

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile 3/5

SCALA:

-
---

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

RS3V   40   D   09   CL   VI0405   003   B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Dicembre 2019	A.Ferri	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo N° A20783 ITALFERR S.p.A.	A. Vittozzi Marzo 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Marzo 2020	A.Ferri	Marzo 2020	F. Sparacino	Marzo 2020		

File: RS3V40D09CLVI0405003B.docx

n. Elab.:

881

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

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	8
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	10
4.1	GENERALITÀ .....	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	14
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	21
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	22
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	22
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	24
4.6.8	<i>Analisi Dinamica Lineare</i> .....	28
4.6.9	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	30

4.6.10	Riepilogo risultati.....	30
4.7	SOLLECITAZIONI.....	32
4.7.1	Base Pila .....	32
4.7.2	Plinto di fondazione.....	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	37
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	38
4.9.1	Pila .....	39
4.9.2	Zattera di fondazione.....	49
4.9.3	Palo di fondazione L=37.0m .....	52
4.9.4	Escursione Longitudinale, giunti e varchi.....	56
4.9.5	Ritegni sismici, baggioli, pulvini .....	60
5	SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE .....	65

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI04** della tratta ferroviaria Nuova Enna-Dittaino, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 03** che presenta l'**altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto VI04 è previsto a singolo binario dal km 9+856 (asse giunto spalla A) al km 10+216 per uno sviluppo complessivo di 360.09 m ed è costituito da 4 campate isostatiche di luce 25m in c.a.p., 4 campate in acciaio-cls da 40 m e 2 campate in acciaio-cls da 50 m, in corrispondenza dello scavalco dell'autostrada Palermo-Catania e degli affluenti del fiume Dittaino.

La larghezza dell'impalcato fuori tutto è pari a 9.70m.

Le pile, in c.a., presentano un fusto a sezione cava costante su tutta l'altezza.

Le spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.

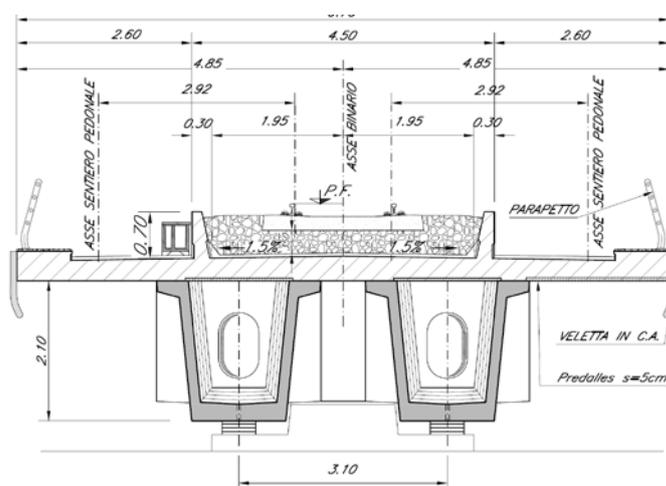


Figura 1 - Sezione trasversale campate in c.a.p. L=25 m

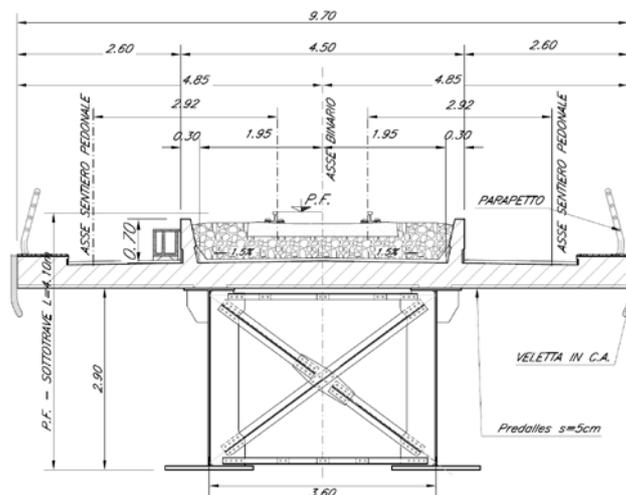


Figura 2 - Sezione trasversale campate in acciaio-clc L=40 m

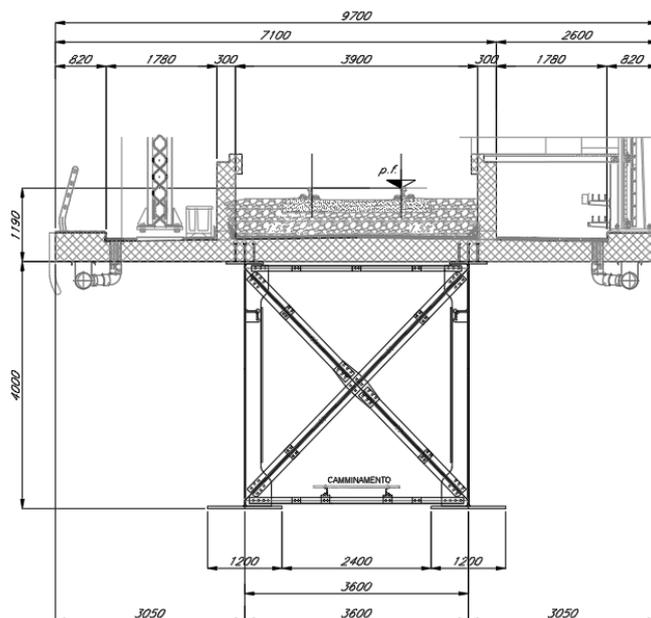


Figura 3 - Sezione trasversale campate in acciaio-clc L=50 m

## 1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni del Viadotto - VI04, sono previste su pali in c.a. di grande diametro  $\Phi 1200$  e  $\Phi 1500$  per le pile,  $\Phi 1500$  per le spalle.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 003	REV. B

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1] **D.M. del 17 gennaio 2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni;**
- [N2] **C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";**
- [N3] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 C: Manuale di progettazione delle Opere Civili. Emissione per applicazione del 21/12/2018;**
- [N4] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;**

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- [N5] **STI 2014 – 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;**

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

➤ Calcestruzzo pali di fondazione, cordoli, opere provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

➤ Calcestruzzo fondazioni armate

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm (\*\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

- COPRIFERRO MINIMO = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Calcestruzzo elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4

- COPRIFERRO MINIMO = 50mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

- IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE  
B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :
- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
  - $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	8 di 65

### 3.1 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2019", ovvero:

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

**Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali**

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	9 di 65

		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

– Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 003	REV. B

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare cava** di dimensioni 3.4x 8.60m, una altezza complessiva di 17.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.4x 8.60m ed altezza 2.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50 m collegate in testa da una platea di spessore 3.00m.

