

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## LINEA CATANIA - SIRACUSA

DIREZIONE TECNICA  
U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

### Bypass di Augusta

### RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

SCALA:

-

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

RS60 00 R 14 RH VI0100 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	R. Posati	Gennaio 2023	F. Mingrone	Gennaio 2023	P. Carlesimo	Gennaio 2023	G. Ingresso Febbraio 2023
B	Istruttoria RFI	R. Posati	Febbraio 2023	F. Mingrone	Febbraio 2023	P. Carlesimo	Febbraio 2023	ITALFERR S.p.A. COORDINAMENTO DI SISTEMA Dott. Ing. GIULIANO INGROSSO Ordine degli Ingegneri di Catania N. 2059

File: RS6000R14RHVI0100002B

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
3.1	CALCESTRUZZO PER FUSTO PILA E PULVINO.....	7
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA PER C.A. ....	7
4	IPOSTESI E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	9
4.1	IMPALCATI.....	9
4.2	PILE .....	11
4.3	AZIONI SISMICHE .....	12
5	MODELLI DI ANALISI E VERIFICA.....	12
5.1	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	12
6	ANALISI DEI CARICHI .....	13
6.1	PERMANENTI STRUTTURALI E NON (G1 E G2) .....	13
6.2	CARICHI DA TRAFFICO VERTICALI.....	13
1.1.1	<i>Effetti dinamici</i> .....	14
6.3	CARICHI DA TRAFFICO ORIZZONTALI.....	14
6.3.1.1	Forza centrifuga .....	14
6.3.1.2	Serpeggio .....	15
6.3.1.3	Frenatura ed avviamento .....	15
6.3.1.4	Forza d'attrito .....	15
6.4	AZIONE DEL VENTO .....	16
6.5	AZIONE SISMICA (E) .....	16
6.5.1.1	Inquadramento Sismico .....	16
6.5.1.2	Definizione della domanda sismica .....	17
6.5.1.3	Calcolo dell'azione Sismica.....	17
6.6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	17
6.7	SOLLECITAZIONI BASE PILA .....	20



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
BYPASS DI AUGUSTA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	3 di 23

7 VERIFICA PILA.....21

## 1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di illustrare il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del Bypass di Augusta, intervento che rientra nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

La città di Augusta, sita in provincia di Siracusa, è attualmente attraversata dalla direttrice ferroviaria che collega tra di loro i due capoluoghi di Catania e Siracusa. L'attuale tracciato in corrispondenza dell'attraversamento del territorio comunale augustano è composto da un singolo binario con una serie di curve e controcurve che permettono l'avvicinamento della ferrovia al nucleo storico della città (Figura 1). Il tracciato dell'attuale linea ferroviaria attraversa per 2 tratti l'area protetta delle Saline di Augusta (subito prima e subito dopo il centro abitato) e presenta 3 passaggi a livello che implicano diversi disagi per la circolazione all'interno della città di Augusta in particolare a causa del PL in prossimità dell'attuale Stazione.



**Figura 1 Progetti in essere nell'area di Augusta**

Il progetto prevede la realizzazione di una variante al tracciato della linea Messina-Siracusa in prossimità della città di Augusta e la realizzazione di una nuova stazione ubicata fuori dal centro abitato, in zona di nuova espansione per perseguire i seguenti obiettivi:

- Riqualificazione urbana;
- Liberazione del centro abitato di Augusta dalla ferrovia ed annessi PL;
- Riduzione dell'impatto della linea sulle aree protette (saline).



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
BYPASS DI AUGUSTA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	5 di 23

La variante di Augusta oggetto della presente relazione consente di raggiungere tutti gli obiettivi prefissati oltre a contribuire alla riduzione dei tempi di percorrenza della tratta dato che il nuovo progetto prevede 2,8 km di tracciato in sostituzione degli oltre 7 km di linea storica. Inoltre, il nuovo tracciato risolve le interferenze con le viabilità esistenti non apportando significative modifiche alle arterie principali presenti sul territorio

Come già anticipato, nel tratto in variante è prevista la realizzazione di una nuova stazione passeggeri caratterizzata da banchine di 250 m. Al fine di assicurare una adeguata connessione al territorio, questa sarà dotata di un parcheggio e collegata al centro abitato dalle viabilità già presenti sul territorio.

