

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

VI08_VIADOTTO SU TORRENTE MERULA DA KM 97+025 A KM 97+175

Relazione di calcolo pila tipo 1

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L V I 0 8 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G.Grimaldi	Feb. 2022	D. Guerci	Feb. 2022	G.Fadda	Feb. 2022	A.Vittozzi

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IV0100D09CLVI0805001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO.....	7
3.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO.....	7
4	ANALISI DEI CARICHI.....	8
4.1	CARICHI PERMANENTI G_1	8
4.1.1	<i>Peso proprio degli elementi strutturali $G_{1,p.p.}$.....</i>	8
4.1.2	<i>Peso proprio degli elementi strutturali $G_{1,imp}$.....</i>	8
4.1.3	<i>Peso del terreno $G_{1,2.2}$.....</i>	8
4.1.4	<i>Spinta idrostatica $G_{1,3.1}$.....</i>	8
4.1.5	<i>Sottospinta idrostatica $G_{1,3.2}$.....</i>	9
4.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI O PORTATI G_2	9
4.2.1	<i>Carico permanente portato – impalcati.....</i>	9
4.3	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO FERROVIARIO.....	9
4.3.1	<i>Modello di carico LM71 – $Q_{1,LM71}$.....</i>	9
4.3.2	<i>Modello di carico SW/2 – $Q_{1,SW2}$.....</i>	10
4.3.3	<i>Azione laterale di Serpeggio – $Q_{q,sk}$.....</i>	11
4.3.4	<i>Azione di Avviamento e Frenatura – $Q_{1,la}$ e $Q_{1,lb}$.....</i>	12
4.4	AZIONE DEL VENTO Q_3	12
4.4.1	<i>Azione del vento sulla sagoma laterale del treno $Q_{3,1}$.....</i>	12
4.4.2	<i>Azione del vento su strutture $Q_{3,2}$.....</i>	13
4.5	AZIONE SISMICA.....	13



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	3 di 37

5	COMBINAZIONI DI CARICO	15
6	RISULTATI DELL'ANALISI	19
6.1	ANALISI DINAMICA LINEARE	19
6.2	SOLLECITAZIONI PILA	22
7	VERIFICHE STRUTTURALI	25
7.1	FUSTO.....	25
7.2	PULVINO.....	33
7.3	FONDAZIONE	34
8	VALUTAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018)	37

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) della pila del viadotto ferroviario sul Torrente Merula, denominato VI08 e ubicato tra le progressive chilometriche 97+025 e 97+175, previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora.

1.1 Descrizione generale dell'opera

Il viadotto in esame si compone di due campate, ciascuna di luce pari a 75.00 m, coperte mediante due travate reticolari metalliche a doppio binario.

La spalla A (lato Genova) è costituita da un manufatto scatolare in c.a. fondato su pali di diametro 1.50 m, per garantire il transito della viabilità sulla sponda sinistra del Torrente Merula.

La spalla B (lato Ventimiglia), di transizione tra la travata reticolare e il rilevato ferroviario, è costituita da una struttura in c.a composta da un plinto fondato su pali, muro frontale e due muri andatori.

La pila in c.a. è costituita da un plinto a pianta circolare di spessore 3m fondato su un pozzo cavo definito da pali di diametro 1.50m. Il fusto presenta sezione circolare piena costante di diametro 5m e pulvino a pianta rettangolare, 12.6x5m, e altezza costante pari a 3m.

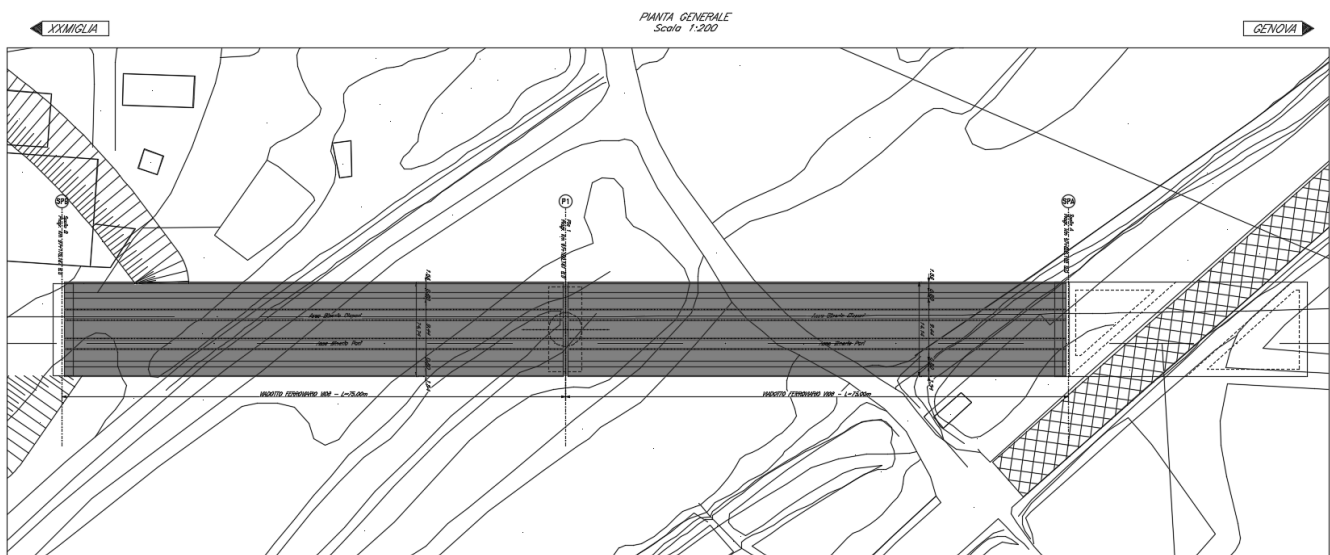


Figura 1: Vista in pianta del viadotto VI08

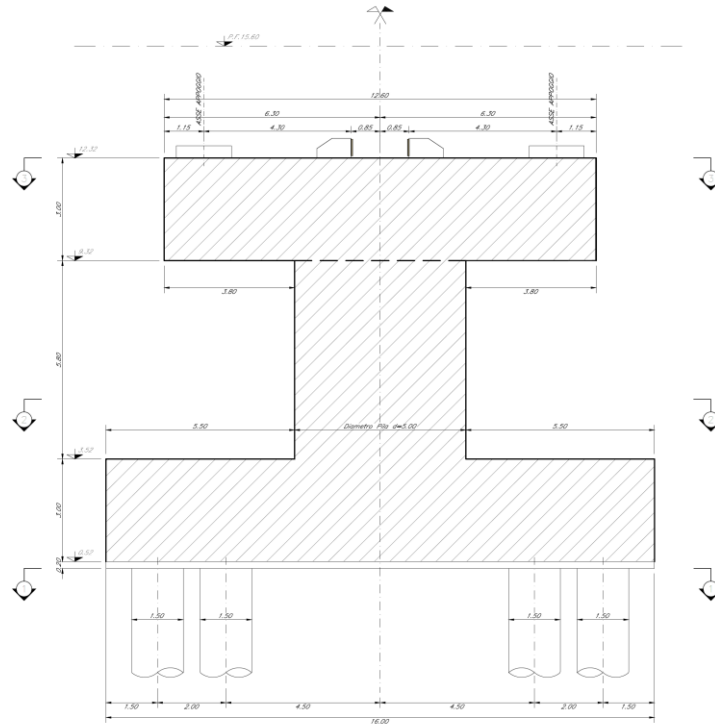


Figura 2: Sezione trasversale e verticale della pila

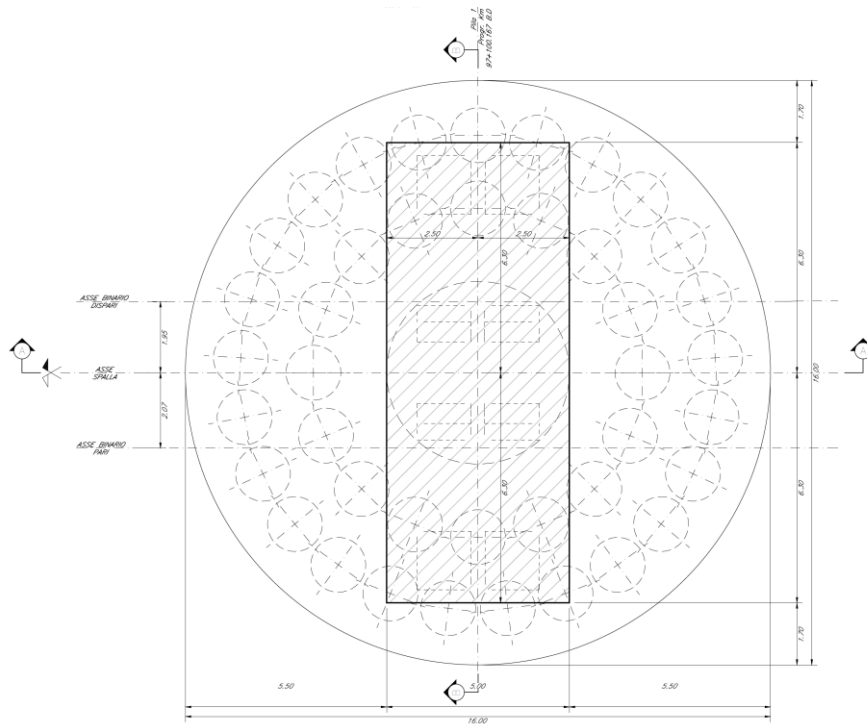


Figura 3: Vista dall'alto della pila



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L. ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	6 di 37

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti normative:

- Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 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.
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - 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
- Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- 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
- EC2-1-1-2005_Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

Per le strutture in elevazione (fusto e pulvino) e per il plinto di fondazione si utilizza un calcestruzzo C32/40 le cui caratteristiche sono riassunte nel seguito:

- Classe calcestruzzo C32/40
- Resistenza caratteristica cubica $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck} \approx 32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 18.13 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione $f_{ctm} = 3.02 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di progetto $f_{ctd} = 1.41 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico secante $E_{cm} = 33345 \text{ N/mm}^2$

Inoltre:

- Classe di esposizione ambientale XC4/XS1 (fusto e pulvino)
- Classe di esposizione ambientale XC2 (plinto)
- Classe cemento CEM III-V
- Classe di consistenza S4
- Copriferro minimo plinto 40mm
- Copriferro minimo fusto e pulvino 50mm

3.2 Acciaio per calcestruzzo

Per le strutture in c.a. si utilizza un acciaio tipo B450C le cui caratteristiche sono riassunte nel seguito:

- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento di progetto $f_{yd} \approx 391 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

4 ANALISI DEI CARICHI

In questo capitolo sono definiti i carichi utilizzati nel calcolo delle sollecitazioni della pila.