Per le verifiche dei singoli elementi della pila (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

### 4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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 vanno combinate le azioni determinate dalle azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto.

Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, si è utilizzato un modello, a seconda della geometria, di tirante-puntone o trave inflessa.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

- 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 (v. § 3.2):

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

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

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

		Coefficiente	EQ <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	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  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

- (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) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.  
 (3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

	A2- SIU - N max gr.1	A2- SIU - MT max gr.1	A2- SIU - ML max gr.1	A2- SIU - N max gr.3	A2- SIU - MT max gr.3	A2- SIU - ML max gr.3	A2- SIU - Vento ponte scarico	A2- SIU Gmin - N max gr.1	A2- SIU Gmin - MT max gr.1	A2- SIU Gmin - ML max gr.1	A2- SIU Gmin - N max gr.3	A2- SIU Gmin - MT max gr.3	A2- SIU Gmin - ML max gr.3	A2- SIU Gmin - Vento ponte scarico	A1- SIU - N max gr.1	A1- SIU - MT max gr.1	A1- SIU - ML max gr.1	A1- SIU - N max gr.3	A1- SIU - MT max gr.3	A1- SIU - ML max gr.3	A1- SIU - Vento ponte scarico	A1- SIU Gmin - N max gr.1	A1- SIU Gmin - MT max gr.1	A1- SIU Gmin - ML max gr.1
Peso proprio g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00
Permanenti G2	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00
Ballast	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Qv	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Mmax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Vento Ponte Scarico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	
Vento Ponte Carico	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
Vento y	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	0,90	0,90

A1 - S1U G min - N max gr.3	A1 - S1U G min - MT max gr.3	A1 - S1U G min - ML max gr.3	A1 - S1U G min - Vento ponte scarico	S1E min - N max gr.1	S1E min - MT max gr.1	S1E min - ML max gr.1	S1E min - N max gr.3	S1E min - MT max gr.3	S1E min - ML max gr.3	S1E min - Vento ponte scarico	S1E freq - N max gr.1	S1E freq - MT max gr.1	S1E freq - ML max gr.1	S1E freq - N max gr.3	S1E freq - MT max gr.3	S1E freq - ML max gr.3	S1E freq - Vento ponte scarico	S1E quasi permanente	S1V - N max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Qr
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.90	0.90	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.45	1.45	1.45	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale
0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### 4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze = m
- Forze = kN

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{sp}$	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	20.45	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.60	m
Area Sezione		27.68	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	17.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	8.60	m
Area Sezione		12.70	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.20	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
$S_s$		1.495	
$a_g$		0.131	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.196	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Impalcato (sx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>131</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>120</b>	kN/m
Ballast		<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>131</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>120</b>	kN/m
Ballast	G2	<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, per la campata sinistra e destra (la condizione di Momento Longitudinale massimo "MLmax" è riferita alla situazione in cui solo uno dei due impalcato venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3V 40 D 09 CL VI 04 05 003 B 17 di 65

sx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2212	2858
2	0.470	-1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2212	2858
dx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
2	0.470	-1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
dx ML max									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960
2	0.470	-1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960

Che ripartiti con il metodo Courbon sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1515			1343			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			82			82	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			125			125	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							4.80
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			146			146	3.15
Vento Ponte Carico			270			270	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		40	40	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1216		1216	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1341		1341	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1824		1824	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1114			988			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			82			82	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		500			500		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			125			125	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1569			1391			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			125			125	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			146			146	3.15
Vento Ponte Carico			270			270	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		47	47		42	42	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale		2406		2406		2.30
	Sisma trasversale			1216		1216	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		2654		2654		2.30
	Sisma trasversale			1341		1341	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00
q=1	Sisma longitudinale		3609		3609		2.30
	Sisma trasversale			1824		1824	2.30
	Sisma verticale	348			348		0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

<b>Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005</b>				
		scarico	carico	
Condizione (ponte carico o scarico)				
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
<b>Vento su impalcato</b>				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	23	23	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.91	2.91	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	3.4	4.1	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.9	8.1	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.98	1.20	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.91	2.14	
<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.91	2.91	
Coefficiente di forza	cfx	1.91	2.14	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.9	8.1	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	14.5	27.0	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.97	3.33	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	14.5	27.0	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	14.5	14.5	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	291	291	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	27.0	27.0	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	540	540	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	20 di 65

<b>Vento su Pila e Pulvino</b>					
Parametri	kr	0.19	0.19		
Parametri	z0	0.05	0.05	m	
Parametri	zmin	4	4	m	
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	19.00	19	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.77	2.77		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	17.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.6	8.6	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m	
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.22	2.22		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.14	2.14	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	146.2	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	37	314	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	17.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m	
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.49	1.49		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.11	1.11	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.8	57.8	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	8	64	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	37	kN		
Pila	F	314	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	19.00	m		
Forza totale	F Tot	350	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	8	kN		
Pila	F	64	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	19.00	m		
Forza totale	F Tot	71	kN		

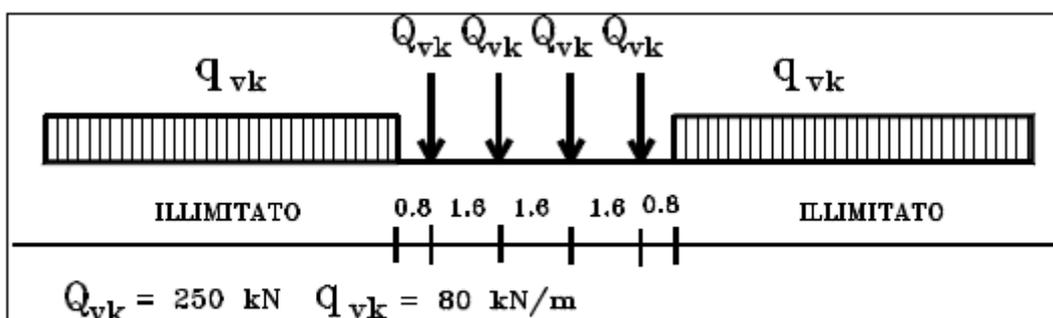
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 dei binari.