Oggetto di questo documento è il predimensionamento della pila del viadotto ferroviario presente nell'intervento.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

- 1) Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- 2) D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- 3) CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- 4) RFI DTC SI MA IFS 001 E – Revisione E del Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- 5) RFI DTC SI SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- 6) Eurocodice EN 1997-1: Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- 7) Eurocodice EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazione, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- 8) 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° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.
- 9) UNI EN 206-2021: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
BYPASS DI AUGUSTA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	7 di 23

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO PER FUSTO PILA E PULVINO

$\gamma_c$  = peso specifico = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

Classe di resistenza = C32/40

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 40.0 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83  $R_{ck}$  = 33.2 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8$  = 41.2 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cd}$  = resistenza di calcolo a compressione =  $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$  = 0.85 \* 30/1.5 = 18.8 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media = 0.30 \*  $f_{ck}^{(2/3)}$  = 3.09 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 \*  $f_{ctm}$  = 3.70 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione caratt. = 0.70 \*  $f_{ctm}$  = 2.59 N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e 0.40 $f_{cm}$  = 22000 \*  $(f_{cm}/10)^{0.3}$  = 33642 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_c$  = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = 0.55 \*  $f_{ck}$  = 18.26 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_c$  = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = 0.40 \*  $f_{ck}$  = 13.28 N/mm<sup>2</sup>

#### 3.2 ACCIAIO DI ARMATURA PER C.A.

Tipo = B 450 C

$\gamma_a$  = peso specifico = 78.50 kN/m<sup>3</sup>

$f_{y\ nom}$  = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t\ nom}$  = tensione nominale di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$f_{yk\ min}$  = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{tk\ min}$  = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$f_{yd}$  = resistenza di progetto a trazione = 391.3 N/mm<sup>2</sup>

$(f_t/f_y)_{k\ min}$  = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
BYPASS DI AUGUSTA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	8 di 23

$(f_t/f_y)_{k \max} =$  massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k =$  massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k =$  allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

$\varphi_{\min} =$  minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

$\varphi_{\max} =$  massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

$E =$  modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm<sup>2</sup>

$\alpha_T =$  coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C<sup>-1</sup>

$\sigma_s =$  resistenza a trazione (Comb. Rara) = 0.75 \*  $f_{yk \min} = 337.5$  N/mm<sup>2</sup>

## 4 IPOTESI E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

### 4.1 IMPALCATI

Nella definizione delle opere d'arte ferroviarie si sono utilizzate tipologie consolidate di impalcati. In particolare, nell'ambito di questo progetto e per il calcolo degli scarichi dei viadotti, sono state prese in considerazione le seguenti tipologie di sezione trasversale:

Gli impalcati in misto acciaio-clt per luci da 35m e 40 m sono costituiti da due travi in acciaio ad interasse di 3.60 m ed altezza pari a 2.90 m. Al di sopra delle travi viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.36 m ad un massimo di 0.43m in asse impalcato.

