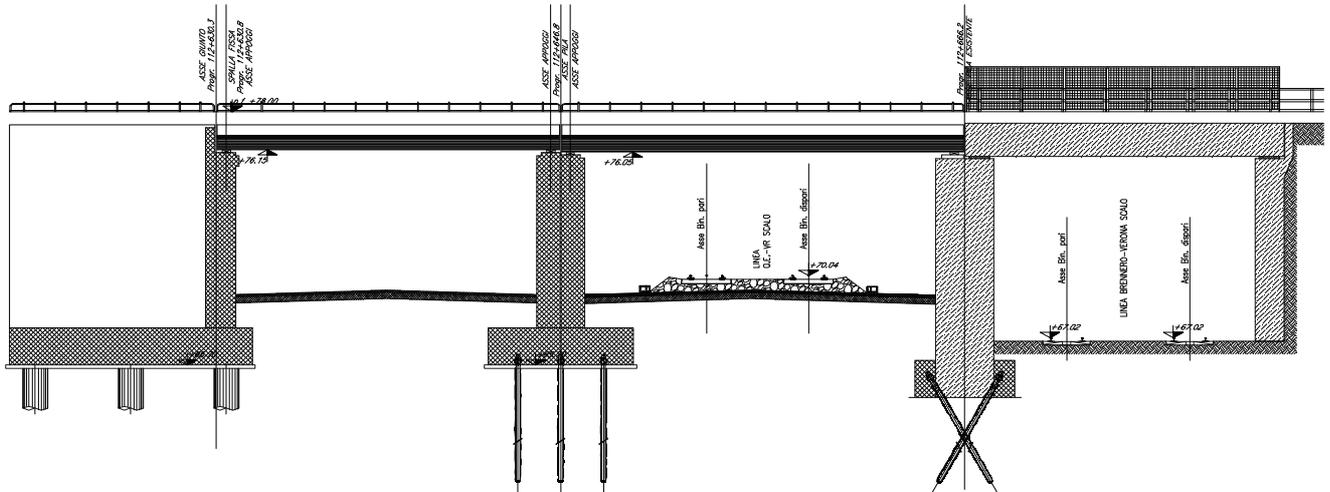


Figura 3 Sezione longitudinale Viadotto Bologna

2.1 FASI OPERATIVE

L'intervento in oggetto, inserito nella presente fase dell'ingresso Ovest al Nodo AV di Verona Porta Nuova, è un'opera propedeutica alla realizzazione della sede, delle opere e degli impianti necessari all'attivazione della linea AV/AC nel tratto di inserimento in Porta Nuova nella futura configurazione definitiva.

L'intervento può essere realizzato procedendo con l'interruzione dell'esercizio ferroviario della Linea Bologna-Verona e deviando lo stesso sul raccordo più a sud, che permette il collegamento della linea direttamente con Verona P.N. Scalo, limitando al massimo le soggezioni all'esercizio ferroviario sull'attuale linea Bologna-Verona.

Si ipotizzano le seguenti fasi:

1. Previa interruzione della Linea merci Bivio Fenilone – Verona Scalo, si procede alla demolizione dell'impalcato intermedio in c.a. e di quello più a sud realizzato a travi metalliche incorporate;
2. Demolizione della spalla a sud e della pila intermedia;
3. Consolidamento con micropali della pila esistente rimasta in opera e realizzazione dei nuovi baggioli a supporto della nuova campata centrale;
4. Realizzazione della nuova pila intermedia (fondazione su micropali e setto);
5. Realizzazione della nuova spalla a sud del viadotto (fondazione su pali e paramenti verticali);
6. Realizzazione della sede ferroviaria in corrispondenza delle due nuove campate con realizzazione di un muro di sostegno tra la attuale Linea Brennero – Verona Scalo, a quota +67.02m, e la futura linea AV/AC, a quota +70.04m;
7. Al fine di ridurre il tempo di interruzione della linea Bivio Fenilone – Verona Scalo, si prevede la costruzione degli impalcati a travi incorporate fuori opera, su apposite strutture, con successivo varo in opera mediante traslazione trasversale o posa a mezzo gru;
8. Ripristino della linea Bivio Fenilone – Verona Scalo;
9. Realizzazione della sede e degli armamenti della linea Bologna – Verona e attivazione della stessa.