*Treno di carico LM 71*

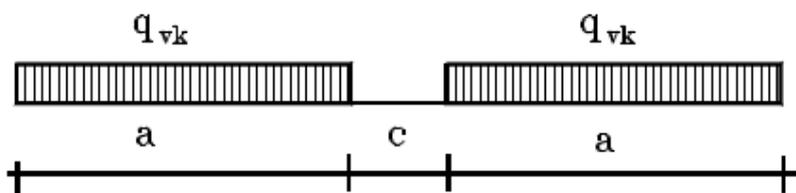
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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.



*Treno di carico SW*

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

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 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

#### 4.6.5 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:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad [5.2.7]$$

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub>	880	per Treno LM 71
Q <sub>lb,k</sub>	660	per Treno SW/0
Q <sub>lb,k</sub>	1155	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	880	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	660	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per SW/2	1155	kN

Avviamento		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>la,k</sub>	1452	per Treno LM 71
Q <sub>la,k</sub>	1089	per Treno SW/0
Q <sub>la,k</sub>	1089	per SW/2
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	1000	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	1000	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	23 di 65

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
<b>Treno LM 71</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/0</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/2</b>		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

**Forza centrifuga sx**

L	40	m	L <sub>0</sub>	38	m
velocità di progetto	160	km/h	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.092	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.80	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	135	Per V>120 km/h						
	105	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	135		qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
qtk	11	Per V>120 km/h						
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	290	kN	qtk*Lcalc	327	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	250	kN	FT= qtk*Lcalc /2	145		FT= qtk*Lcalc /2	164	

**Forza centrifuga dx**

L	40	m	L <sub>0</sub>	38	m
velocità di progetto	160	km/h	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.092	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.80	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	135	Per V>120 km/h						
	105	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	135		qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
qtk	11	Per V>120 km/h						
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	290	kN	qtk*Lcalc	327	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	250	kN	FT= qtk*Lcalc /2	145		FT= qtk*Lcalc /2	164	

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 003	REV. B

#### 4.6.7 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, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

##### ➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:     LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:     PROVINCIA:     COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_{n1}$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_u$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_{r1}$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....□..... Strategia scelta

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info  $S_B = 1.495$   $C_C = 1.290$  info

Categoria topografica **T1** info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info  
(In quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta_1 = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_s$   Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q_v$    $\eta_1 = 0.667$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

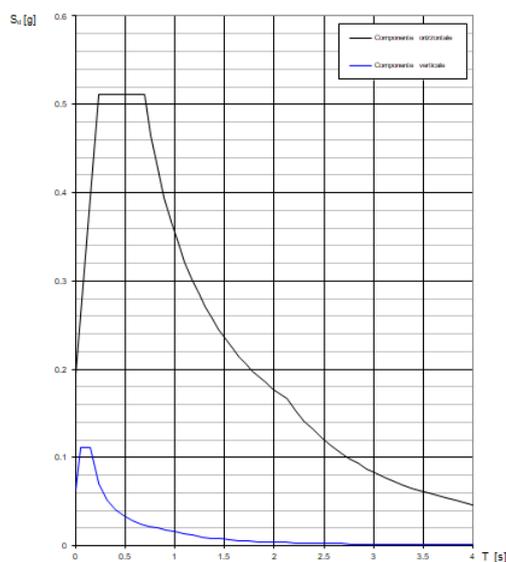
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.131 g
$F_n$	2.619
$T_c^*$	0.536 s
$S_s$	1.495
$C_c$	1.290
$S_r$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.495
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.692 s
$T_D$	2.123 s



➤ 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 Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.

I Fattori di struttura utilizzati sono:

- $q = 1.5$  per la verifica a presso flessione della pila
- $q = 1.5/1.1$  per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q = 1$  per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo 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
- Per l'azione sismica verticale si adotta  $q=1$

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	10881	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3182	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	14063	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2176	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	11032	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	3182	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	14214	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2206	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi <sub>z</sub>	11032	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	3182	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	14214	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi <sub>z</sub> /5	2206	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	19.0	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	85.3	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	12.70	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	194596492	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	873926260.9	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	22049557895	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.53	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.25	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.05	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>z</sub> x	0.51	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>z</sub> y	0.51	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>z</sub> z	0.10	
q=1.5			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>z</sub> x	0.34	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>z</sub> y	0.34	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>z</sub> z	0.10	
q=1.36			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>z</sub> x	0.38	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>z</sub> y	0.38	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>z</sub> z	0.10	
q=1			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>z</sub> x	0.5	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>z</sub> y	0.5	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>z</sub> z	0.0979225	

Condizione Sismica - Taglienti Totali			
q=1.5			
Tagliante direzione x	F x	4811	kN
Tagliante direzione y	F y	4862	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	kN
q=1.36			
Tagliante direzione x	F x	5306	kN
Tagliante direzione y	F y	5363	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	kN
q=1			
Tagliante direzione x	F x	7216	kN
Tagliante direzione y	F y	7294	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	kN

#### 4.6.8 Analisi Dinamica Lineare

Non essendo soddisfatti i criteri per l'analisi statica si svolge una Analisi Dinamica Lineare. L'analisi viene svolta considerando per la pila una rigidezza non fessurata e fessurata con riduzione della rigidezza pari ad al 50%.