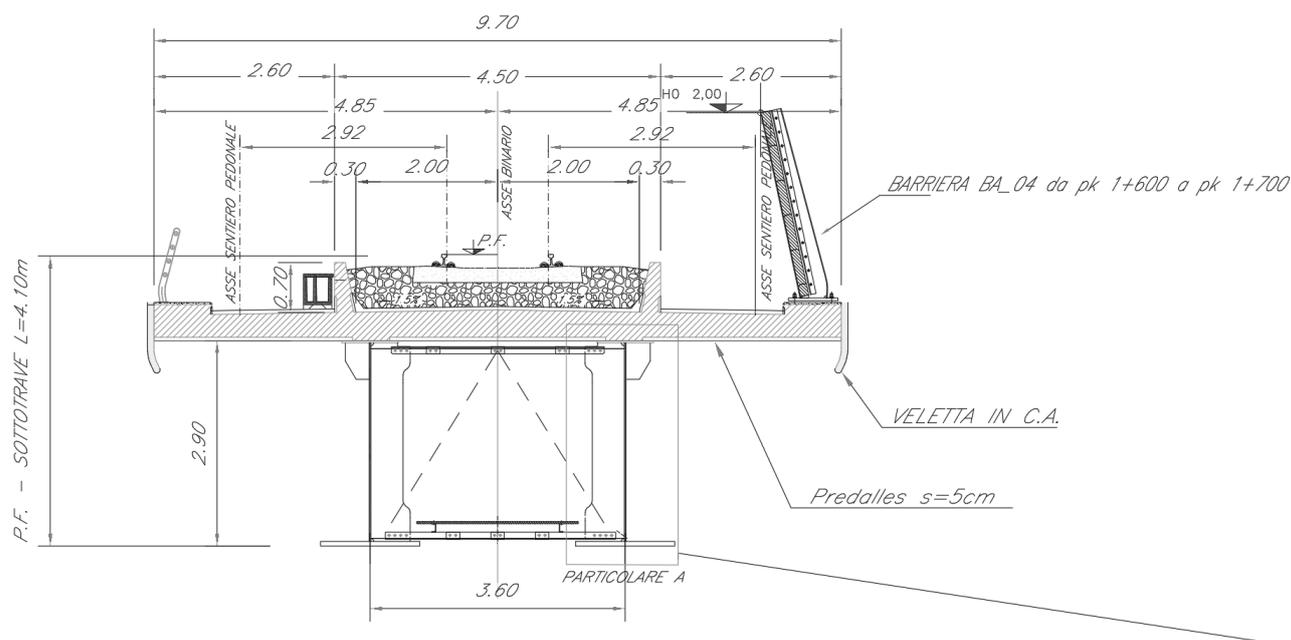
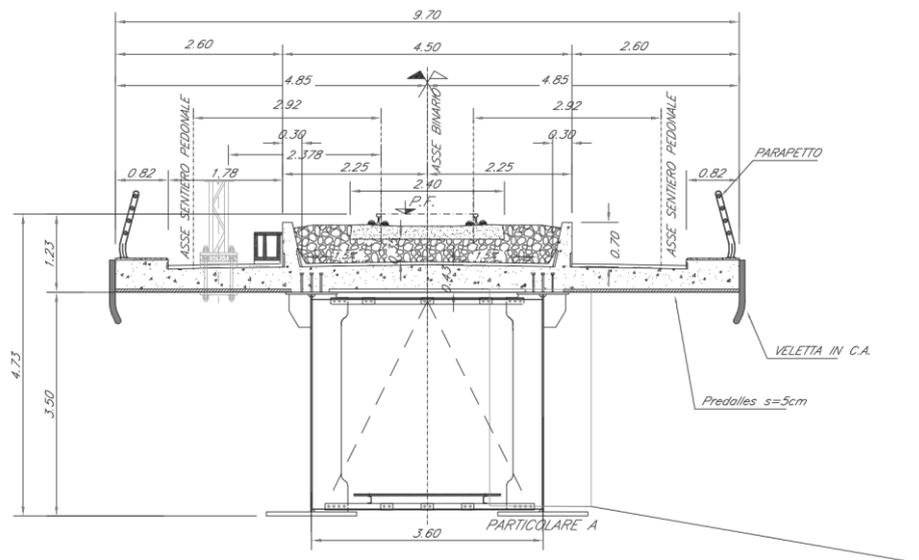


Figura 4-1: Sezione trasversale impalcato da 35m e 40m

L'unico impalcato in misto acciaio-clt di luce 45m è costituito da due travi in acciaio ad interasse di 3.60 m ed altezza pari a 3.50 m. Al di sopra delle travi viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.36 m ad un massimo di 0.43 m in asse impalcato.