3 NORME DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati condotti nell'osservanza delle Normative vigenti con particolare riferimento a Leggi, Decreti e Specifiche di seguito riportate:

- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- DM Infrastrutture 14 gennaio 2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 Nuova circolare delle Norme Tecniche per le costruzioni
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Disciplinare tecnico - Barriere Antirumore per impieghi ferroviari edizione 1998 e successive modificazioni ed integrazioni

Specifiche Tecniche di Interoperabilità:

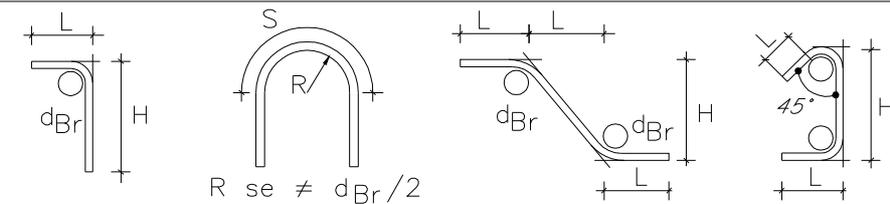
**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	8 di 19

- 2008/163/CE Specifica Tecnica di Interoperabilità “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- 2008/164/CE Specifica Tecnica di Interoperabilità “Persone a mobilità ridotta” del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- 2008/217/CE Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità;
- 2011/275/UE Specifica Tecnica di Interoperabilità sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale;
- 2012/88/UE Specifica Tecnica di Interoperabilità per i sottosistemi “Controllo-Comando e Segnalamento” del sistema ferroviario transeuropeo, modificata dalla STI 2012/696/UE (in riferimento alle norme nazionali applicabili)

4 MATERIALI UTILIZZATI

Legenda misure :



Diametro piegature d_{Br} :

ϕ Barra	<16	$d_{Br} = 4\phi$
ϕ Barra	$\phi 16 - \phi 26$	$d_{Br} = 7\phi$

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO MAGRONE

CLASSE DI RESISTENZA C12/15 (Rck 15 MPa)

CALCESTRUZZO FONDAZIONI/ELEVAZIONI

CLASSE DI RESISTENZA : C28/35 (Rck 35 MPa)

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2 (ex 2a UNI 9858)

CLASSE DI CONSISTENZA : S4

CONTENUTO MIN DI CEMENTO : 320 kg/mc

TIPO DI CEMENTO : CEM IV/B 32.5R

CLASSE CONTENUTO CLORURI : CI 0.20

ACCIAIO PER C.A.

- B450C (ex FeB44k secondo D.M. 96)

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

- Tipo S275 J2G3 (Fe430)

NOTA:

Classe di esposizione ambientale del calcestruzzo conforme alle Norme UNI EN 206-1: 2001 e UNI 11104 :2004

Sovrapposizione barre ≥ 40 diametri se non diversamente indicato.

Elemento	Copriferro (cm)	ϕ_{max} inerti (mm)
ELEVAZIONE/SOLETTE	4 (-0 +0.5)	20
DIAFRAMMI/PALI	6 (-0 +0.5)	30

Acciaio per strutture in elevazione: S275 J2G3 (UNI EN 10025-2)

Per spessore nominale dell'elemento ≤ 40 mm

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	10 di 19

$$f_{yk} = 275\text{N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 430\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 190\text{N/mm}^2$$

Per spessore nominale dell'elemento $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$

$$f_{yk} = 255\text{N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 410\text{N/mm}^2$$

Modulo elastico: $E = 210000\text{N/mm}^2$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E/[2(1+\nu)] = 80769\text{N/mm}^2$

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Densità: $\rho = 7850\text{kg/m}^3$

Acciaio dei profili laminati degli impalcati ferroviari a travi incorporate nel calcestruzzo:

