

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J71H92000020011

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI
VI02 – PONTE SU TANGENZIALE DI TORTONA

Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento

SCALA:

-

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

I Q 0 1 0 1 R 2 6 R H V I 0 2 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Grimaldi 	Settembre 2021	A. Maran 	Settembre 2021	M. Berlingeri 	Settembre 2021	A. Perego Settembre 2021

File: IQ0101R26RHVI0200001A

n. Elab.:

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Normative	4
2.2 Elaborati di riferimento.....	4
3. MATERIALI.....	5
3.1 Calcestruzzo per elevazione	5
3.2 Calcestruzzo per plinto e pali	5
3.3 Acciaio per barre di armature	5
4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	5
5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA.....	6
5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	6
6. ANALISI DEI CARICHI	7
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2).....	7
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)	7
6.3 Effetti dinamici	9
6.4 Disposizione treni di carico	9
6.5 Carichi da traffico orizzontali	9
6.5.1 Forza centrifuga (Q4).....	9
6.5.2 Serpeggio	9
6.6 Azione del Vento (Q5)	10
7. COMBINAZIONI DI CARICO.....	10
7.1 Sollecitazione testa paratia.....	10
9. PALI DI FONDAZIONE.....	11

	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	VI0200 001	A	3 di 12

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'ambito più generale degli interventi di velocizzazione della linea Milano – Genova si inserisce il quadruplicamento della linea Tortona – Voghera.

Oggetto della presente relazione è il predimensionamento delle spalle del viadotto ferroviario, a doppio binario, *VI02*. In particolare, si analizza la *Spalla B*, che risulta essere quella più alta. Tale relazione si ritiene pertanto valida per entrambe le spalle.

Il *VI02* si sviluppa dal km 57+572,570 al km 57+597,490 per complessivi 24,92 m.

Il viadotto è costituito da:

- n° 1 campate isostatiche a doppio binario in c.a. di lunghezza pari a 24.10 m.

L'impalcato è costituito da 13 travi in c.a. di altezza pari a 1.60 m.

La spalla, solidale con l'impalcato in c.a., è costituita da una paratia di pali ϕ 1500 ad interasse 1.70 m. e da una trave di coronamento di spessore 1.80 m e altezza 3.75 m.

	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- [2] *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018;*
- [3] *RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (31 Dicembre 2020);*
- [4] *RFI DTC SI CS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale (31 Dicembre 2020);*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 Maggio 2019.*

2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

3. MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per elevazione

Classe C32/40

Rck =	40,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	32,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica

3.2 Calcestruzzo per plinto e pali

Classe C25/30

Rck =	30,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	25,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica

3.3 Acciaio per barre di armature

B450C

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le caratteristiche geotecniche sono state definite a seguito di sondaggi eseguiti nel sito in esame, e sono sintetizzate nella tabella di seguito riportata. Si rimanda alla relazione geotecnica per tutte le altre considerazioni.

Profondità (m da tp)		Unità geotecnica
da	a	
0	10	LAS
10	20	GLS
>20		LAS

	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A	FOGLIO 6 di 12

5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

Le azioni agenti in testa palo sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alle quali vanno combinate le azioni date dal peso proprio delle sottostrutture.

5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale

- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

Le caratteristiche dell'impalcato ed i relativi carichi G1 e G2 sono invece riassunti nella tabella riportata di seguito.

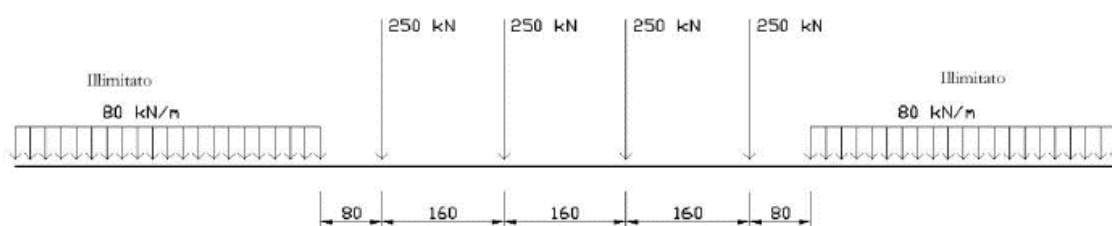
IMPALCATO			
lunghezza travata	L	24.10	m
luce appoggi travata	L _a	24.10	m
larghezza totale impalcato	B	13.70	m
peso permanente strutturale	G ₁	7520	kN
peso permanenti non struttrutturali	G ₂	5200	kN