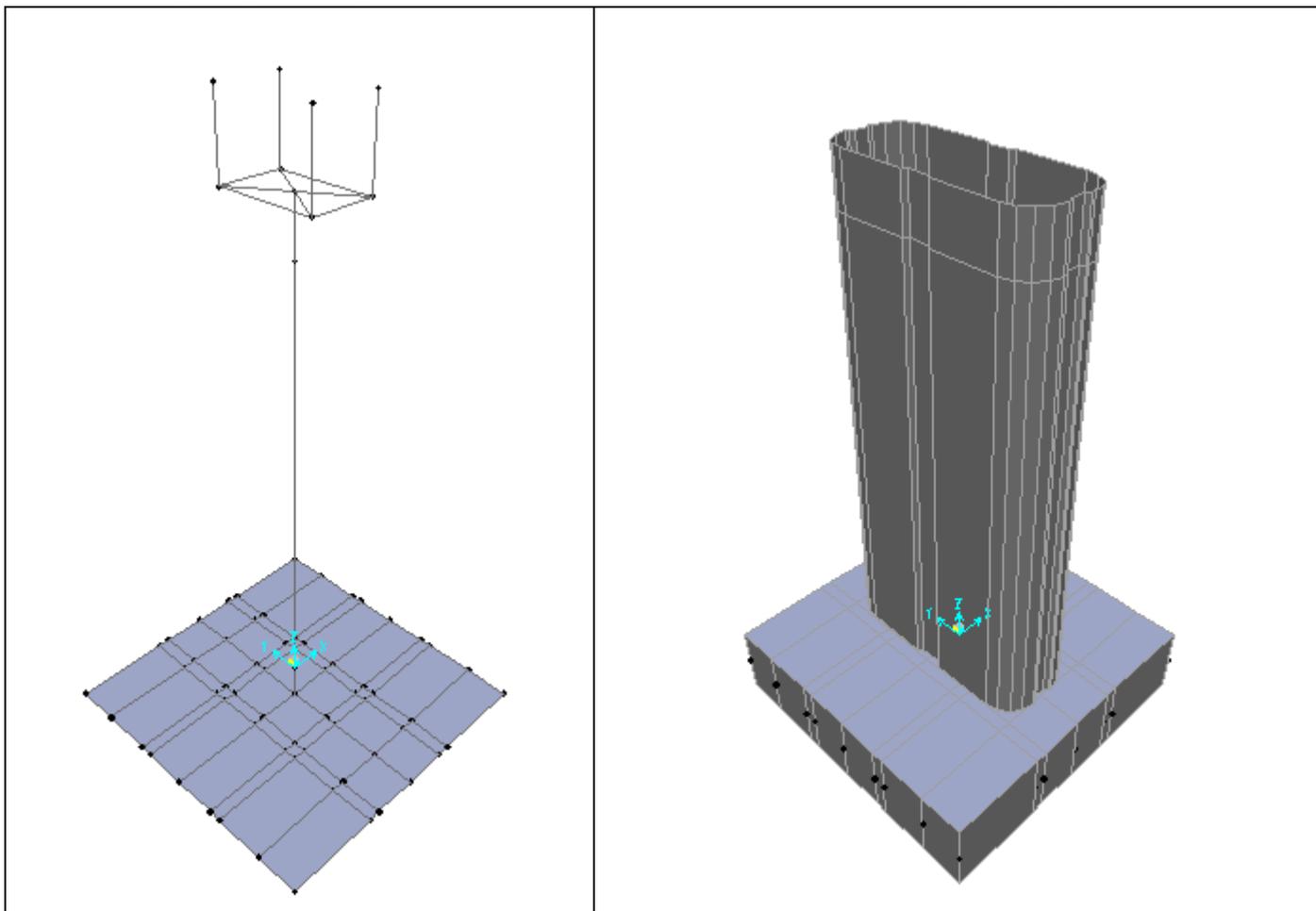
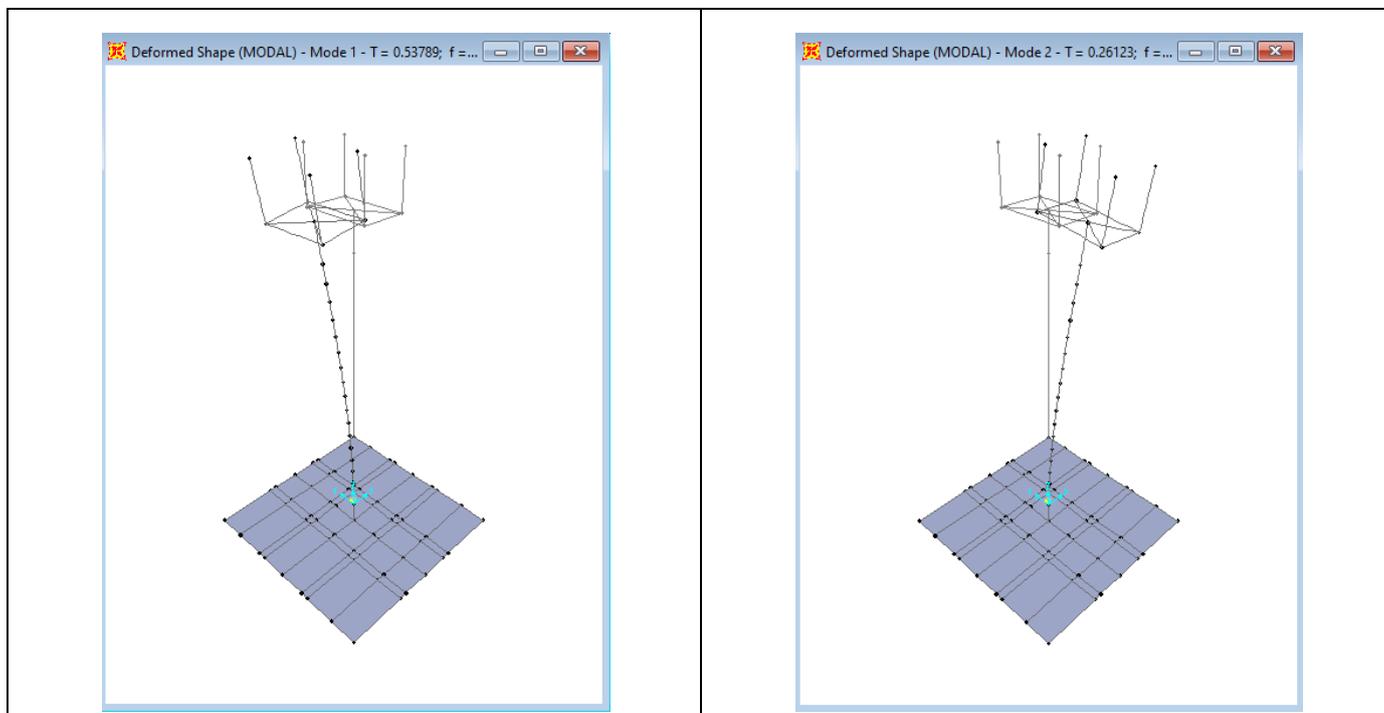
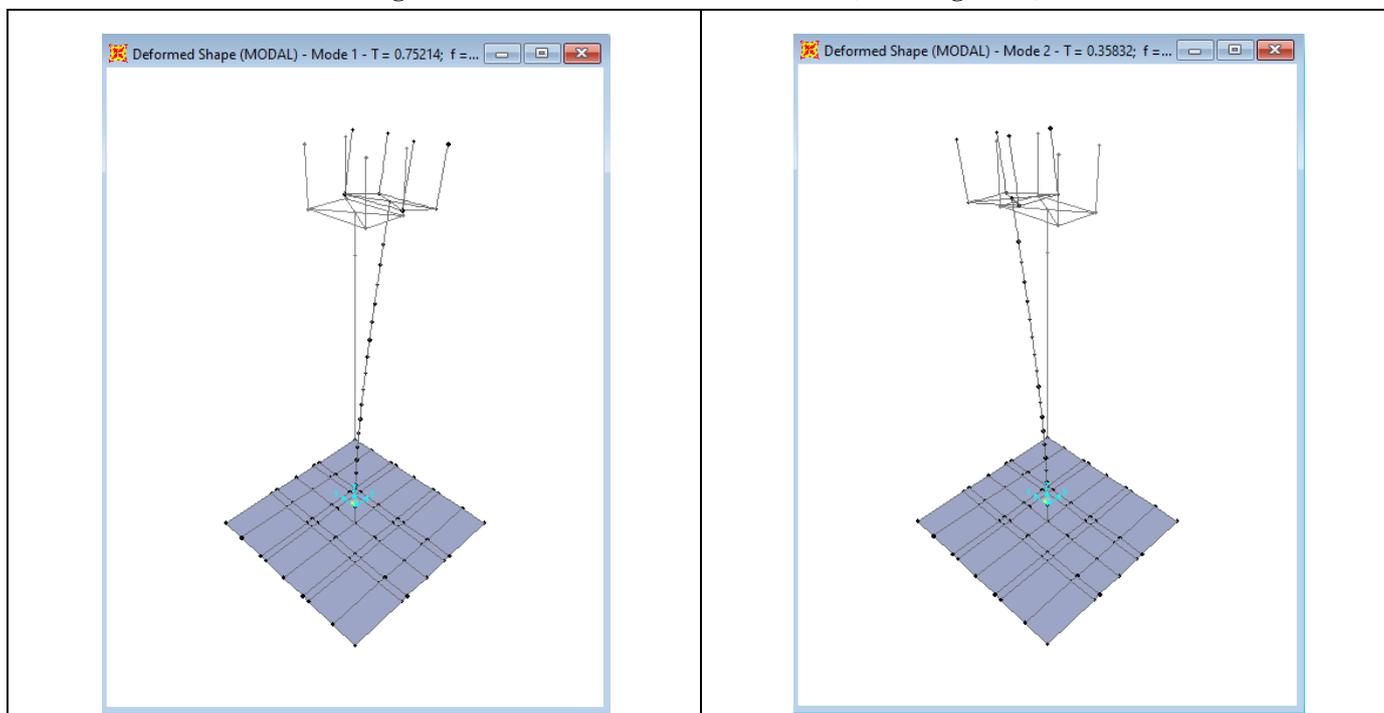