S355 J0 (UNI EN 10025-2)

Per spessore nominale dell'elemento $\leq 40\text{mm}$

$$f_{yk} = 355\text{N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 510\text{N/mm}^2$$

Per spessore nominale dell'elemento $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$

$$f_{yk} = 335\text{N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 470\text{N/mm}^2$$

Modulo elastico: $E = 210000\text{N/mm}^2$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E/[2(1+\nu)] = 80769\text{N/mm}^2$

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Densità: $\rho = 7850\text{kg/m}^3$

Le travi da inglobare nel calcestruzzo, prima della messa in opera, dovranno essere sabbiare a metallo quasi bianco (grado SA 2.5). La parte inferiore delle travi (tutta la piattabanda inferiore e circa 100mm di anima a partire dal giunto a T inferiore anima-piattabanda) dovrà essere verniciata con uno dei cicli omologati secondo le istruzioni N. 44V. In alternativa, potrà prevedersi per tutta la superficie delle travi, e successivamente alla sabbiatura anzidetta, la protezione con una mano di zincante inorganico a solvente del tipo di quelli usati per i cicli omologati in accordo alla Istruzione N. 44 V dello spessore minimo previsto dal ciclo omologato. Resta inteso che anche in tal caso la parte inferiore delle travi dovrà essere verniciata con uno dei cicli omologati secondo la Istruzione N. 44 V.

L'acciaio dei tiranti dovrà essere del tipo S235 secondo UNI EN10025.

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	11 di 19

Bulloni: classe 10.9

$$f_{yb} = 900\text{N/mm}^2$$

$$f_{tb} = 1000\text{N/mm}^2$$

Acciai per C.A.: B450C

Limite di snervamento

$$f_{y \text{ nom}} = 450\text{N/mm}^2$$

Limite di rottura

$$f_{t \text{ nom}} = 540\text{N/mm}^2$$

Allungamento totale al carico massimo

$$\geq 7\%$$

Rapporto f_t/f_y

$$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$$

Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$

$$\leq 1,25$$

Tensione di snervamento caratteristica

$$f_{yk} \geq 450\text{MPa}$$

Tensione caratteristica a rottura

$$f_{tk} \geq 540\text{MPa}$$

Tensione di calcolo elastica

$$\sigma_c = 0,80 * f_{yk} = 360,00\text{MPa}$$

Fattore di sicurezza acciaio

$$\gamma_s = 1,15$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30\text{MPa}$$

Calcestruzzo: C28/35

$$R_{ck} = 35\text{N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 28\text{N/mm}^2$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 36\text{N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,77\text{N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 1,94\text{N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3} = 32308,25\text{N/mm}^2$$

Copriferri minimi:

Opere di fondazione → $c \geq 40\text{mm}$

5 PREDIMENSIONAMENTO DELL'OPERA

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

La stratigrafia di progetto e i parametri geotecnici di classificazione degli strati sono oggetto della relazione geotecnica generale a cui si rimanda per un maggiore approfondimento, di seguito si riportano i valori dei principali parametri:

UNITA' R: da p.c. a 5.00m ghiaia con sabbia limosa

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
- Densità relativa $Dr = 55 \%$
- Angolo di attrito $\phi' = 29^\circ$
- Modulo di Young operativo $E' = 30 \text{ MPa}$

UNITA' 1: da p.c. a 30m da p.c. ghiaia con sabbia

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
- Densità relativa $Dr = 70\%$
- Angolo di attrito $\phi' = 33^\circ$
- Modulo di Young operativo $E' = 60 \text{ MPa}$

In accordo con le indicazioni dei rilievi piezometrici eseguiti direttamente in foro si desume che nella zona in esame non sia presente falda superficiale ma solo a circa 25.00m da p.c.

5.2 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito verrà analizzata la sola campata di luce maggiore ossia quella da 19.40m. Per il pre-dimensionamento della campata adiacente da 16.50m si farà riferimento alle "Tabelle per il dimensionamento degli impalcati" previste nella Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo RFIDTCINCPOSPIFS004A.