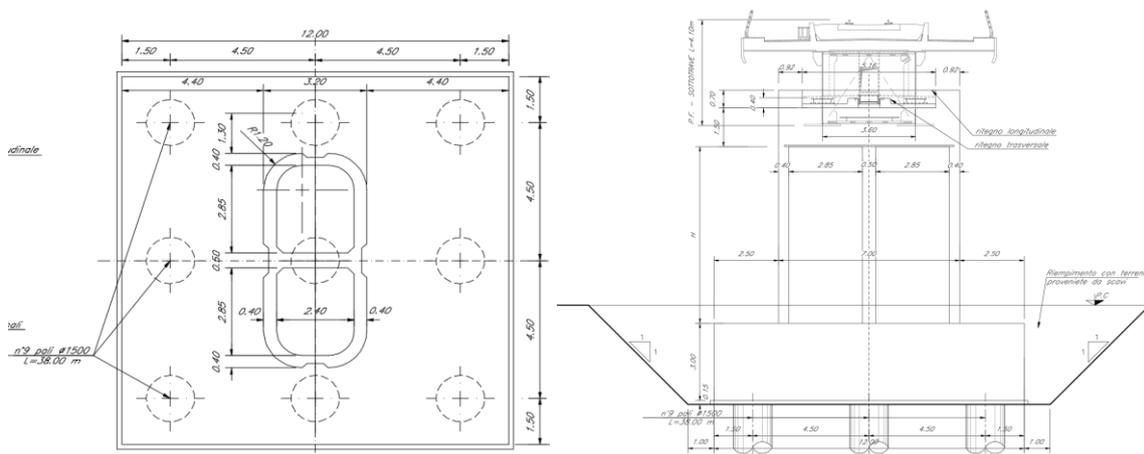
**Figura 4-2: Sezione trasversale impalcato da 45m**

## 4.2 PILE

Dal punto di vista del dimensionamento delle pile è stata individuata una tipologia di pila adatta a sostenere l'impalcato per tutto lo sviluppo del viadotto.

**Tabella 1: Riassunto dimensioni pila**

Tipo sezione	Dim.Trasv. [m]	Dim.Long. [m]
Bicellulare cava sp 0.4m	7.0	3.2



**Figura 4-3: Pianta e sezione trasversale pile**

### 4.3 AZIONI SISMICHE

Il calcolo dello scarico viene effettuato con riferimento ad una vita nominale VN pari a 75 anni in accordo con quanto indicato nel § 2.5.1.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili, e una Classe d'Uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $c_u = 1$ . La vita di riferimento VR, definita come prodotto della vita nominale VN per il coefficiente d'uso  $c_u$ , è dunque pari a  $VR = 75 \cdot 1 = 75$  anni. Per il viadotto è stata assunta la seguente categoria di suolo con le condizioni topografiche del sito:

cat. C + T1

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2018. Nei calcoli, per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura  $q=1$ , in via del tutto cautelativa, l'accelerazione di progetto utilizzata è la massima dello Spettro di progetto in corrispondenza del tratto costante ed è stata utilizzata per le due differenti direzioni orizzontali (longitudinale e trasversale).

## 5 MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio, alle quali sono state combinate le azioni determinate dalle azioni indotte dalle forze di inerzia e dal peso proprio della pila.

Il modello a mensola della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti alla base del fusto pila.

### 5.1 SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA

- Asse X direzione longitudinale dell'impalcato
- Asse Y direzione trasversale impalcato
- Asse Z direzione verticale
- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

## 6 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi è condotta in riferimento alla pila che ospita l'impalcato da 45m e 40m in modo da avere le sollecitazioni massime.

### 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/m<sup>3</sup>.

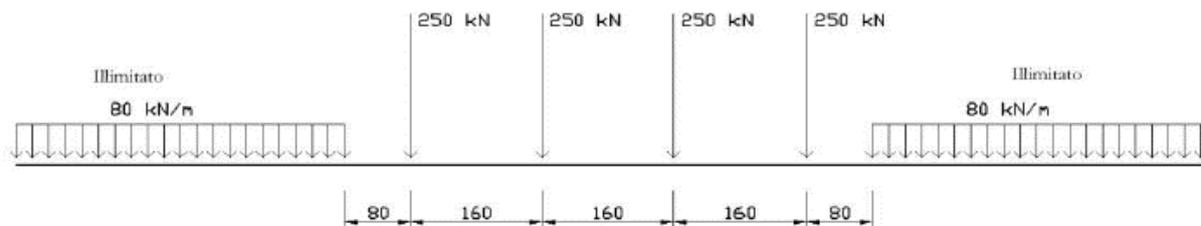
A questi carichi viene aggiunto il contributo del peso proprio G1 del pulvino e della pila.

### 6.2 CARICHI DA TRAFFICO VERTICALI

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 del binario.