Figura 4: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:



**Figura 5: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)**



**Figura 6: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)**

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 003	REV. B

#### 4.6.9 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

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

dove

$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l, H_t$  sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

#### 4.6.10 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale  $N$ , forza orizzontale  $T$  e momento ribaltante  $M$ .
- Per i carichi sui pali in termini di  $N_{\max}, N_{\min}, T$  ed  $M$ .

**SPICCATO PILA: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	6779			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		350		0.00	0.00	19.00	0	6659
Vento su pila dir.y			71.5	0.00	0.00	19.00	1358	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	6779			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	10800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2295			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		350		0.00	0.00	22.00	0	7711
Vento su pila dir.y			71.5	0.00	0.00	22.00	1573	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Plinto sisma x		2115		0.00	0.00	1.50	0.00	3173
Plinto sisma y			2115	0.00	0.00	1.50	3173	0
Plinto sisma z	1058			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	225			0.00	0.00	0.00	0	0



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	32 di 32

## 4.7 Sollecitazioni

### 4.7.1 Base Pila

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	24459	1242	1890	42511	25188
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	21959	2237	707	14993	52148
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	23789	1144	2105	47648	24133
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	23789	1144	2105	47648	24133
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	21959	2237	707	14993	52148
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	30618	1498	2244	50300	30331
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	27718	2651	877	18505	61599
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	29841	1385	2494	56259	29107
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	29841	1385	2494	56259	29107
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	27718	2651	877	18505	61599
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	21779	1054	1545	34553	21322
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	19779	1841	626	13166	42730
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	21243	976	1717	38663	20478
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	21243	976	1717	38663	20478
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	19779	1841	626	13166	42730
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	20787	903	743	16265	18229
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	20787	1366	592	12634	28610
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	20358	841	881	19552	17554
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	20358	841	881	19552	17554
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	19187	1365	561	11705	32160
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	16819	301	301	5858	5858
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19203	1860	1720	37268	40015
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	5229	1705	36847	114165
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	1829	5160	112145	39496
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	1829	5160	112145	39496
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	5229	1705	36847	114165
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19203	2009	1871	40473	43248
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	5724	1855	40114	124939
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	1978	5660	122988	42729
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	1978	5660	122988	42729
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	5724	1855	40114	124939
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19203	2582	2450	53137	55715
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	7635	2434	52716	166496
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	2551	7592	165041	55196
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18122	2551	7592	165041	55196
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	17829	7635	2434	52716	166496

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila – Analisi Statica

**TABLE: Section Cut Forces - Analysis**

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
base pila	EX_1	Combination	Max	6796	2249	17906	46105	139229
base pila	EX_1	Combination	Min	-6796	-2249	17906	-45891	-138867
base pila	EY_1	Combination	Max	2039	7493	17906	153361	41901
base pila	EY_1	Combination	Min	-2039	-7493	17906	-153147	-41538
base pila	EX_2	Combination	Max	6796	2249	17505	46105	139229
base pila	EX_2	Combination	Min	-6796	-2249	17505	-45891	-138867
base pila	EY_2	Combination	Max	2039	7493	17505	153361	41901
base pila	EY_2	Combination	Min	-2039	-7493	17505	-153147	-41538
base pila	EZ_1	Combination	Max	2039	2248	18373	46088	41897
base pila	EZ_1	Combination	Min	-2039	-2248	18373	-45874	-41534
base pila	EZ_2	Combination	Max	2039	2248	17038	46088	41897
base pila	EZ_2	Combination	Min	-2039	-2248	17038	-45874	-41534
				<b>6796</b>	<b>7493</b>		<b>153361</b>	<b>139229</b>