4.1 Carichi permanenti G_1

4.1.1 *Peso proprio degli elementi strutturali $G_{1,p.p.}$*

Il peso proprio degli elementi strutturali è definito in automatico dal software di calcolo considerando il peso specifico dei materiali ($\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$).

4.1.2 *Peso proprio degli elementi strutturali $G_{1,imp}$*

Il carico permanente strutturale proveniente dagli impalcati (acciaio e calcestruzzo) è pari a 190 kN/m.

La pila sostiene due impalcati di lunghezza 75 l'uno. Il carico per ogni singolo appoggio risulta dunque pari a:

Il carico permanente strutturale proveniente dagli impalcati (acciaio+cls) corrisponde a 190 kN/m.

Carico distribuito [kN/m] =	190.00	
Lunghezza afferente [m] =	37.50	
N. di appoggi =	2	
$G_{1,IMP.} \text{ [kN]} =$	3562.50	<i>Carico concentrato verticale da applicare su ogni appoggio.</i>

4.1.3 *Peso del terreno $G_{1,2,2}$*

Il terreno posto al di sopra della fondazione costituisce un carico per la stessa pari a:

$G_{1,2,2} \text{ [kN/mq]} =$	49.60	<i>Carico superficiale verticale - Peso del terreno a quota estradosso plinto.</i>
-------------------------------	-------	--

4.1.4 *Spinta idrostatica $G_{1,3,1}$*

La spinta dell'acqua è valutata sulla base del peso specifico dell'acqua (10 kN/m^3) e della quota della falda di progetto (+7.15m).

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	9 di 37

4.1.5 Sottospinta idrostatica $G_{1,3,2}$

La sottospinta idrostatica agisce sull'intradosso del plinto di fondazione. Essa è definita dal peso specifico dell'acqua (10 kN/m^3) e dalla differenza di quota tra pelo libero dell'acqua (+7.15m) e la quota di intradosso plinto (+0.52m).

$$H \text{ [m]} = 6.63$$

$$G_{1,3,2} \text{ [kN/mq]} = 66.30 \quad \text{Carico superficiale verticale - Peso del terreno a quota intradosso plinto.}$$

4.2 Carichi permanenti non strutturali o portati G_2

4.2.1 Carico permanente portato – impalcati

Il carico permanente portato proveniente dagli impalcati è pari a 181 kN/m . Risulta il seguente carico per ogni appoggio:

$$\text{Carico distribuito [kN/m]} = 181.00$$

$$\text{Lunghezza afferente [m]} = 37.50$$

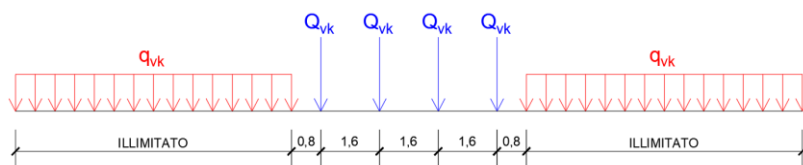
$$\text{N. di appoggi} = 2$$

$$G_{2,IMP.} \text{ [kN]} = 3393.75 \quad \text{Carico concentrato verticale da applicare su ogni appoggio.}$$

4.3 Carichi variabili da traffico ferroviario

L'opera è progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario considerando i modelli di carico LM71 e SW/2.

4.3.1 Modello di carico LM71 – $Q_{1,LM71}$



$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

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

$$Q_{vk} \text{ [kN]} = 250.0 \quad s \text{ [mm]} = 1435 \quad \text{Scartamento}$$

$$q_{vk} \text{ [kN/m]} = 80.0 \quad e \text{ (s/18) [mm]} = 80 \quad \text{Eccentricità}$$

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	10 di 37

Tipologia = Ferrovia ordinaria

α [-] = 1.1 Coefficiente di adattamento.

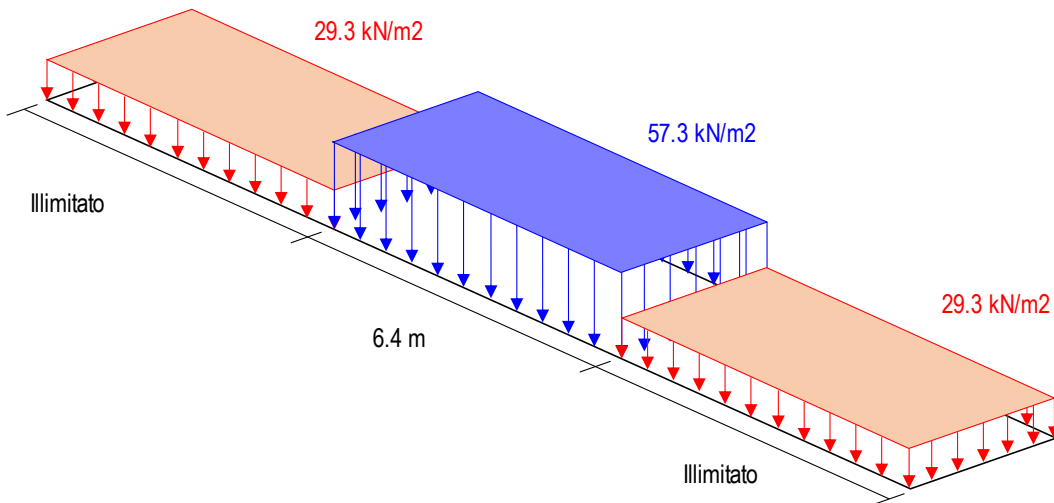
Q_v [kN] = 275.0 Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.

q_v [kN/m] = 88.0 Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.

Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle. Larghezza [m]= 3.0

$Q_{1,LM71}$ [kN/mq] = 57.3 Carico superficiale verticale - LM71 sezione centrale.

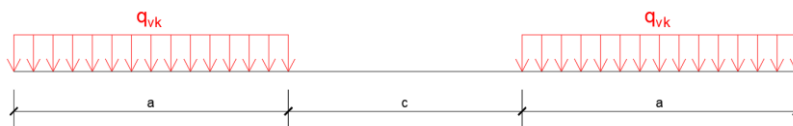
$Q_{1,LM71}$ [kN/mq] = 29.3 Carico superficiale verticale - LM71 estremi.



Risulta, dunque, il seguente carico per ogni singolo appoggio:

	LM71		
Carico su pila	14260.2	kN	
Carico su singolo appoggio	3565.05	kN	(2+2 appoggi)

4.3.2 Modello di carico SW/2 – $Q_{1,SW/2}$



Per SW/0:

$q_{vk} = 133.0$ kN/m; $a = 15.0$ m; $c = 5.3$ m

Per SW/2:

$q_{vk} = 150.0$ kN/m; $a = 25.0$ m; $c = 7.0$ m

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	11 di 37

Il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

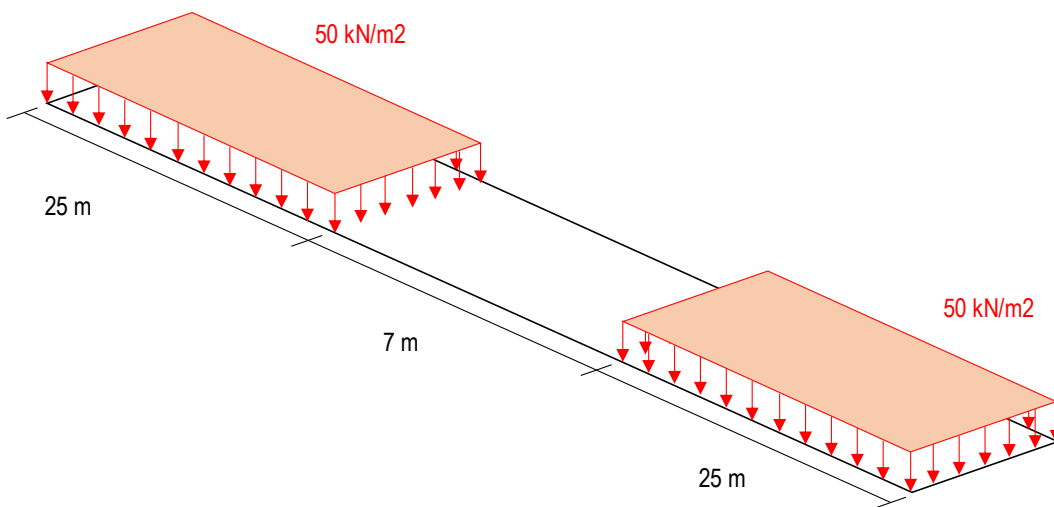
q_{vk} [kN/m] = 150.0
 a [m] = 25.0
 c [m] = 7.0

Tipologia = Ferrovia ordinaria
 α [-] = 1.0 *Coefficiente di adattamento*

q_v [kN/m] = 150.0 *Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.*

Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle. Larghezza [m]= 3.0

$Q_{1,sw/2}$ [kN/mq] = 50.0 *Carico superficiale verticale - LM71 sezione centrale.*



Risulta, dunque, il seguente carico per ogni singolo appoggio:

	SW/2	
Carico su pila	7500 kN	
Carico su singolo appoggio	3750 kN	(2 appoggi)

4.3.3 Azione laterale di Serpeggio – $Q_{q,sk}$

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente e applicata alla sommità della rotaia più alta perpendicolarmente all'asse del binario.

$Q_{1,sk}$ [kN] = 100.0 *Carico concentrato orizzontale perpendicolare a ogni binario.*

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	12 di 37

4.3.4 Azione di Avviamento e Frenatura – $Q_{1,la}$ e $Q_{1,lb}$

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale dello stesso. Sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso.

Avviamento	LM71	SW0	SW2	
$Q_{1,la}$ [kN/m] =	36.3	-	33.0	<i>Controllare schemi di carico.</i>

Frenatura	LM71	SW0	SW2	
$Q_{1,lb}$ [kN/m] =	22.0	-	35.0	<i>Controllare schemi di carico.</i>

Risulta, dunque, il seguente carico per ogni singolo appoggio:

	LM71		SW/2	
Carico su singolo appoggio	1650	kN	2625	kN

4.4 Azione del vento Q_3

4.4.1 Azione del vento sulla sagoma laterale del treno $Q_{3,1}$

Per considerare la azione del vento sul treno, il proprio viene individuato come una superficie piana continua alta 4m dal P.F.