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

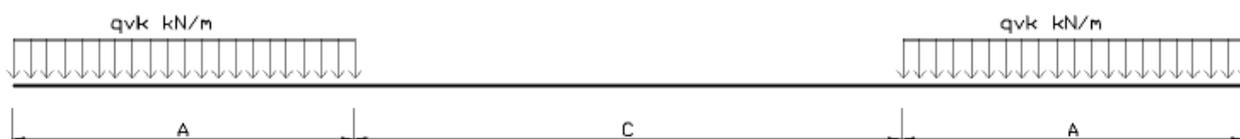
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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.



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/2	1

### 1.1.1 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:

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

## 6.3 CARICHI DA TRAFFICO ORIZZONTALI

### 6.3.1.1 Forza centrifuga

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

Qvk valore caratteristico dei carichi verticali



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
BYPASS DI AUGUSTA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	15 di 23

R raggio di curvatura in m

f fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

### 6.3.1.2 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 forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilo che in curva.

### 6.3.1.3 Frenatura ed avviamento

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- ✓ avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71, SW/2
- ✓ frenatura:  $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71  
 $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$  per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$  e non devono essere moltiplicati per  $\Phi$ .

### 6.3.1.4 Forza d'attrito

Le forze parassitarie dei vincoli si esplicano in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio mobili e, per equilibrio, sui corrispondenti fissi, per traslazione relativa impalcato-apparecchi d'appoggio. Essendo funzione del carico verticale, la sua definizione è associata ai coefficienti moltiplicativi delle combinazioni  $\gamma$  e  $\psi$  dei carichi da peso proprio strutturali e non, e dei carichi verticali da traffico.

Per la valutazione delle coazioni generate è stato considerato un coefficiente d'attrito  $f$  pari a 0,03. Con riferimento a quanto riportato nel §2.5.1.6.3 [3] la forza agente sulle pile per impalcati a travate isostatiche, facendo riferimento all'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato tra quelli presenti sulla pila, si considera pari a:

$$F_a = f (0,2 \cdot V_G + V_Q)$$

dove  $V_g$  reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

$V_q$  reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

#### 6.4 AZIONE DEL VENTO

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 le barriere.

#### 6.5 AZIONE SISMICA (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

##### 6.5.1.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale  $V_N$  e la classe d'uso  $C_u$ . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'uso
75	II	1

### 6.5.1.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono in prevalenza di tipo C e categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

### 6.5.1.3 Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2018.

Nei calcoli, per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura  $q=1$ .

L'accelerazione di progetto utilizzata è la massima dello Spettro di progetto in corrispondenza del tratto costante ed è stata utilizzata per le due differenti direzioni orizzontali (longitudinale e trasversale).

## 6.6 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC2018 al par.2.5.3:

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

I coefficienti parziali per le azioni sono come da tabella 5.1.V delle NTC2018.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti g <sub>1</sub> e g <sub>3</sub>	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> g <sub>2</sub>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

■ Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	19 di 23

Di seguito si riportano i carichi elementari.

Azioni permanenti

G1 = peso proprio delle strutture

G2 = carichi permanenti portati

G2Ballast= ballast

Azioni variabili

Gr.1-1-a = carichi da traffico

Gr.1-1-b = carichi da traffico

Gr.3-1-a = carichi da traffico

Gr.3-1-b = carichi da traffico

Vento-carico Fx = vento

Vento-carico Fy = vento

Ex = sisma

Ey = sisma

Si riportano di seguito tutte le combinazioni considerate, ed i valori dei coefficienti assunti per le singole condizioni di carico elementari.