**Tabella 4 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 50%(EI)**
**TABLE: Section Cut Forces - Analysis**

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
base pila	EX_1	Combination	Max	7394	2263	17906	46276	151442
base pila	EX_1	Combination	Min	-7394	-2263	17906	-46061	-151079
base pila	EY_1	Combination	Max	2218	7541	17906	153963	45562
base pila	EY_1	Combination	Min	-2218	-7541	17906	-153748	-45200
base pila	EX_2	Combination	Max	7394	2263	17505	46276	151442
base pila	EX_2	Combination	Min	-7394	-2263	17505	-46061	-151079
base pila	EY_2	Combination	Max	2218	7541	17505	153963	45562
base pila	EY_2	Combination	Min	-2218	-7541	17505	-153748	-45200
base pila	EZ_1	Combination	Max	2218	2262	18373	46267	45560
base pila	EZ_1	Combination	Min	-2218	-2262	18373	-46052	-45197
base pila	EZ_2	Combination	Max	2218	2262	17038	46267	45560
base pila	EZ_2	Combination	Min	-2218	-2262	17038	-46052	-45197
				<b>7394</b>	<b>7541</b>		<b>153963</b>	<b>151442</b>

**Tabella 5 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 100%(EI)**

Come si può vedere dai valori massimi indicati in grassetto (per  $q=1$ ), le sollecitazioni della Analisi Lineare Statica sono superiori rispetto a quelli ottenuti dall'analisi Dinamica; pertanto in favore di sicurezza si adatteranno quelli ricavate dalla Analisi Lineare Statica.

#### 4.7.2 Plinto di fondazione

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	38243	1242	1890	48181	28914
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	35743	2237	707	17114	58858
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	37573	1144	2105	53963	27566
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	37573	1144	2105	53963	27566
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	35743	2237	707	17114	58858
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	48641	1498	2244	57032	34825
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	45741	2651	877	21137	69552
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	47864	1385	2494	63740	33262
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	47864	1385	2494	63740	33262
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	45741	2651	877	21137	69552
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	34874	1054	1545	39187	24483
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	32874	1841	626	15043	48253
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	34338	976	1717	43812	23405
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	34338	976	1717	43812	23405
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	32874	1841	626	15043	48253
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	33882	903	743	18494	20939
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	33882	1366	592	14410	32707
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	33454	841	881	22195	20077
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	33454	841	881	22195	20077
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	32282	1365	561	13387	36254
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	29914	301	301	6762	6762
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	33581	2495	2355	43381	46548
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	7344	2339	42913	133024
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	2464	7275	130796	45936
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	2464	7275	130796	45936
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	7344	2339	42913	133024
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	33581	2643	2505	47037	50226
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	7839	2489	46630	145284
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	2612	7775	143141	49614
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	2612	7775	143141	49614
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	7839	2489	46630	145284
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	33581	3217	3084	61439	64413
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	9750	3069	60970	192572
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	3185	9707	190988	63800
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31602	3185	9707	190988	63800
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31309	9750	3069	60970	192572

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

**TABLE: Base Reactions**

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
EX_1	Combination	Max	7097	2331	31145	46127	139313
EX_1	Combination	Min	-7097	-2331	31145	-45913	-138950
EY_1	Combination	Max	2129	7765	31145	153436	41925
EY_1	Combination	Min	-2129	-7765	31145	-153222	-41563
EX_2	Combination	Max	7097	2331	30096	46127	139313
EX_2	Combination	Min	-7097	-2331	30096	-45913	-138950
EY_2	Combination	Max	2129	7765	30096	153436	41925
EY_2	Combination	Min	-2129	-7765	30096	-153222	-41563
EZ_1	Combination	Max	2129	2330	32368	46111	41922
EZ_1	Combination	Min	-2129	-2330	32368	-45896	-41559
EZ_2	Combination	Max	2129	2330	28872	46111	41922
EZ_2	Combination	Min	-2129	-2330	28872	-45896	-41559
			<b>7097</b>	<b>7765</b>		<b>153436</b>	<b>139313</b>

**Tabella 7 – Sollecitazioni intradosso fondazione - Dinamica 50%(EI)**
**TABLE: Base Reactions**

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
EX_1	Combination	Max	7672	2344	31145	46298	151518
EX_1	Combination	Min	-7672	-2344	31145	-46084	-151156
EY_1	Combination	Max	2302	7812	31145	154037	45585
EY_1	Combination	Min	-2302	-7812	31145	-153823	-45222
EX_2	Combination	Max	7672	2344	30096	46298	151518
EX_2	Combination	Min	-7672	-2344	30096	-46084	-151156
EY_2	Combination	Max	2302	7812	30096	154037	45585
EY_2	Combination	Min	-2302	-7812	30096	-153823	-45222
EZ_1	Combination	Max	2302	2344	32368	46289	45583
EZ_1	Combination	Min	-2302	-2344	32368	-46074	-45220
EZ_2	Combination	Max	2302	2344	28872	46289	45583
EZ_2	Combination	Min	-2302	-2344	28872	-46074	-45220
			<b>7672</b>	<b>7812</b>		<b>154037</b>	<b>151518</b>

**Tabella 8 – Sollecitazioni intradosso fondazione - Dinamica 50%(EI)**

Come si può vedere dai valori massimi indicati in grassetto (per  $q=1$ ), le sollecitazioni della Analisi Lineare Statica sono superiori rispetto a quelle ottenute dall'analisi Dinamica; pertanto in favore di sicurezza si adotteranno quelle ricavate dalla Analisi Lineare Statica.