6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



$$Q_{vk} = 250 \text{ kN} \quad q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



SW/0

Carico distribuito	Q_{vk}	133	KN/m
Lunghezza	A	15	m
Lunghezza	C	5.3	m

SW/2

Carico distribuito	Q_{vk}	150	KN/m
Lunghezza	A	25	m
Lunghezza	C	7	m

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM/71	1.10
SW/0	1.10
SW/2	1.00

	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \quad \text{con limitazione} \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

6.4 Disposizione treni di carico

La disposizione dei treni di carico è stata individuata per ottenere il massimo sforzo assiale sulla paratia; il convoglio è localizzato quindi in corrispondenza della spalla.

6.5 Carichi da traffico orizzontali

6.5.1 Forza centrifuga (Q4)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

dove

- V velocità di progetto espressa in km/h
- Q_{vk} valore caratteristico dei carichi verticali
- R raggio di curvatura in m
- f fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

raggio di curvatura	R	2300	m
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	V _{max}	200	km/h
lunghezza di influenza della parte curva del binario	L _f	24.1	m
fattore di riduzione funzione della L _f e della V	f	0.70	

6.5.2 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilineo che in curva.

6.6 Azione del Vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal piano del ferro rappresentante il convoglio. L'altezza effettiva è valutata sia in funzione della presenza o meno del convoglio sia in funzione dell'altezza delle barriere antirumore, convenzionalmente alte 5m.

In particolare, la pressione esercitata dal vento è stata assunta pari a 2.5 kN/m².

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le sollecitazioni dovute ai carichi descritti nei paragrafi precedenti sono state combinate in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12.

In particolar modo, è stata definita un'unica combinazione di carico SLU per massimizzare l'azione verticale. Le sollecitazioni sono state calcolate in testa alla paratia di pali.

7.1 Sollecitazione testa paratia

	N	T _y	M _x
	[kN]	[kN]	[kNm]
SLU_1	-18859	508	-4648

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA MILANO-GENOVA INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO VI0200 001	REV. A

9. PALI DI FONDAZIONE

È lecito ipotizzare la trave di collegamento come infinitamente rigida e dedurre le sollecitazioni agenti in testa palo attraverso la relazione:

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove N e M_t sono lo sforzo normale e il momento flettente trasversale agenti nel baricentro della paratia, n è il numero di pali e J_t è l'inerzia trasversale della palificata:

$$J_t = \sum x_i^2$$

Considerando le sollecitazioni riportate nel paragrafo 7.1 della presente relazione è possibile calcolare lo sforzo assiale massimo nei pali di fondazione. Si considera un incremento del 50% del valore ottenuto dal calcolo per tener conto dell'interasse ridotto fra i pali.