$v_{b,0}$ [m/s] =	28.0	<i>Velocità base di riferimento a livello mare</i>
c_a =	1.0	<i>Coefficiente di altitudine</i>
v_b [m/s] =	28.0	<i>Velocità base di riferimento</i>
T_R [anni] =	50.0	<i>Tempo di ritorno</i>
c_r =	1.0	<i>Coefficiente di ritorno</i>
v_f [m/s] =	28.0	<i>Velocità di riferimento del vento</i>
ρ [kg/m ³] =	1.25	<i>Densità dell'aria</i>
q_r [kN/mq] =	0.49	<i>Pressione cinetica di riferimento</i>
c_e =	2.5	<i>Coefficiente di esposizione</i>
c_p =	0.7	<i>Coefficiente di pressione</i>
c_d =	1.0	<i>Coefficiente dinamico</i>
p [kN/mq] =	0.86	<i>Pressione del vento</i>
l [m] =	75.0	<i>Larghezza afferente</i>
h [m] =	4.0	<i>Altezza della sagoma del treno</i>
A [mq] =	300.0	<i>Area di pressione</i>
$Q_{3,1}$ [kN] =	257.6	<i>Carico concentrato orizzontale perpendicolare all'asse longitudinale</i>

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	13 di 37

4.4.2 Azione del vento su strutture $Q_{3,2}$

Si riporta la stima della pressione del vento agente sulle strutture.

$v_{b,0}$ [m/s] =	28.0	Velocità base di riferimento a livello mare
c_a =	1.0	Coefficiente di altitudine
v_b [m/s] =	28.0	Velocità base di riferimento
T_R [anni] =	50.0	Tempo di ritorno
c_r =	1.0	Coefficiente di ritorno
v_r [m/s] =	28.0	Velocità di riferimento del vento
ρ [kg/m ³] =	1.25	Densità dell'aria
q_r [kN/mq] =	0.49	Pressione cinetica di riferimento
c_e =	2.5	Coefficiente di esposizione
c_p =	0.7	Coefficiente di pressione
c_d =	1.0	Coefficiente dinamico
p [kN/mq] =	0.86	Presione del vento

4.5 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento.

Pericolosità sismica ✕

Tipo costruzione (Art. 2.4.1) Classe d'uso (Art. 2.4.2) Cu:

Vita Nominale di progetto Vn (anni):

Periodo di rif. calcolato: $V_R = \max(V_n \cdot C_u, V_{RMin}) = \max(112.50, 75.00) = 112.50$ anni V_r :

Livello di sicurezza %: Ricalcola >

Pvr % (Art. 3.2.1)		Periodo di ritorno Tr (anni)	
SLO	81.00	SLO	68
SLD	63.00	SLD	113
SLV	10.00	SLV	1068
SLC	5.00	SLC	2193

Posizione del sito
Comune: Cerca con Google Map

Longitudine
 Latitudine

Isola:

Nodi intorno al sito			
ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)
18682	8.1398	43.9640	0.3036
18904	8.1442	43.9140	5.3020
18905	8.2135	43.9170	7.6056
18683	8.2092	43.9670	5.4487

Parametri di pericolosità sismica			
	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.44380824	2.58250924	0.22822043
SLD	0.62725469	2.55265081	0.24283635
SLV	1.98739836	2.46367909	0.30189953
SLC	2.63715082	2.48619411	0.31732934

Ok e avanti >
Annulla e avanti >
?

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec², moltiplicarlo per 0.9806

Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2) Categoria topografica (Art. 3.2.2)

Rapporto h/H altezza pendio: Coeff. amplif. topografica St:

Coeff. smorzamento (%) ξ : $\Rightarrow \eta = 1.000$

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.500	0.130	0.390	1.778	0.734	1.710	1.500
SLD	1.500	0.136	0.407	1.851	0.863	1.675	1.500
SLV	1.406	0.157	0.471	2.395	1.483	1.559	1.406
SLC	1.307	0.162	0.487	2.655	1.724	1.534	1.307

Ricalcola =>

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento: Non dissipativo Dissipativo

Classe di duttilità: Alta (CD'A') Media (CD'B')

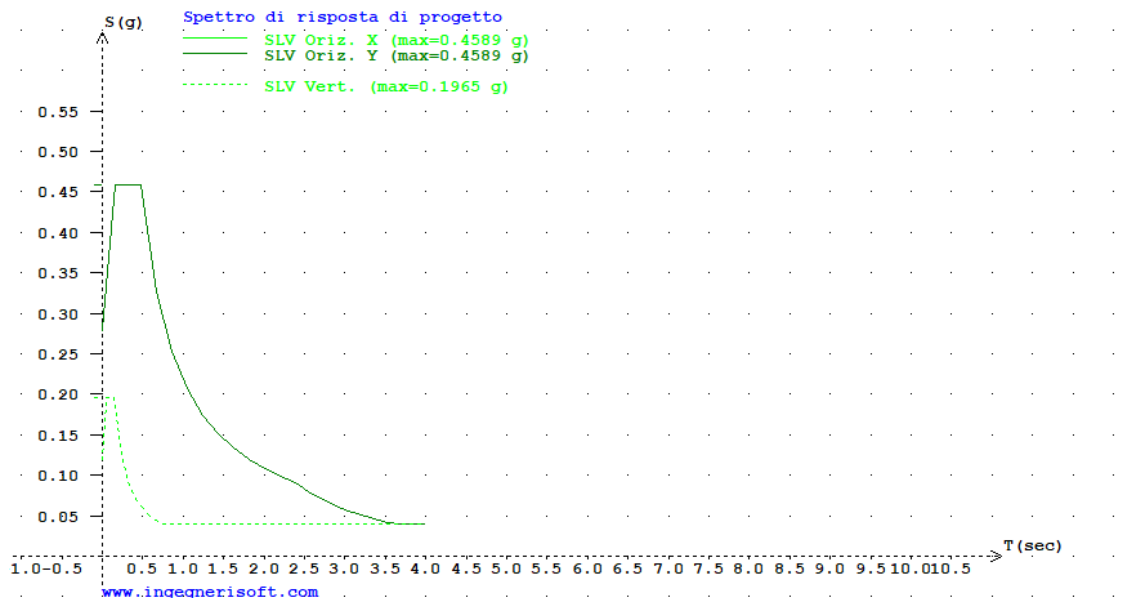
Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLO	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1.000	1.500	1.500	1.500
Direz. Y1	1.000	1.500	1.500	1.500
Direz. Z	1.000	1.500	1.500	1.500

Calcola q per SLV

Regolarità edificio: In pianta In altezza

< Indietro



Il calcolo delle azioni sismiche è effettuato attraverso un'analisi dinamica modale in quanto non sono soddisfatti i requisiti definiti al cap.7.9.4.1 delle Normative.

I fattori di struttura utilizzati sono i seguenti:

- $q = 1.5$ per la verifica a pressoflessione della pila;

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	15 di 37

- $q = 1.5/1.1$ per la verifica delle fondazioni;
- $q = 1$ per le verifiche a capacità portante orizzontale dei pali;
- per la verifica a taglio dello spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5 delle NTC;
- $q = 1$ per l'azione sismica verticale.

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche agli Stati Limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

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

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

Nella progettazione dei ponti si considera l'eventuale contemporaneità di più treni, secondo quanto previsto dalla tab 5.2.III di seguito riportata:

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 (LM 71''+"SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	0,75 (LM 71''+"SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	0,75 (LM 71''+"SW/0)	1,0 (LM 71''+"SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71''+"SW/0)	-

⁽¹⁾ LM71 ''+" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	16 di 37

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella 5.2.IV:

Tab. 5.2.IV -Valutazione dei carichi da traffico

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

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i coefficienti parziali riportati nella tabella 5.2.V e i coefficienti ψ della tabella 5.2.VI:

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ced}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L. ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	17 di 37

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili

γ_P coefficiente parziale delle azioni di precompressione

γ_{Ced} coefficiente parziale delle azioni di ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di carico	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Si riportano le combinazioni di carico adottate per la valutazione delle sollecitazioni della pila in esame:

	G1,p.p.	G1,imp	G1,2.1	G1,2.2	G1,3.1	G1,3.2	G2,imp	G2,1	Qvx	Qv+	Q1,1PLM71	Q1,1DLM71	Q1,1Psw/2	Q1,sk	Q1,1,PLM71	Q1,1,DLM71	Q1,1,PSW/2	Qv
G1_A1_SLU1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G1_A1_SLU2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G1_A1_SLU3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G1_A1_SLU4	1	1	1	1	1	1.35	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.725	0.725	0.725	0.725	1.5
G3_A1_SLU1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G3_A1_SLU2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G3_A1_SLU3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.725	0.725	0.725	0.725	0.9
G3_A1_SLU4	1	1	1	1	1	1.35	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.725	0.725	0.725	0.725	1.5
G1_SLER1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G1_SLER2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G1_SLER3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G1_SLER4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1
G3_SLER1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G3_SLER2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G3_SLER3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
G3_SLER4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1
SLEQP1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1
G4_SLEFR1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.8	0.36	0.36	0.36	0.78
G4_SLEFR2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.8	0.36	0.36	0.36	0.78
G4_SLEFR3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.8	0.36	0.36	0.36	0.78
G4_SLEFR4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.8	0.36	0.36	0.36	0.78
G1_A2_SLU1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G1_A2_SLU2	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G1_A2_SLU3	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G1_A2_SLU4	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	1.3
G3_A2_SLU1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G3_A2_SLU2	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G3_A2_SLU3	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	0.78
G3_A2_SLU4	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.25	1.25	1.25	1.25	0.625	0.625	0.625	0.625	1.3



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L. ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0805001 A 18 di 37