SLU-A1	G1	G2	G2-Ballast	Attrito	Gr.1-1-a	Gr.1-1-b	Gr.3-1-a	Gr.3-1-b	Vento-carico-Fx	Vento-carico-Fy
1	1.35	1.5	1.5	1	1.45	0	0	0	0.9	0.9
2	1.35	1.5	1.5	1	0	1.45	0	0	0.9	0.9
3	1.35	1.5	1.5	1	0	0	0	0	0.9	0.9
5	1.35	1.5	1.5	1	0	0	1.45	0	0.9	0.9
6	1.35	1.5	1.5	1	0	0	0	1.45	0.9	0.9
7	1.35	1.5	1.5	1	0	0	0	0	0.9	0.9
13	1.35	1.5	1.5	1	0	0	0	0	1.5	0
14	1.35	1.5	1.5	1	0	0	0	0	0	1.5

SLU-A2	G1	G2	G2-Ballast	Attrito	Gr.1-1-a	Gr.1-1-b	Gr.3-1-a	Gr.3-1-b	Vento-carico-Fx	Vento-carico-Fy
1	1	1.3	1.3	1	1.25	0	0	0	0.78	0.78
2	1	1.3	1.3	1	0	1.25	0	0	0.78	0.78
3	1	1.3	1.3	1	0	0	0	0	0.78	0.78
5	1	1.3	1.3	1	0	0	1.25	0	0.78	0.78
6	1	1.3	1.3	1	0	0	0	1.25	0.78	0.78
7	1	1.3	1.3	1	0	0	0	0	0.78	0.78
13	1	1.3	1.3	1	0	0	0	0	1.3	0
14	1	1.3	1.3	1	0	0	0	0	0	1.3

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO PILA VI01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R 14 RH	VI 01 00 002	B	20 di 23

Sismiche	G1	G2	G2-Ballast	Attrito	R	Gr.1-1-a	Gr.1-1-b	Gr.2-1-a	Vento-carico-Fx	Vento-carico-Fy	Ex	Ey	Ez
18	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3	0.3
19	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1	0.3
20	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	0.3	1

In particolare modo, sia in condizioni statiche (SLU) che in condizioni sismiche (SLV) sono state scelte le combinazioni di carico, in modo da massimizzare le 6 componenti di sollecitazione. Le sollecitazioni sono state calcolate alla base della pila.

## 6.7 SOLLECITAZIONI BASE PILA

Si riportano di seguito le sollecitazioni in [kN; m].

SLU-A1					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU-A1-1	4460	1198	28715	12158	64600
SLU-A1-2	273	842	28715	6679	3865
SLU-A1-3	273	1198	22073	12158	3242
SLU-A1-5	8647	1020	28715	9419	125336
SLU-A1-6	8647	842	24807	6679	125024
SLU-A1-7	273	842	20898	6679	3242
SLU-A1-13	311	0	20898	0	3673
SLU-A1-14	216	1403	20898	11132	2595

SLU-A2					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU-A2-1	3875	1037	23307	10512	56051
SLU-A2-2	266	730	23307	5789	3693
SLU-A2-3	266	1037	17580	10512	3155
SLU-A2-5	7485	883	23307	8150	108409
SLU-A2-6	7485	730	19937	5789	108140
SLU-A2-7	266	730	16568	5789	3155
SLU-A2-13	298	0	16568	0	3529
SLU-A2-14	216	1216	16568	9648	2595

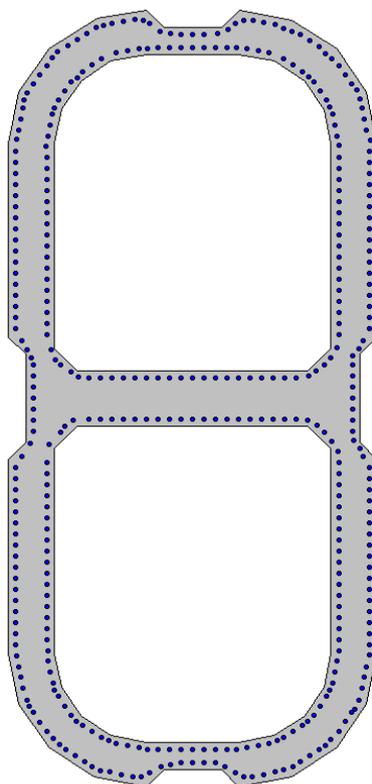
SLV					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
Sismiche-18	7987	2331	15426	29957	102452
Sismiche-19	2548	7771	15426	99857	32552
Sismiche-20	2548	2331	16794	29957	32552

## 7 VERIFICA PILA

Viene eseguita la verifica a pressoflessione sulla sezione alla base della pila. L'armatura considerata viene distribuita su tutti i lati della sezione, sia interni che esterni, con  $\Phi 30$  passo 10 cm.