Carichi permanenti = 72010daN/m

Carichi accidentali:

- LM71
 - Carico equivalente flettente = 19704daN/m
 - Carico equivalente tagliante = 21040daN/m
- SW2
 - Carico equivalente flettente = 22185daN/m
 - Carico equivalente tagliante = 22185daN/m

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	13 di 19

- Vento = 2220daN/m
- Coefficiente di incremento dinamico = $\phi = 1.249$
- Forza centrifuga:
 - LM71
 - Per effetti flettenti = 3297daN/m
 - Per effetti taglianti = 4058daN/m
 - SW2
 - Per effetti flettenti = 2030daN/m
 - Per effetti taglianti = 2030daN/m
- a 1.80m dal piano del ferro.
- Azione di frenatura:
 - LM71 = 60610daN
 - SW2 = 96425daN
- Avviamento:
 - LM71 = 100000daN
 - SW2 = 90915daN
- Azione laterale = 15950daN

Calcolo delle sollecitazioni su una fascia di 4.00m:

Momento flettente in mezzera:

- Permanenti = 1306312daNm
- Accidentali:
 - LM71 = 891850daNm
 - SW2 = 1001098daNm
- Incremento dinamico:
 - LM71 = 222070daNm
 - SW2 = 249273daNm
- Frenatura / Avviamento:
 - LM71 = 25000daNm
 - SW2 = 24106daNm

Taglio all'appoggio:

- Permanenti = 275013daN

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	14 di 19

- Accidentali:

LM71 = 199880daN

SW2 = 210758daN

- Incremento dinamico:

LM71 = 49770daN

SW2 = 52478daN

- Frenatura / Avviamento:

LM71 = 10016daN

SW2 = 9658daN

Coppie torcenti a metro lineare di impalcato:

- Forza centrifuga:

LM71

Per effetti flettenti = 10550daN/m

Per effetti taglianti = 12986daN/m

SW2

Per effetti flettenti = 6496daN/m

Per effetti taglianti = 6496daN/m

- Eccentricità di carico LM71 (8cm come da normativa):

Per effetti flettenti = 1581daN/m

Per effetti taglianti = 1683daN/m

- Effetto della sopraelevazione (trascurabile).

- Vento = 7548daNm

- Azione laterale = 22378daNm

Sollecitazioni sulla trave di bordo della fascia:

- Permanenti = 130631daNm

- Accidentali:

LM71 = 89185daNm

SW2 = 100110daNm

- Incremento dinamico:

LM71 = 22207daNm

SW2 = 24927daNm

- Frenatura / Avviamento:

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL	VI05 00 001	B	15 di 19

LM71 = 2500daNm

SW2 = 2411daNm

- Centrifuga:

LM71 = 70934daNm

SW2 = 87313daNm

- Eccentricità di carico LM71 = 10630daNm

- Vento = 50750daNm

- Azione laterale = 15838daNm

Taglio all'appoggio

- Permanenti = 27501daN

- Accidentali:

LM71 = 19988daN

SW2 = 21076daN

- Incremento dinamico:

LM71 = 4977daN

SW2 = 5248daN

- Frenatura / Avviamento:

LM71 = 1002daN

SW2 = 966daN

- Centrifuga:

LM71 = 18382daN

SW2 = 9195daN

- Eccentricità di carico LM71 = 2382daN

- Vento = 10684daN

- Azione laterale = 3334daN

5.3 VERIFICA DI RESISTENZA IMPALCATO

Le verifiche sono condotte agli stati limite ultimi facendo riferimento alla combinazione fondamentale:

$$Y_{G1}G_1 + Y_{G2}G_2 + Y_{Q1}Q_{k1} + Y_{Q2} \Psi_{02} Q_{k2} + \dots$$

Le verifiche sono condotte per il treno LM71 che nel caso in esame produce le maggiori sollecitazioni:

N = 6000daN

M = 371125daNm

$T = 83479 \text{ daN}$

da cui:

$\bar{\sigma} = 2894 < 3550 \times 1.05 = 3380 \text{ daN/cm}^2$

$\tau = 494 < 1952 \text{ daN/cm}^2$

verifica soddisfatta.