	G1,p.p.	G1,imp	G1,2.1	G1,2.2	G1,3.1	G1,3.2	G2,imp	G2,1	Q1,1PLM71	Q1,1DLM71	Q1,1PSW/2	Q1,sk	Q1,1,PLM71	Q1,1,DLM71	Q1,1,PSW/2	SLV X	SLV Y	SLV Z
SLV1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		1	0.3	0.3
SLV2	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.3	0.3
SLV3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		1	0.3	-0.3
SLV4	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.3	-0.3
SLV5	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2		1	0.3	-0.3
SLV6	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.3	0.3
SLV7	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		1	-0.3	0.3
SLV8	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	-0.3	0.3
SLV9	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		1	-0.3	-0.3
SLV10	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	-0.3	-0.3
SLV11	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2		1	-0.3	-0.3
SLV12	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	1	-0.3	0.3
SLV13	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-1	0.3	0.3
SLV14	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	0.3	0.3
SLV15	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-1	0.3	-0.3
SLV16	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	0.3	-0.3
SLV17	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	0.3	-0.3
SLV18	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	0.3	0.3
SLV19	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-1	-0.3	0.3
SLV20	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	-0.3	0.3
SLV21	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-1	-0.3	-0.3
SLV22	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	-0.3	-0.3
SLV23	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	-0.3	-0.3
SLV24	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-1	-0.3	0.3
SLV25	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	1	0.3
SLV26	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1	0.3
SLV27	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	1	-0.3
SLV28	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1	-0.3
SLV29	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1	-0.3
SLV30	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1	0.3
SLV31	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	-1	0.3
SLV32	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-1	0.3
SLV33	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	-1	-0.3
SLV34	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-1	-0.3
SLV35	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-1	-0.3
SLV36	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-1	0.3
SLV37	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	1	0.3
SLV38	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	1	0.3
SLV39	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	1	-0.3
SLV40	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	1	-0.3
SLV41	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	1	-0.3
SLV42	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	1	0.3
SLV43	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	-1	0.3
SLV44	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-1	0.3
SLV45	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	-1	-0.3
SLV46	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-1	-0.3
SLV47	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-1	-0.3
SLV48	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-1	0.3
SLV49	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	0.3	1
SLV50	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	1
SLV51	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	0.3	-1
SLV52	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-1
SLV53	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-1
SLV54	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	1
SLV55	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	-0.3	1
SLV56	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.3	1
SLV57	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		0.3	-0.3	-1
SLV58	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.3	-1
SLV59	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.3	-1
SLV60	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.3	1
SLV61	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	0.3	1
SLV62	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	0.3	1
SLV63	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	0.3	-1
SLV64	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	0.3	-1
SLV65	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	0.3	-1
SLV66	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	0.3	1
SLV67	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	-0.3	1
SLV68	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-0.3	1
SLV69	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2		-0.3	-0.3	-1
SLV70	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-0.3	-1
SLV71	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-0.3	-1
SLV72	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	-0.3	-0.3	1

6 RISULTATI DELL'ANALISI

6.1 Analisi dinamica lineare

L'applicazione dell'analisi statica lineare è possibile qualora siano soddisfatti i seguenti requisiti:

- per entrambe le direzioni longitudinale e trasversale, in ponti a travate semplicemente appoggiate e purché la massa efficace di ciascuna pila non sia superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata;
- nella direzione longitudinale, per ponti rettilinei a travata continua e purché la massa efficace complessiva delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma non sia superiore ad 1/5 della massa dell'impalcato;
- nella direzione trasversale, per ponti che soddisfino la condizione *b*) e siano simmetrici rispetto alla mezzeria longitudinale, o abbiano un'eccentricità non superiore al 5% della lunghezza del ponte. L'eccentricità è la distanza tra baricentro delle masse e centro delle rigidezze delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma nella direzione trasversale.

Non essendo soddisfatti, è stata svolta un'analisi dinamica lineare considerando per la pila la rigidezza non fessurata e fessurata, con riduzione della rigidezza pari al 50%.

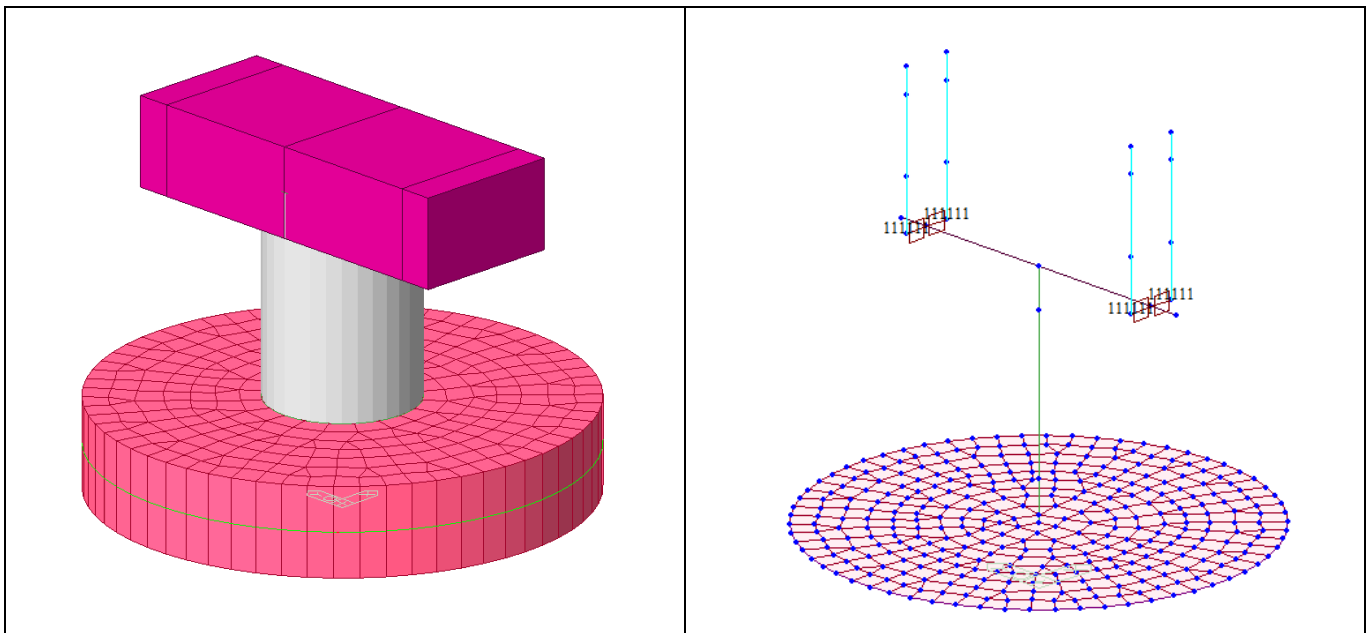


Figura 4: Modello FEM

Si riportano dunque i risultati dell'analisi modale:

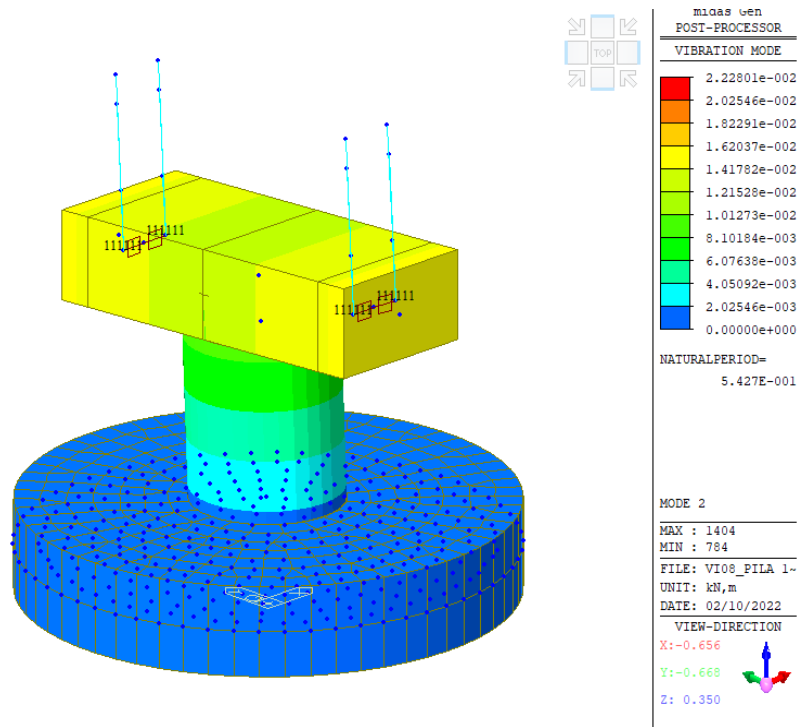


Figura 5: Primo modo principale (100% rigidezza)

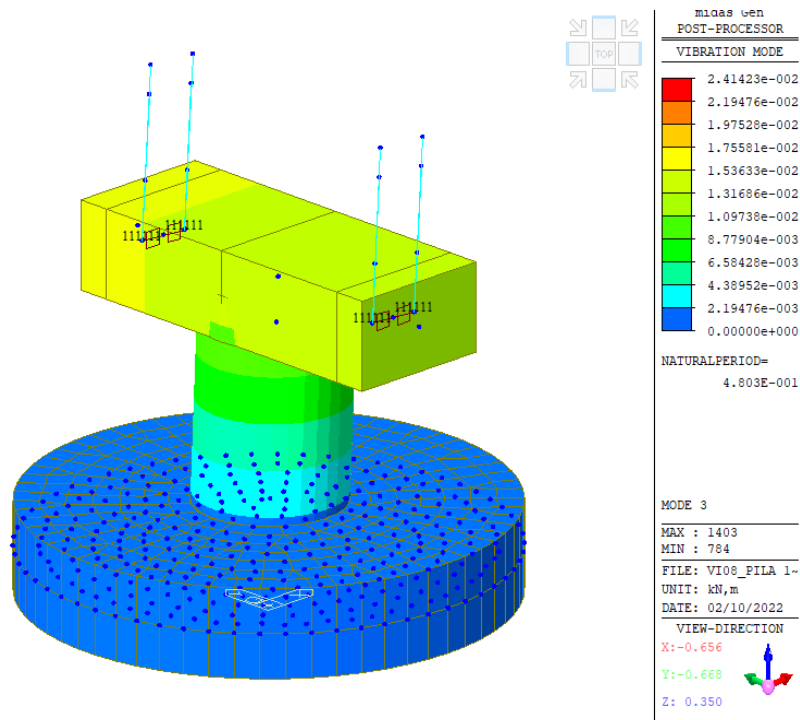


Figura 6: Secondo modo principale (100% rigidezza)

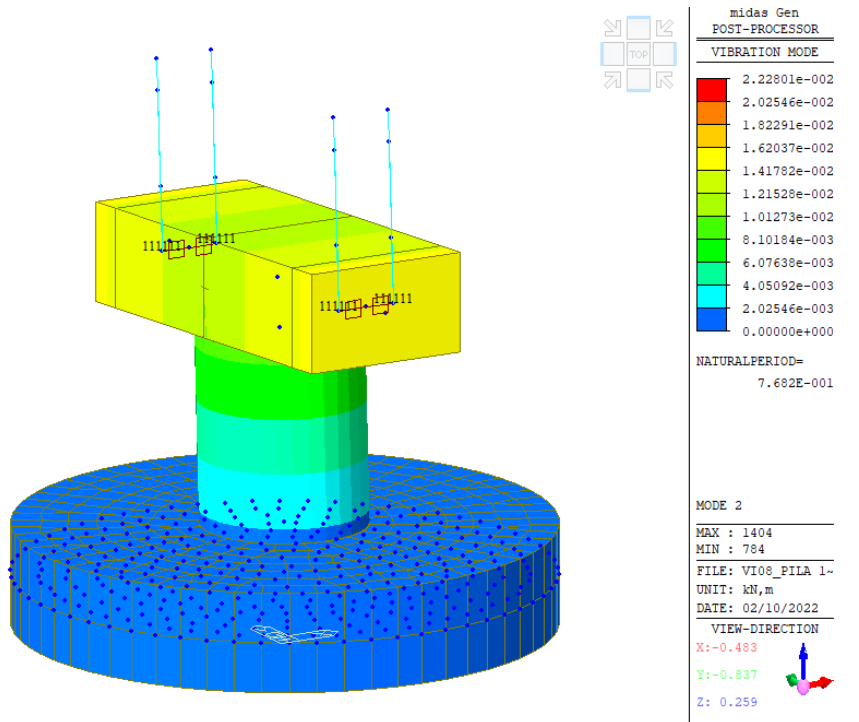


Figura 7: Primo modo principale (50% rigidezza)