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	48641	1498	2244	57032	34825	8807	2002	300
AI - SLU - MT max gr.1	47864	1385	2494	63740	33262	8911	1726	317
AI - SLU - ML max gr.1	45741	1813	1095	26998	48211	7868	2297	235
AI - SLU - N max gr.3	48641	2337	1970	49630	56184	9324	1486	340
AI - SLU - MT max gr.3	47864	2111	2095	52939	51738	9195	1441	330
AI - SLU - ML max gr.3	45741	2651	877	21137	69552	8441	1723	310
AI - SLU - Vento ponte scarico	41449	407	1390	33914	9129	6200	3011	161
AI - SLU Gmin - N max gr.1	30011	1498	2244	57032	34825	6737	-68	300
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	29234	1385	2494	63740	33262	6841	-344	317
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	27111	1813	1095	26998	48211	5798	227	235
AI - SLU Gmin - N max gr.3	30011	2337	1970	49630	56184	7254	-584	340
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	29234	2111	2095	52939	51738	7125	-629	330
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	27111	2651	877	21137	69552	6371	-346	310
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22819	301	1284	31547	6762	3954	1117	147
						9324	-629	340

Tabella 9 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	33581	2643	2505	47037	50226	7334	129	405
SLV - MT max gr.1	31602	2612	7775	143141	49614	10650	-3628	911
SLV - ML max gr.1	31309	7839	2489	46630	145284	10587	-3629	914
SLV - MT max gr.3	29997	2612	7775	143141	49614	10472	-3806	911
SLV - ML max gr.3	29704	7839	2489	46630	145284	10408	-3807	914
SLV - N min	28232	2643	2505	47037	50226	6739	-465	405
						10650	-3807	914

Tabella 10 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	33581	3217	3084	61439	64413	8392	-930	495
SLV - MT max gr.1	31602	3185	9707	190988	63800	12948	-5925	1135
SLV - ML max gr.1	31309	9750	3069	60970	192572	12869	-5912	1136
SLV - MT max gr.3	29997	3185	9707	190988	63800	12770	-6104	1135
SLV - ML max gr.3	29704	9750	3069	60970	192572	12691	-6090	1136
SLV - N min	28232	3217	3084	61439	64413	7798	-1524	495
						12948	-6104	1136

Tabella 11 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

C.C. n°	N kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm	N <sub>max/palo</sub> kN	N <sub>min/palo</sub> kN	T <sub>palo</sub> kN
SLE rara - N max gr.1	34874	1054	1545	39187	24483	6233	1517	208
SLE rara - MT max gr.1	34338	976	1717	43812	23405	6305	1326	219
SLE rara - ML max gr.1	32874	1264	776	19086	33556	5602	1703	165
SLE rara - N max gr.3	34874	1632	1356	34081	39193	6589	1161	236
SLE rara - MT max gr.3	34338	1476	1442	36364	36130	6500	1130	229
SLE rara - ML max gr.3	32874	1841	626	15043	48253	5997	1308	216
SLE rara - Vento ponte scarico	29914	301	957	23285	6762	4437	2211	111
						6589	1130	236

Tabella 12 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	21.8	21.8	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	7635	7592	kN
Momento agente (q=1)	M	166496	165041	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5229	5160	kN
Momento agente (con q)	MEd	114165	112145	kN*m
Momento Resistente	MRd	157615	290608	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.38	2.59	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr,max= V	7635	7592	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	7218	13370	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>7218</b>	<b>7592</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.23</b>	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>7218</b>	<b>7592</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.16	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

Taglio resistente:

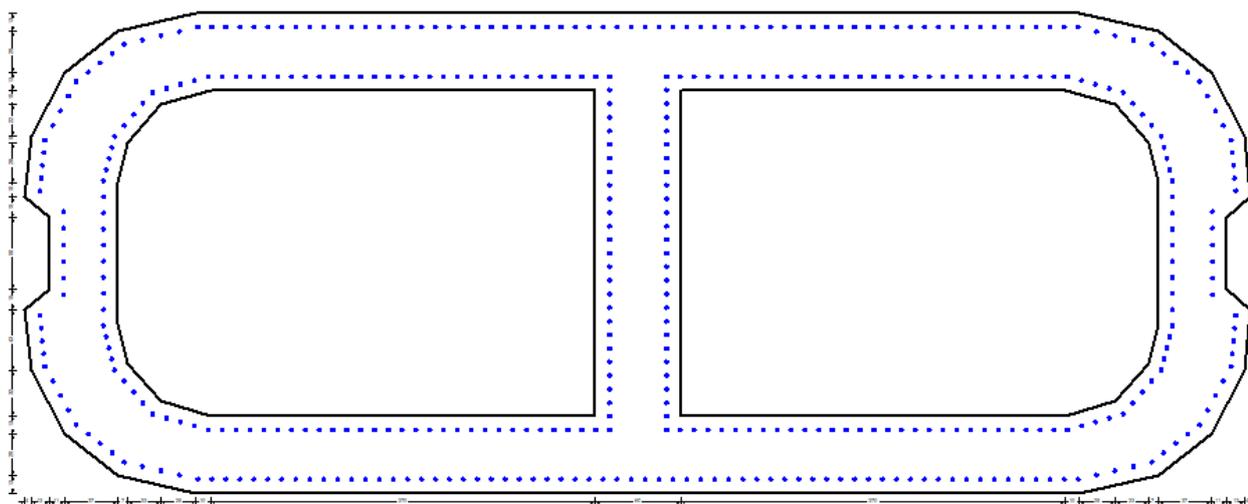
La resistenza a taglio viene valutata come somma dei contributi dati dalla 2 anime in direzione Y e 3 anime in direzione X della sezione cava:

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	40 di 40

dir. X			dir. Y		
Dati sezione			Dati sezione		
b	500	mm	b	550	mm
h	2300	mm	h	6200	mm
c	100	mm	c	100	mm
fck	32	Mpa	fck	32	Mpa
d	2200		d	6100	
Staffe			Staffe		
∅	16	mm	∅	16	mm
n	2		n	2	
s	100	mm	s	100	mm
α	1.57	rad	α	1.57	rad
θ	0.79	rad	θ	0.79	rad
ctgα	0.00		ctgα	0.00	
ctgθ	1.00		ctgθ	1.00	
f <sub>yd</sub>	391	Mpa	f <sub>yd</sub>	391	Mpa
f' <sub>cd</sub>	9.07	MPa	f' <sub>cd</sub>	9.07	MPa
VR <sub>sd</sub>	3113.16	kN	VR <sub>sd</sub>	8631.95	kN
VR <sub>cd</sub>	4488.00	kN	VR <sub>cd</sub>	13688.40	kN
VR <sub>d</sub>	3113.16	kN	VR <sub>d</sub>	8631.95	kN
3*VR <sub>d</sub>	9339.5	kN	2*VR <sub>d</sub>	17263.9	kN

La verifica risulta soddisfatta.