5.4 SPALLA – PRE-DIMENSIONAMENTO E VERIFICA PALI DI FONDAZIONE

Analisi di carico:

- Peso proprio = 15922kN
- Carichi trasmessi dall'impalcato (cautelativamente considerando quello da 19.40m):

Permanenti strutturali = 6875kN

Permanenti portati = 1063kN

Carico da traffico = 12822kN

Carico accidentale gravante a tergo della spalla = 40kN/mq

Le sollecitazioni dovute alla spinta del terreno saranno calcolate tenendo presente che la fondazione sarà su pali e quindi si ipotizza che la spalla sia impedita traslare rispetto al terreno. La spinta sia in condizioni di esercizio che in condizioni sismiche viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete $K_0 = 0.384$.

Sul muro frontale avremo: $S = 5080 \text{ kN}$

La spinta del sovraccarico sarà: $S = 1935 \text{ kN}$

A questi valori andrà aggiunta la sovraspinta dovuta all'azione sismica.

In analogia ad opere già progettate e realizzate, le sezioni previste in progetto per paramenti verticali e soletta di fondazione della spalla in oggetto risultano soddisfare le verifiche strutturali.

Verifica pali di fondazione:

La Normativa tecnica per le costruzioni del 2008 fornisce le indicazioni sull'approccio metodologico e sui coefficienti parziali da adottare per le verifiche geotecniche con i metodi semiprobabilistici allo stato limite ultimo e di esercizio per le opere geotecniche.

Per verificare che la fondazione sia in grado di sopportare il carico di progetto con un adeguato margine di sicurezza nei confronti dello stato limite, deve verificarsi:

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

in cui

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	17 di 19

$F_{c,d}$ è il carico verticale di progetto

$R_{c,d}$ è la capacità portante verticale di progetto allo stato limite ultimo

Le verifiche sono state effettuate utilizzando i coefficienti parziali previsti nella Tabella 6.2-II per i parametri geotecnici del terreno, e nella Tabella 6.4-II per le resistenze caratteristiche.

L'azione di progetto applicata alla fondazione può esprimersi come

$$F_{c,d} = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_Q \cdot Q$$

mentre il carico limite di progetto è ricavato come

$$R_{c,d} = R_{bd} + R_{sd}$$

in cui

$R_{b,d}$ è la resistenza alla punta di progetto

$R_{s,d}$ è la resistenza laterale di progetto.

I valori delle resistenze di progetto sono:

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$$

I valori caratteristici devono essere determinati come:

$$R_{ck} = (R_{bk} + R_{sk}) = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

in cui i valori ξ_3 , ξ_4 sono fattori che dipendono dal numero di verticali indagate (tab. 6.4.IV).

Deve, inoltre, essere considerato un effetto gruppo $\eta = 0.71$.

Considerando pali trivellati $\varnothing 1200$ L=30m si ha:

Q_b = portata limite di base = 2849t

Q_s = portata limite laterale = 612t

per n numero complessivo di 12 pali.

Procedendo con l'approccio 2: A1+M1+R3

$R_{ck} = 15574$ kN

L'azione di progetto è pari a $a = 5034$ kN

Tenendo conto dell'effetto di gruppo si ha: $11058/5034 = 2.20$ Verifica soddisfatta.

**VI05 – VIADOTTO BOLOGNA – RELAZIONE
TECNICA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN09	10	R 26 CL VI05 00 001	B	19 di 19

Si ricava che $S = 0.2\text{MPa}$

Trascurando il tratto di palo che ricade all'interno del cono di spinta (circa i primi 5m):

$$Q_s = 1885\text{kN}$$

Serviranno circa 22 micropali.

Per quanto riguarda la pila esistente, che non viene demolita, si prescrive, in pendenza di un maggiore approfondimento nei successivi livelli di progettazione, un consolidamento della fondazione mediante l'impiego di micropali.