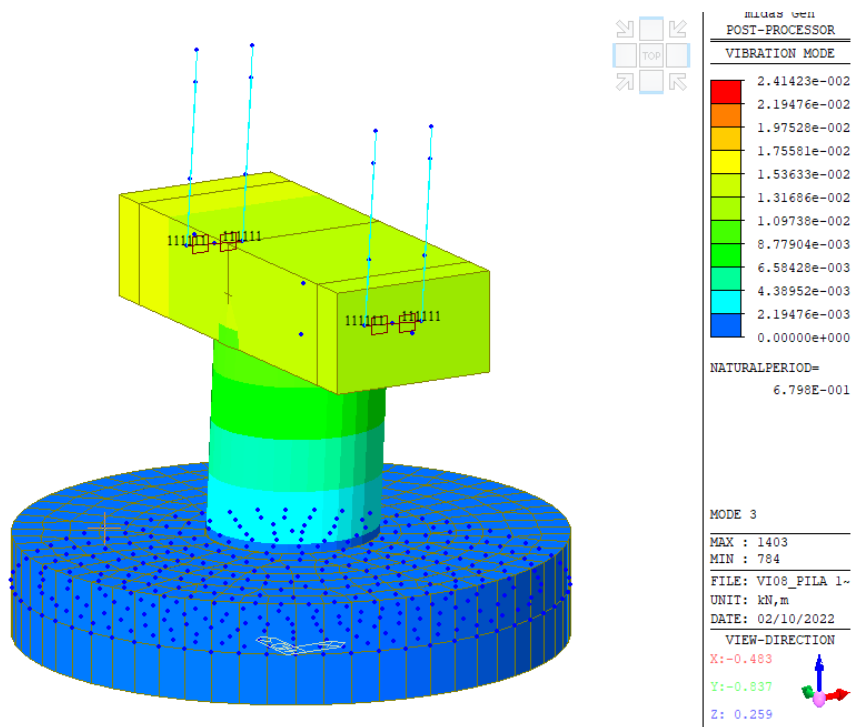


Figura 8: Secondo modo principale (50% rigidezza)

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	22 di 37

6.2 Sollecitazioni pila

Si riportano le sollecitazioni allo spiccato del fusto della pila utilizzate per le verifiche di resistenza.

Load Comb.	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
G1_A1_SLU1	-70501	1245	2393	28901	7759
G1_A1_SLU2	-71037	1245	3099	37440	10521
G1_A1_SLU3	-60699	1245	1903	22990	63765
G1_A1_SLU4	-21822	945	0	0	6310
G3_A1_SLU1	-70501	844	4849	58118	2597
G3_A1_SLU2	-71037	844	6263	75196	5359
G3_A1_SLU3	-60699	844	3870	46295	58603
G3_A1_SLU4	-21822	517	107	525	626
G1_SLER1	-49658	888	1650	19932	5316
G1_SLER2	-50028	888	2138	25821	7221
G1_SLER3	-42898	888	1313	15855	43941
G1_SLER4	-35398	802	0	0	4415
G3_SLER1	-49658	617	3343	40074	1834
G3_SLER2	-50028	617	4318	51852	3739
G3_SLER3	-42898	617	2668	31920	40459
G3_SLER4	-35398	517	71	350	626
SLEQP1	-35398	517	0	0	626
G4_SLEFR1	-40532	677	1188	14351	2559
G4_SLEFR2	-41565	677	1854	22396	7880
G4_SLEFR3	-38998	677	1260	15221	21099
G4_SLEFR4	-35398	660	0	0	2521
G1_A2_SLU1	-57296	990	2063	24915	6602
G1_A2_SLU2	-57758	990	2672	32276	8983
G1_A2_SLU3	-48846	990	1641	19819	54883
G1_A2_SLU4	-21822	888	0	0	5552
G3_A2_SLU1	-57296	642	4181	50103	2136
G3_A2_SLU2	-57758	642	5399	64826	4517
G3_A2_SLU3	-48846	642	3337	39911	50417
G3_A2_SLU4	-21822	517	93	455	626
SLV1	-35381	-2796	13416	131298	-31165
SLV2	-35454	-2796	13611	133654	-30784
SLV3	-40482	-3113	13418	131312	-30636
SLV4	-40556	-3113	13613	133667	-30255
SLV5	-39130	-3113	13283	129681	-22911
SLV6	-34028	-2796	13281	129667	-23440
SLV7	-36006	4194	13406	131184	32323
SLV8	-36080	4194	13601	133540	32704
SLV9	-41108	3877	13408	131198	32853
SLV10	-41182	3877	13603	133554	33234
SLV11	-39756	3877	13273	129567	40578
SLV12	-34654	4194	13271	129553	40048

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	23 di 37

SLV13	-35392	-2762	-12088	-115252	-30634
SLV14	-35466	-2762	-11893	-112897	-30253
SLV15	-40494	-3079	-12086	-115239	-30105
SLV16	-40568	-3079	-11891	-112883	-29724
SLV17	-39142	-3079	-12221	-116869	-22380
SLV18	-34040	-2762	-12223	-116883	-22909
SLV19	-36018	4228	-12098	-115366	32854
SLV20	-36092	4228	-11903	-113011	33235
SLV21	-41120	3911	-12096	-115352	33384
SLV22	-41194	3911	-11901	-112997	33765
SLV23	-39768	3911	-12231	-116983	41109
SLV24	-34666	4228	-12233	-116997	40579
SLV25	-34655	-10940	4502	45138	-105050
SLV26	-34729	-10940	4697	47494	-104669
SLV27	-39757	-11257	4504	45152	-104520
SLV28	-39831	-11257	4699	47507	-104139
SLV29	-38405	-11257	4369	43521	-96795
SLV30	-33303	-10940	4367	43507	-97325
SLV31	-36740	12362	4468	44759	106579
SLV32	-36814	12362	4663	47114	106960
SLV33	-41842	12045	4470	44773	107109
SLV34	-41916	12045	4665	47128	107490
SLV35	-40490	12045	4335	43142	114834
SLV36	-35388	12362	4333	43128	114304
SLV37	-34658	-10930	-3150	-28827	-104890
SLV38	-34732	-10930	-2955	-26471	-104509
SLV39	-39760	-11247	-3148	-28813	-104361
SLV40	-39834	-11247	-2953	-26458	-103980
SLV41	-38408	-11247	-3283	-30444	-96636
SLV42	-33306	-10930	-3285	-30458	-97165
SLV43	-36744	12372	-3184	-29206	106739
SLV44	-36818	12372	-2989	-26851	107120
SLV45	-41845	12055	-3182	-29192	107268
SLV46	-41919	12055	-2987	-26837	107649
SLV47	-40493	12055	-3317	-30823	114993
SLV48	-35392	12372	-3319	-30837	114464
SLV49	-29432	-2414	4487	44989	-31598
SLV50	-29506	-2414	4682	47345	-31217
SLV51	-46439	-3472	4494	45035	-29832
SLV52	-46513	-3472	4689	47391	-29451
SLV53	-45087	-3472	4359	43404	-22107
SLV54	-28080	-2414	4352	43358	-23873
SLV55	-30058	4576	4477	44876	31891
SLV56	-30132	4576	4672	47231	32272
SLV57	-47064	3519	4484	44921	33657
SLV58	-47138	3519	4679	47277	34038
SLV59	-45712	3519	4349	43291	41382
SLV60	-28706	4576	4342	43245	39616



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA - TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	24 di 37

SLV61	-29436	-2404	-3164	-28976	-31438
SLV62	-29510	-2404	-2969	-26620	-31057
SLV63	-46442	-3461	-3157	-28930	-29673
SLV64	-46516	-3461	-2962	-26574	-29292
SLV65	-45090	-3461	-3292	-30561	-21948
SLV66	-28084	-2404	-3299	-30607	-23713
SLV67	-30062	4586	-3174	-29090	32050
SLV68	-30136	4586	-2979	-26734	32431
SLV69	-47068	3529	-3167	-29044	33816
SLV70	-47142	3529	-2972	-26688	34197
SLV71	-45716	3529	-3302	-30674	41541
SLV72	-28710	4586	-3309	-30720	39775

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	25 di 37

7 VERIFICHE STRUTTURALI

7.1 Fusto

La pila in c.a. è costituita da un unico fusto a sezione circolare piena di diametro pari a 5.00 e altezza pari a 5.80 m. È prevista un'armatura longitudinale costituita da doppio strato Ø30/10 e armatura a taglio Ø24/7.5 – 4 braccia. Di seguito sono riportate le verifiche.