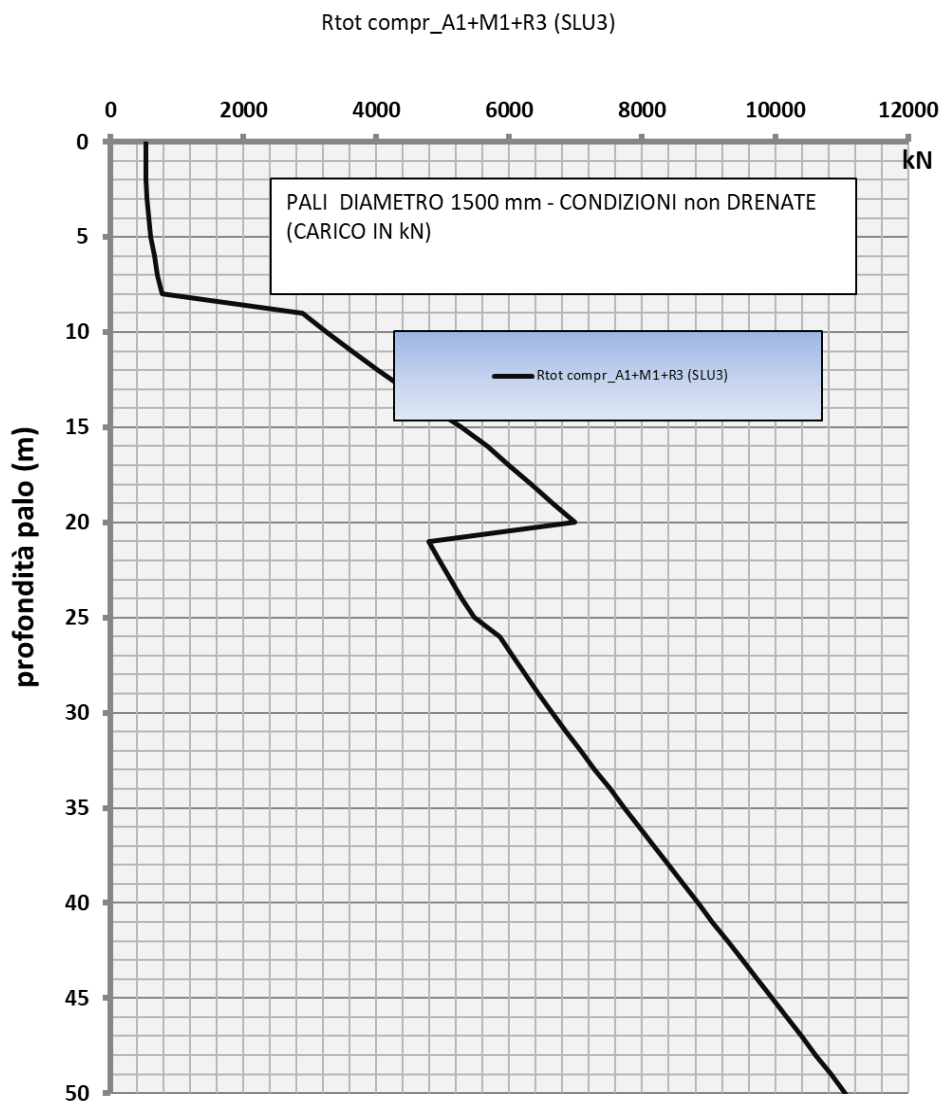
	Nmax
	[kN]
SLU_1	2758

Si riporta di seguito la curva di portanza per pali ϕ 1500, calcolata considerando la stratigrafia del sito in esame, descritta nel § 4 della presente relazione. La lunghezza assunta per il palo, in base a tale curva, è pari a 11 m. A favore di sicurezza non sono stati considerati reagenti i primi 9 m di palo, lunghezza che viene sommata a quella calcolata precedentemente.

Pertanto, si assume una lunghezza del palo pari a 20 m.

Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RH	VI0200 001	A	12 di 12



Rtot_slu3	Z
kN	m, da T.P
538	0
531	1
536	2
552	3
577	4
610	5
654	6
709	7
775	8
2893	9
3258	10
3635	11
4024	12
4426	13
4841	14
5268	15
5680	16
6007	17
6334	18
6661	19
6988	20
4789	21
4951	22
5119	23
5292	24
5470	25
5861	26
6050	27
6243	28
6443	29
6647	30
6857	31
7072	32
7292	33
7513	34
7735	35
7956	36
8178	37
8399	38
8621	39
8842	40
9064	41
9285	42
9507	43
9728	44
9950	45
10171	46
10393	47
10614	48
10836	49
11057	50