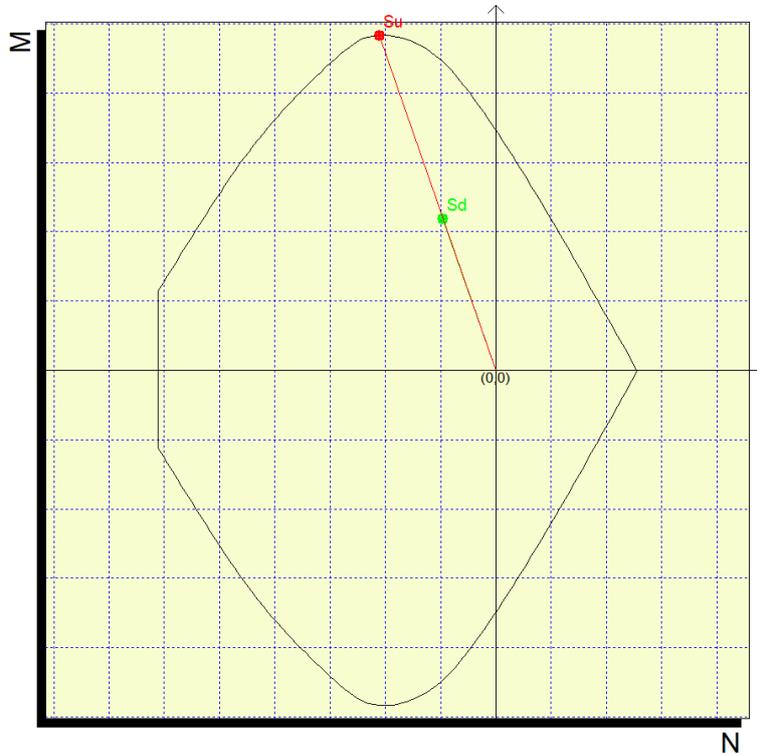
La percentuale di armatura, ovvero il rapporto tra l'area dell'acciaio e del calcestruzzo, è pari al 3.7% e quindi viene rispettato il minimo da normativa.

La sezione di verifica è la seguente:



**Figura 7-1: Sezione di verifica**

Nel seguito si riportano le verifiche a pressoflessione eseguite con il programma PresFle.



**Figura 7-2: Dominio M-N per caso di carico SLU A1-1**

Si riporta una tabella riassuntiva di tutti i casi di carico analizzati con il rispettivo valore del coefficiente di sicurezza.

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
SLU-A1-1	121578702	646003838	-2871516	2.571>1	2.644>1
SLU-A1-2	66793748	38647979	-2871516	28.558>1	7.447>1
SLU-A1-3	121578702	32416017	-2207256	20.592>1	8.902>1
SLU-A1-5	94186225	1253359698	-2871516	1.359>1	1.403>1
SLU-A1-6	66793748	1250243717	-2480661	1.35>1	1.394>1
SLU-A1-7	66793748	32416017	-2089806	30.726>1	9.944>1
SLU-A1-13	0	36729154	-2089806	45.743>1	10.176>1

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
SLU-A1-14	111322914	25946312	-2089806	23.119>1	9.509>1
SLU-A2-1	105116324	560508408	-2330675	2.907>1	3.075>1
SLU-A2-2	57887915	36925771	-2330675	31.057>1	9.031>1
SLU-A2-3	105116324	31553390	-1758037	22.976>1	10.929>1
SLU-A2-5	81502120	1084091046	-2330675	1.54>1	1.612>1
SLU-A2-6	57887915	1081404855	-1993731	1.529>1	1.599>1
SLU-A2-7	57887915	31553390	-1656787	33.225>1	12.246>1
SLU-A2-13	0	35291441	-1656787	46.636>1	12.512>1
SLU-A2-14	96479859	25946312	-1656787	25.67>1	11.725>1
Sismiche-18	299570741	1024515449	-1542623	1.503>1	1.56>1
Sismiche-19	998569137	325517053	-1542623	2.358>1	2.427>1
Sismiche-20	299570741	325517053	-1679376	4.23>1	4.416>1

Le verifiche a pressoflessione risultano soddisfatte.