Verifica a Presso-flessione deviata

Load	Fx (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)	MyRd	MzRd	pM	
G1_A1_SLU1	-70501	28901	7759	243037	69689	0.1184	<1 OK
G1_A1_SLU2	-71037	37440	10521	243489	69818	0.1535	<1 OK
G1_A1_SLU3	-60699	22990	63765	79362	230469	0.2781	<1 OK
G1_A1_SLU4	-21822	0	6310	0	198193	0.03184	<1 OK
G3_A1_SLU1	-70501	58118	2597	252475	13238	0.2301	<1 OK
G3_A1_SLU2	-71037	75196	5359	252345	22078	0.2976	<1 OK
G3_A1_SLU3	-60699	46295	58603	150051	192058	0.3064	<1 OK
G3_A1_SLU4	-21822	525	626	124699	153989	0.0041	<1 OK
G1_A2_SLU1	-57296	24915	6602	232207	62204	0.1072	<1 OK
G1_A2_SLU2	-57758	32276	8983	231494	66383	0.1391	<1 OK
G1_A2_SLU3	-48846	19819	54883	75367	218864	0.2521	<1 OK
G1_A2_SLU4	-21822	0	5552	0	198193	0.0280	<1 OK
G3_A2_SLU1	-57296	50103	2136	240016	12584	0.2087	<1 OK
G3_A2_SLU2	-57758	64826	4517	240227	16792	0.2698	<1 OK
G3_A2_SLU3	-48846	39911	50417	142494	182384	0.2778	<1 OK
G3_A2_SLU4	-21822	455	626	116471	160333	0.0039	<1 OK
SLV1	-35381	131298	-31165	209431	52220	0.6252	<1 OK
SLV2	-35454	133654	-30784	210390	48576	0.6352	<1 OK
SLV3	-40482	131312	-30636	215401	53708	0.6074	<1 OK
SLV4	-40556	133667	-30255	216381	49961	0.6171	<1 OK
SLV5	-39130	129681	-22911	216286	42036	0.5977	<1 OK
SLV6	-34028	129667	-23440	210179	40849	0.6154	<1 OK
SLV7	-36006	131184	32323	210179	52405	0.6237	<1 OK
SLV8	-36080	133540	32704	210267	52426	0.6344	<1 OK
SLV9	-41108	131198	32853	215131	57637	0.6073	<1 OK
SLV10	-41182	133554	33234	216201	53909	0.6177	<1 OK
SLV11	-39756	129567	40578	210261	68315	0.6141	<1 OK
SLV12	-34654	129553	40048	204375	66398	0.6310	<1 OK
SLV13	-35392	-115252	-30634	208490	55859	0.5525	<1 OK
SLV14	-35466	-112897	-30253	207537	59514	0.5414	<1 OK
SLV15	-40494	-115239	-30105	214433	57447	0.5365	<1 OK
SLV16	-40568	-112883	-29724	214517	57470	0.5256	<1 OK
SLV17	-39142	-116869	-22380	216300	42039	0.5400	<1 OK
SLV18	-34040	-116883	-22909	209463	44530	0.5562	<1 OK
SLV19	-36018	-115366	32854	208189	59699	0.5539	<1 OK
SLV20	-36092	-113011	33235	207192	63347	0.5437	<1 OK

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	26 di 37

SLV21	-41120	-115352	33384	212958	65107	0.5393	<1 OK
SLV22	-41194	-112997	33765	213040	65132	0.5294	<1 OK
SLV23	-39768	-116983	41109	207806	75638	0.5607	<1 OK
SLV24	-34666	-116997	40579	201987	73524	0.5761	<1 OK
SLV25	-34655	45138	-105050	83971	197814	0.5321	<1 OK
SLV26	-34729	47494	-104669	87443	196396	0.5346	<1 OK
SLV27	-39757	45152	-104520	86385	203514	0.5150	<1 OK
SLV28	-39831	47507	-104139	89955	202046	0.5175	<1 OK
SLV29	-38405	43521	-96795	89266	200489	0.4836	<1 OK
SLV30	-33303	43507	-97325	86719	194771	0.5000	<1 OK
SLV31	-36740	44759	106579	81461	201660	0.5315	<1 OK
SLV32	-36814	47114	106960	85001	200258	0.5372	<1 OK
SLV33	-41842	44773	107109	83739	207302	0.5192	<1 OK
SLV34	-41916	47128	107490	87378	205851	0.5248	<1 OK
SLV35	-40490	43142	114834	75930	208610	0.5526	<1 OK
SLV36	-35388	43128	114304	73823	202829	0.5660	<1 OK
SLV37	-34658	-28827	-104890	55616	207615	0.5061	<1 OK
SLV38	-34732	-26471	-104509	52023	208656	0.5013	<1 OK
SLV39	-39760	-28813	-104361	57223	213594	0.4896	<1 OK
SLV40	-39834	-26458	-103980	53523	214658	0.4850	<1 OK
SLV41	-38408	-30444	-96636	64171	209878	0.4617	<1 OK
SLV42	-33306	-30458	-97165	62340	203893	0.4776	<1 OK
SLV43	-36744	-29206	106739	56287	210090	0.5088	<1 OK
SLV44	-36818	-26851	107120	52647	211140	0.5075	<1 OK
SLV45	-41845	-29192	107268	57854	215964	0.4972	<1 OK
SLV46	-41919	-26837	107649	50323	217937	0.4960	<1 OK
SLV47	-40493	-30823	114993	57441	214433	0.5363	<1 OK
SLV48	-35392	-30837	114464	55847	208493	0.5492	<1 OK
SLV49	-29432	44989	-31598	168533	122433	0.2639	<1 OK
SLV50	-29506	47345	-31217	172793	116546	0.2721	<1 OK
SLV51	-46439	45035	-29832	189721	127964	0.2361	<1 OK
SLV52	-46513	47391	-29451	194094	121285	0.2438	<1 OK
SLV53	-45087	43404	-22107	202539	103201	0.2143	<1 OK
SLV54	-28080	43358	-23873	180666	100132	0.2396	<1 OK
SLV55	-30058	44876	31891	169186	122910	0.2633	<1 OK
SLV56	-30132	47231	32272	171395	120009	0.2734	<1 OK
SLV57	-47064	44921	33657	183276	138115	0.2446	<1 OK
SLV58	-47138	47277	34038	185760	134951	0.2537	<1 OK
SLV59	-45712	43291	41382	163990	158369	0.2627	<1 OK
SLV60	-28706	43245	39616	151669	141415	0.2828	<1 OK
SLV61	-29436	-28976	-31438	139400	154826	0.2052	<1 OK
SLV62	-29510	-26620	-31057	133973	159640	0.1963	<1 OK
SLV63	-46442	-28930	-29673	158937	164579	0.1811	<1 OK
SLV64	-46516	-26574	-29292	153181	170131	0.1728	<1 OK
SLV65	-45090	-30561	-21948	183903	133593	0.1655	<1 OK
SLV66	-28084	-30607	-23713	162745	127149	0.1875	<1 OK
SLV67	-30062	-29090	32050	139941	155424	0.2070	<1 OK
SLV68	-30136	-26734	32431	131649	162572	0.2009	<1 OK

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	27 di 37

SLV69	-47068	-29044	33816	147540	175813	0.1942	<1 OK
SLV70	-47142	-26688	34197	138162	183350	0.1889	<1 OK
SLV71	-45716	-30674	41541	134014	184472	0.2265	<1 OK
SLV72	-28710	-30720	39775	124790	165595	0.2424	<1 OK

Si riporta il dominio di resistenza della sezione maggiormente sollecitata agli SLU e SLV:

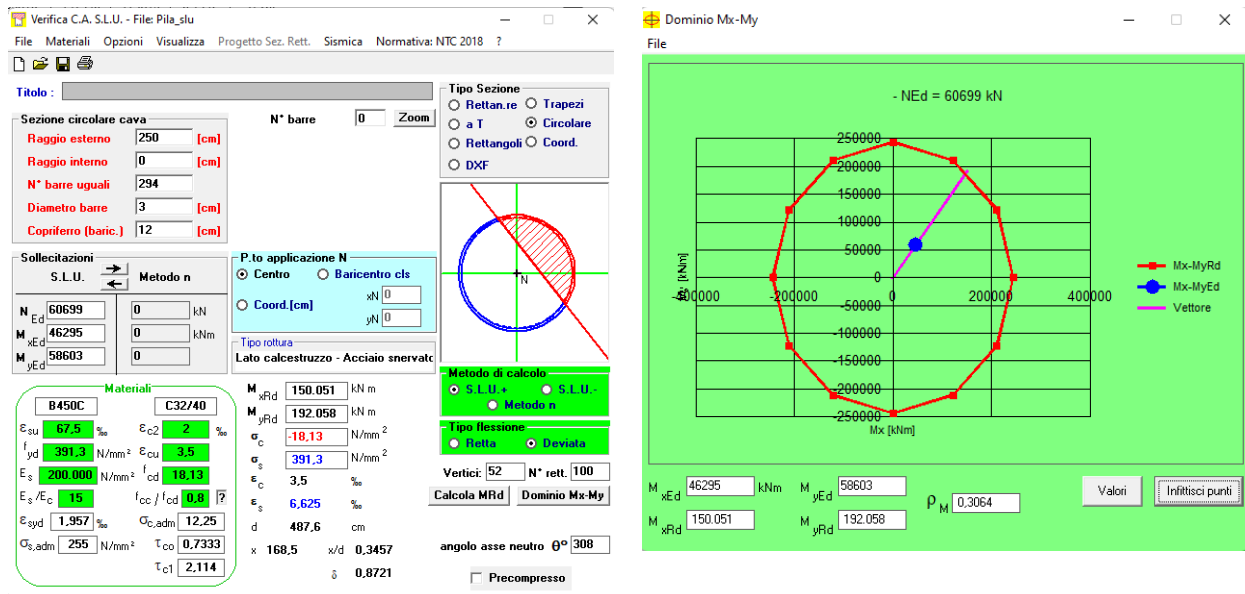


Figura 9: Verifica presso-flessione fusto – G3_A1_SLU3

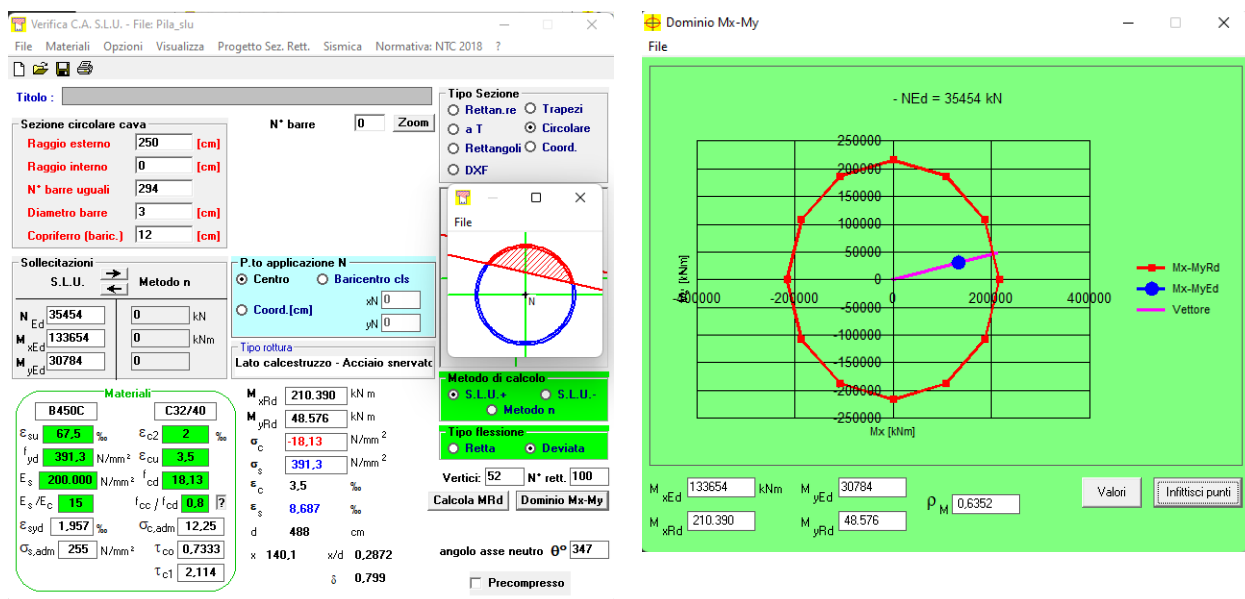


Figura 10: Verifica presso-flessione fusto – SLV2

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	28 di 37

Dove i rapporti di sovrarresistenza sono:

- $M_{Rdy} / M_{edy} = 210390/133654 = 1.57 > 1.3$ sezione non critica (7.9.6.1.3)
- $M_{Rdz} / M_{edz} = 48576/30784 = 1.58 > 1.3$ sezione non critica (7.9.6.1.3)

Verifica a Taglio

 La valutazione della domanda a taglio V_{Ed} , per le combinazioni sismiche, segue quanto definito al capitolo 7.9.5.1.1 delle NTC18, ovvero:

$$V_{Ed} = \gamma_{Bd} \cdot V_{prc}$$

dove:

- $V_{prc} = (M_{s,prc} + M_{i,prc})/l_p$
- $1.00 \leq \gamma_{Bd} = 2.25 - q \cdot (V_E/V_{prc}) \leq 1.25$;
- $M_{s,prc}$ e $M_{i,prc}$ rappresentano le capacità a flessione delle sezioni di estremità della pila
- l_p è la distanza tra le due sezioni di estremità

Load	Fy (kN)	Fz (kN)	L (m)	Vprcz (kN)	γ_{Bd}	Vedz (kN)	Vprcy (kN)	γ_{Bd}	Vedy (kN)
SLV1	2796	13416	8.80	23898	1.25	29872	5518	1.25	6897
SLV2	2796	13611	8.80	23908	1.25	29885	5520	1.25	6900
SLV3	3113	13418	8.80	24579	1.25	30724	5675	1.25	7094
SLV4	3113	13613	8.80	24589	1.25	30736	5677	1.25	7097
SLV5	3113	13283	8.80	24578	1.25	30722	4777	1.25	5971
SLV6	2796	13281	8.80	23884	1.25	29855	4642	1.25	5802
SLV7	4194	13406	8.80	23884	1.25	29855	5955	1.19	7108
SLV8	4194	13601	8.80	23894	1.25	29867	5958	1.19	7113
SLV9	3877	13408	8.80	24559	1.25	30698	6124	1.25	7655
SLV10	3877	13603	8.80	24568	1.25	30710	6126	1.25	7658
SLV11	3877	13273	8.80	23893	1.25	29867	7763	1.25	9704
SLV12	4194	13271	8.80	23224	1.25	29031	7545	1.25	9432
SLV13	2762	12088	8.80	23574	1.25	29467	6760	1.25	8450
SLV14	2762	11893	8.80	23584	1.25	29480	6763	1.25	8454
SLV15	3079	12086	8.80	24246	1.25	30307	6953	1.25	8691
SLV16	3079	11891	8.80	24255	1.25	30319	6956	1.25	8694
SLV17	3079	12221	8.80	24580	1.25	30724	4777	1.25	5971
SLV18	2762	12223	8.80	23803	1.25	29753	5060	1.25	6325
SLV19	4228	12098	8.80	23535	1.25	29418	7196	1.25	8994
SLV20	4228	11903	8.80	23545	1.25	29431	7199	1.25	8998
SLV21	3911	12096	8.80	24200	1.25	30250	7399	1.25	9248
SLV22	3911	11901	8.80	24077	1.25	30096	7822	1.25	9777
SLV23	3911	12231	8.80	23614	1.25	29518	8595	1.25	10744

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	29 di 37

SLV24	4228	12233	8.80	22953	1.25	28691	8355	1.25	10444
SLV25	10940	4502	8.80	10320	1.25	12900	22132	1.25	27665
SLV26	10940	4697	8.80	10324	1.25	12905	22142	1.25	27677
SLV27	11257	4504	8.80	10617	1.25	13271	22769	1.25	28462
SLV28	11257	4699	8.80	10621	1.25	13277	22778	1.25	28473
SLV29	11257	4369	8.80	10144	1.25	12680	22783	1.25	28479
SLV30	10940	4367	8.80	9854	1.25	12318	22133	1.25	27666
SLV31	12362	4468	8.80	10443	1.25	13054	22396	1.25	27995
SLV32	12362	4663	8.80	10055	1.25	12568	22584	1.25	28229
SLV33	12045	4470	8.80	10735	1.25	13418	23022	1.25	28778
SLV34	12045	4665	8.80	10336	1.25	12920	23214	1.25	29018
SLV35	12045	4335	8.80	8628	1.25	10786	23706	1.25	29632
SLV36	12362	4333	8.80	8389	1.25	10486	23049	1.25	28811
SLV37	10930	3150	8.80	5078	1.25	6348	23888	1.25	29860
SLV38	10930	2955	8.80	5080	1.25	6350	23898	1.25	29873
SLV39	11247	3148	8.80	5224	1.25	6530	24576	1.25	30720
SLV40	11247	2953	8.80	5226	1.25	6533	24586	1.25	30732
SLV41	11247	3283	8.80	7292	1.25	9115	23850	1.25	29812
SLV42	10930	3285	8.80	7084	1.25	8855	23170	1.25	28962
SLV43	12372	3184	8.80	5138	1.25	6422	24173	1.25	30216
SLV44	12372	2989	8.80	5137	1.25	6421	24170	1.25	30212
SLV45	12055	3182	8.80	5282	1.25	6603	24849	1.25	31061
SLV46	12055	2987	8.80	5284	1.25	6605	24858	1.25	31073
SLV47	12055	3317	8.80	6527	1.25	8159	24367	1.25	30459
SLV48	12372	3319	8.80	6346	1.25	7933	23692	1.25	29615
SLV49	2414	4487	8.80	19852	1.25	24815	12893	1.25	16116
SLV50	2414	4682	8.80	19861	1.25	24826	12899	1.25	16123
SLV51	3472	4494	8.80	22285	1.25	27856	13390	1.25	16738
SLV52	3472	4689	8.80	22293	1.25	27866	13395	1.25	16744
SLV53	3472	4359	8.80	23016	1.25	28770	11727	1.25	14659
SLV54	2414	4352	8.80	20530	1.25	25663	11379	1.25	14223
SLV55	4576	4477	8.80	19929	1.25	24911	12943	1.25	16178
SLV56	4576	4672	8.80	19938	1.25	24922	12949	1.25	16186
SLV57	3519	4484	8.80	21625	1.25	27031	14586	1.25	18232
SLV58	3519	4679	8.80	21375	1.25	26719	14967	1.25	18708
SLV59	3519	4349	8.80	18635	1.25	23294	17996	1.25	22496
SLV60	4576	4342	8.80	17235	1.25	21544	16070	1.25	20087
SLV61	2404	3164	8.80	14245	1.25	17806	18903	1.25	23629
SLV62	2404	2969	8.80	14251	1.25	17814	18912	1.25	23640
SLV63	3461	3157	8.80	16006	1.25	20008	20487	1.25	25609
SLV64	3461	2962	8.80	16368	1.25	20460	20213	1.25	25266
SLV65	3461	3292	8.80	20898	1.25	26123	15181	1.25	18976
SLV66	2404	3299	8.80	18494	1.25	23117	14449	1.25	18061
SLV67	4586	3174	8.80	13967	1.25	17459	19226	1.25	24033
SLV68	4586	2979	8.80	13973	1.25	17467	19235	1.25	24044
SLV69	3529	3167	8.80	14962	1.25	18702	21367	1.25	26709
SLV70	3529	2972	8.80	14967	1.25	18709	21375	1.25	26719
SLV71	3529	3302	8.80	15229	1.25	19036	20963	1.25	26203

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	30 di 37

SLV72 | 4586 | 3309 | 8.80 | 14181 | 1.25 | 17726 | 18818 | 1.25 | 23522

Si riporta la verifica a taglio considerando il taglio massimo ottenuto dalla precedente relazione e dalle condizioni statiche, nelle due direzioni (in quanto la sezione è simmetrica):

Taglio resistente sezione circolare armata (metodo di CLARKE-BIRJANDI 1993)		
Dati		
D	500 cm	Diametro sezione circolare
d'	12 cm	Copriferro asse armatura longitudinale
f _{ck}	32.0 N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del cls
α _{cc}	0.85	Coefficiente riduttivo per la resistenza del cls a lungo termine
n	4	Numero di braccia delle staffe
φ	24 mm	Diametro delle staffe
p	7.0 cm	Passo delle staffe
f _{yk}	450 N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
V _{Ed}	32618 KN	Taglio sollecitante di progetto
Risultati		
r	250 cm	Raggio sezione circolare
r _s	238 cm	Raggio sezione circolare utile
sen(α)	0.606	
α	0.65 rad	
A _v	168998 cm ²	Area sezione circolare equivalente
d _{ec}	402 cm	Altezza sezione rettangolare equivalente
b _{ec}	421 cm	Base sezione rettangolare equivalente
f _{cd}	18.13 N/mm ²	Resistenza massima di calcolo del cls
f _{yd}	391.3 N/mm ²	Tensione di calcolo allo snervamento dell'acciaio
A _{sw}	258.38 cm ² /m	Area delle staffe per metro lineare di trave
d	402 cm	Altezza sezione
θ	45.00 °	Angolo di inclinazione del puntone di cls
ctgθ	1.00	Cotangente di teta
V _{Rds}	36535 KN	Resistenza tiranti verticali (staffe)
V _{Rdc}	68951 KN	Resistenza puntone di cls
V _{Rd}	✓ 36535 KN	Taglio resistente

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	31 di 37

Taglio resistente sezione circolare armata (metodo CEB n°137 ALLEGATO 5)		
Dati		
D	500 cm	Diametro sezione circolare
d'	12 cm	Copriferro asse armatura longitudinale
f_{ck}	32.0 N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del cls
α_{cc}	0.85	Coefficiente riduttivo per la resistenza del cls a lungo termine
n	4	Numero di braccia delle staffe
φ	24 mm	Diametro delle staffe
p	7 cm	Passo delle staffe
f_{yk}	450 N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
V_{Ed}	32618 KN	Taglio di progetto
Risultati		
b_{es}	450 cm	Base sezione rettangolare equivalente
d_{es}	377 cm	Altezza sezione rettangolare equivalente
f_{cd}	18.13 N/mm ²	Resistenza massima di calcolo del cls
f_{yd}	391.3 N/mm ²	Tensione di calcolo allo snervamento dell'acciaio
A_{sw}	258.38 cm ² /m	Area delle staffe per metro lineare di trave
d	377 cm	Altezza sezione
θ	45.00 °	Angolo di inclinazione del puntone di cls 21.8°<q=45°
ctgθ	1.00	Cotangente di teta
V_{Rds}	34334 KN	Resistenza tiranti verticali (staffe)
V_{Rdc}	69276 KN	Resistenza puntone di cls
V_{Rd}	✓ 34334 KN	Taglio resistente

Taglio resistente sezione circolare armata (metodo KOWALSKY & PRIESTLEY)		
Dati		
D	500 cm	Diametro sezione circolare
d'	6 cm	Copriferro staffe
f_{ck}	32.0 N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del cls
α_{cc}	0.85	Coefficiente riduttivo per la resistenza del cls a lungo termine
n	4	Numero di braccia delle staffe
φ	24 mm	Diametro delle staffe
p	7 cm	Passo delle staffe
f_{yk}	450 N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
V_{Ed}	32618 KN	Taglio di progetto
Risultati		
A_v	157080 cm ²	Area sezione circolare equivalente
d_{es}	500 cm	Altezza sezione rettangolare equivalente
b_{es}	314 cm	Base sezione rettangolare equivalente
f_{cd}	18.13 N/mm ²	Resistenza massima di calcolo del cls
f_{yd}	391.3 N/mm ²	Tensione di calcolo allo snervamento dell'acciaio
A_{sw}	258.38 cm ² /m	Area delle staffe per metro lineare di trave
d	486 cm	Altezza sezione
θ	45.00 °	Angolo di inclinazione del puntone di cls 21.8°<q=45°
ctgθ	1.00	Cotangente di teta
V_{Rds}	38560 KN	Resistenza tiranti verticali (staffe)
V_{Rdc}	64088 KN	Resistenza puntone di cls
V_{Rd}	✓ 38560 KN	Taglio resistente



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA - TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	32 di 37

Verifiche tensionali

(). Calculate stress of Concrete.

-. LCB = 13 (Characteristic)
-. k1 = 0.55000
-. k3 = 0.80000

(Assumed Uncracked Section)

-. Pu = 49658268.35 N.
-. Muy = 6.60e+010 N-mm.
-. Muz = 1.83e+009 N-mm.
-. n = 11.99553 (Long Term).
-. fctm = $0.30 * f_{ck}^{(2/3)}$ = 3.02381 MPa.
-. fr1 = $(1.6 - H/1000) * f_{ctm}$ = -10.28096 MPa.
-. fr = MAX[fctm, fr1] = 3.02381 MPa.
-. Area = 2.19205e+007 mm².
-. y_bar = 2500.00000 mm.
-. y¹ = 2500.00000 mm.
-. y = 2500.00000 mm.
-. z_bar = 2500.00000 mm.
-. z¹ = 5000.00000 mm.
-. z = 5000.00000 mm.
-. Iyy = 3.72071e+013 mm⁴.
-. Izz = 3.72071e+013 mm⁴.

-. Ss_con (Tens.) = $Pu/Area + Muy*(z'-z_bar)/Iyy + Muz*(y'-y_bar)/Izz$ = -2.16999 MPa.
-. Ss_con (Tens.) < fr ---> UnCracked Section !

-. Ss_con (Comp.) = $Pu/Area + Muy*(z-z_bar)/Iyy + Muz*(y-y_bar)/Izz$ = 6.70076 MPa.
-. Ss_con (Comp.) < k1*fck = 17.60000 MPa. ---> O.K !

(). Calculate stress of Concrete and Check Linear Creep.

-. LCB = 17 (Quasi-permanent)
-. k2 = 0.40000

(Assumed Uncracked Section)

-. Pu = 35398068.35 N.
-. Muy = 0.00 N-mm.
-. Muz = 626122366.04 N-mm.
-. n = 11.99553 (Long Term).
-. fctm = $0.30 * f_{ck}^{(2/3)}$ = 3.02381 MPa.
-. fr1 = $(1.6 - H/1000) * f_{ctm}$ = -10.28096 MPa.
-. fr = MAX[fctm, fr1] = 3.02381 MPa.
-. Area = 2.19205e+007 mm².
-. y_bar = 2500.00000 mm.
-. z_bar = 2500.00000 mm.
-. Iyy = 3.72071e+013 mm⁴.
-. Izz = 3.72071e+013 mm⁴.
-. Ss_con (Comp.) = $Pu/Area + Muy*(z-z_bar)/Iyy + Muz*(y-y_bar)/Izz$ = 1.65691 MPa.
-. Ss_con (Comp.) < k2*fck = 12.80000 MPa. ---> O.K! and Linear Creep

(). Calculate stress of Reinforcement.

-. LCB = 13
-. k1 = 0.55000
-. k3 = 0.80000

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	33 di 37

(Assumed Uncracked Section)

```

-. Pu      = 49658268.35 N.
-. Muy     = 6.60e+010 N-mm.
-. Muz     = 1.83e+009 N-mm.
-. n       = 11.99553( Long Term ).
-. Area    = 2.19205e+007 mm^2.
-. y_bar   = 2500.00000 mm.
-. z_bar   = 2500.00000 mm.
-. Iyy     = 3.72071e+013 mm^4.
-. Izz     = 3.72071e+013 mm^4.
-. Ss_stl  = n * ( Pu/Area + Muy*(z-z_bar)/Iyy + Muz*(y-y_bar)/Izz ) = 23.68874 MPa.
Ss_stl < k3*fyk = 360.00000 MPa. ---> O.K !

```

7.2 Pulvino

Il pulvino presenta una sezione in c.a. rettangolare di larghezza 5m e altezza 3m.

La verifica del pulvino è realizzata considerando uno schema a mensola tozza, con carico concentrato pari a:

$$F_z = 33865 \text{ kN}$$

Per la verifica del pulvino è stata considerata un'armatura superiore pari a quattro strati di Ø30/10 e staffe Ø16/10, con almeno 15 braccia (su tutta la larghezza del pulvino).

Dati di progetto

Materiali

Calcestruzzo		
$f_{ck} =$	32	MPa
$f_{cd} =$	18.1	MPa
Acciaio		
$f_{yk} =$	450	MPa
$f_{yd} =$	391.3	MPa

Geometria

A	5000	mm	lato corto della sezione di appoggio
B	5000	mm	lato lungo della sezione di appoggio
h_c	3000	mm	altezza della mensola
a_c	3350	mm	distanza tra bordo pilastro e punto di applicazione della forza
b	5000	mm	larghezza della mensola
c	200	mm	copriferro dell'armatura superiore

La mensola inserita rispetta le condizioni di impiego del foglio di calcolo

Azioni

F_{ed}	33865	kN
----------	-------	----

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	34 di 37

Resistenza a compressione dei nodi

Nodi compressi

$$\sigma_{1Rd, max} = 15.05 \text{ N/mm}^2$$

Nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione

$$\sigma_{2Rd, max} = 12.87 \text{ N/mm}^2$$

Nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

$$\sigma_{3Rd, max} = 11.24 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo dello sforzo di trazione nell'armatura principale

Larghezza del puntone verticale

$$x_1 = 450 \text{ mm}$$

Il nodo 1 risulta situato a 225 mm dalla faccia esterna del pilastro

$$a = 3575 \text{ mm}$$

$$d = 2800 \text{ mm}$$

$$z = 2240 \text{ mm}$$

$$y_1 = 560 \text{ mm}$$

Imponendo l'equilibrio alla rotazione $F_{ed} \cdot a = F_c \cdot z$ si ottiene

$$F_c = F_t = 54048 \text{ kN}$$

Verifica del nodo 1

$$\sigma = 9.65 \text{ N/mm}^2 \leq 15.05 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Progetto dell'armatura principale superiore

Armatura minima necessaria $A_{s, min} = 138123 \text{ mm}^2$

Armatura di progetto $200 \phi 30$ $A_{s, prog} = 141372 \text{ mm}^2$ OK

Progetto dell'armatura secondaria

$$F_{wd} = 24744 \text{ kN}$$

Armatura minima necessaria $A_{s, min} = 63234 \text{ mm}^2$

Armatura minima prevista da EC2 $A_{s, min, EC2} = 43272 \text{ mm}^2$

Staffe di progetto $30 \phi 16$ $A_{s, prog} = 90478 \text{ mm}^2$ OK

Braccia staffe 15

Verifica del nodo 1 sotto piastra di carico

$$\sigma = 1.35 \text{ N/mm}^2 \leq 12.87 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

7.3 Fondazione

Il plinto di fondazione presenta uno spessore di 3m e sezione circolare di diametro 16m.

Le sollecitazioni sono valutate con un fattore di struttura $q=1.5/1.1$.

Si considerano tre strati di armatura (inferiore e superiore) $\emptyset 30/10 + \emptyset 30/10 + \emptyset 30/20$ per entrambe le direzioni e armatura a taglio costituita da spilli $\emptyset 22/20 \times 20$.

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	35 di 37

Verifica direzione 1

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	300 cm			
Armatura:	Lato compr.	176.71 cm ²	Lato teso	176.71 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	15 ø 30	2° strato:	15 ø 30
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	22 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	9485 kN-m	
Momento resistente	18330 kN-m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.93 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	8139 kN	
Taglio resistente	9390 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.15 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	8139 kN
Trazione resistente	8298 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.02 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione frequente

w di calcolo	0.20 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.78 MPa	<	19.20	MPa
Condizione quasi perm.	2.32 MPa	<	14.40	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	135.51 MPa	<	360.00	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Deformabilità

Verifica rispettata

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	36 di 37

Verifica direzione 2

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	300 cm			
Armatura:	Lato compr.	176.71 cm ²	Lato teso	176.71 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	15 ø 30	2° strato:	15 ø 30
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	22 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	8213 kN-m	
Momento resistente	18330 kN-m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.23 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	6808 kN	
Taglio resistente	9390 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.38 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	6808 kN
Trazione resistente	6915 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.02 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione frequente

w di calcolo	0.19 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.55 MPa	<	19.20	MPa
Condizione quasi perm.	2.34 MPa	<	14.40	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	127.33 MPa	<	360.00	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Deformabilità

Verifica rispettata



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo pila tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0805001	A	37 di 37

8 VALUTAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (Midas Gen) e da fogli Excel di comprovata validità.

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.