La sezione è armata con:

$A_s = \phi 26/10$

spille  $9\phi 10/mq$

Nota: nella successiva fase progettuale si dovranno predisporre opportune armature trasversali all'interno delle zone dissipative atte a confinare adeguatamente il nucleo di calcestruzzo della sezione e contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse al fine di garantire la necessaria duttilità strutturale come richiesto dal punto 7.9.6.1 della NTC 2018.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
-----------	-------	-------

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	42 di 42

Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	310.0	170.0
2	365.0	157.0
3	402.0	128.0
4	426.0	83.0
5	430.0	40.0
6	413.0	25.0
7	413.0	-25.0
8	430.0	-40.0
9	426.0	-83.0
10	402.0	-128.0
11	365.0	-157.0
12	310.0	-170.0
13	-310.0	-170.0
14	-365.0	-157.0
15	-402.0	-128.0
16	-426.0	-83.0
17	-430.0	-40.0
18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	83.0
22	-402.0	128.0
23	-365.0	157.0
24	-310.0	170.0

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C20/25

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	30.0	115.0
2	300.0	115.0
3	335.0	105.0
4	358.0	78.0
5	365.0	50.0
6	365.0	-50.0
7	358.0	-78.0
8	335.0	-105.0



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	43 di 43

9	300.0	-115.0
10	30.0	-115.0

#### DOMINIO N° 3

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Conglomerato: C20/25

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	-115.0
2	-300.0	-115.0
3	-335.0	-105.0
4	-358.0	-78.0
5	-365.0	-50.0
6	-365.0	50.0
7	-358.0	78.0
8	-335.0	105.0
9	-300.0	115.0
10	-30.0	115.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	160.0	26
2	360.6	147.8	26
3	394.2	121.4	26
4	416.2	80.1	26
5	419.6	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.6	-44.1	26
9	416.2	-80.1	26
10	394.2	-121.4	26
11	360.6	-147.8	26
12	308.8	-160.0	26
13	-308.8	-160.0	26
14	-360.6	-147.8	26
15	-394.2	-121.4	26
16	-416.2	-80.1	26
17	-419.6	-44.1	26
18	-403.0	-29.5	26
19	-403.0	29.5	26
20	-419.6	44.1	26
21	-416.2	80.1	26
22	-394.2	121.4	26
23	-360.6	147.8	26
24	-308.8	160.0	26
25	20.0	125.0	26
26	301.4	125.0	26
27	340.7	113.8	26
28	367.1	82.7	26
29	375.0	51.2	26
30	375.0	-51.2	26
31	367.1	-82.7	26
32	340.7	-113.8	26
33	301.4	-125.0	26
34	20.0	-125.0	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	44 di 44

35	-20.0	-125.0	26
36	-301.4	-125.0	26
37	-340.7	-113.8	26
38	-367.1	-82.7	26
39	-375.0	-51.2	26
40	-375.0	51.2	26
41	-367.1	82.7	26
42	-340.7	113.8	26
43	-301.4	125.0	26
44	-20.0	125.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	24	1	62	26
2	12	13	62	26
3	34	33	28	26
4	35	36	28	26
5	25	26	28	26
6	43	44	28	26
7	34	25	25	26
8	35	44	25	26
9	1	2	3	26
10	2	3	3	26
11	3	4	3	26
12	4	5	3	26
13	6	7	4	26
14	9	8	3	26
15	9	10	3	26
16	10	11	3	26
17	11	12	3	26
18	13	14	3	26
19	14	15	3	26
20	15	16	3	26
21	16	17	3	26
22	19	18	4	26
23	21	20	3	26
24	21	22	3	26
25	22	23	3	26
26	23	24	3	26
27	26	27	3	26
28	27	28	3	26
29	28	29	3	26
30	29	30	8	26
31	30	31	3	26
32	31	32	3	26
33	32	33	3	26
34	36	37	3	26
35	37	38	3	26
36	38	39	3	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	45 di 45

37	39	40	8	26
38	40	41	3	26
39	41	42	3	26
40	42	43	3	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 2.8 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	30618.01	30331.13	50299.98	0.00	0.00
2	27718.01	61598.92	18504.93	0.00	0.00
3	29840.81	29107.47	56259.19	0.00	0.00
4	29840.81	29107.47	56259.19	0.00	0.00
5	27718.01	61598.92	18504.93	0.00	0.00
6	19203.27	40015.43	37268.31	0.00	0.00
7	17828.87	114165.48	36846.81	7218.00	0.00
8	18121.67	39496.43	112144.67	0.00	7592.00
9	18121.67	39496.43	112144.67	0.00	0.00
10	17828.87	114165.48	36846.81	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	21779.00	21322.00	34553.00
2	19779.00	42730.00	13166.00
3	21243.00	20478.00	38663.00
4	21243.00	20478.00	38663.00
5	19779.00	42730.00	13166.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	46 di 46

N°Comb.	N	Mx	My
1	20787.00	18229.00 (87916.12)	16265.00 (78444.00)
2	20787.00	28610.00 (58590.24)	12634.00 (25873.09)
3	20358.00	17554.00 (72054.44)	19552.00 (80255.70)
4	20358.00	17554.00 (72054.44)	19552.00 (80255.70)
5	19187.00	32160.00 (50789.64)	11705.00 (18485.47)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	16819.00	5858.00 (0.00)	5858.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.5 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.7 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	30618.01	30331.13	50299.98	30618.00	141914.99	235553.24	4.682325.5(380.9)	
2	S	27718.01	61598.92	18504.93	27717.94	169625.09	51074.02	2.752325.5(380.9)	
3	S	29840.81	29107.47	56259.19	29840.84	133118.90	257725.56	4.582325.5(380.9)	
4	S	29840.81	29107.47	56259.19	29840.84	133118.90	257725.56	4.582325.5(380.9)	
5	S	27718.01	61598.92	18504.93	27717.94	169625.09	51074.02	2.752325.5(380.9)	
6	S	19203.27	40015.43	37268.31	19203.14	150431.96	139733.99	3.752325.5(380.9)	
7	S	17828.87	114165.48	36846.81	17829.15	157615.79	50307.95	1.382325.5(380.9)	
8	S	18121.67	39496.43	112144.67	18121.65	103005.24	290608.07	2.592325.5(380.9)	
9	S	18121.67	39496.43	112144.67	18121.65	103005.24	290608.07	2.592325.5(380.9)	
10	S	17828.87	114165.48	36846.81	17829.15	157615.79	50307.95	1.382325.5(380.9)	

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	47 di 47

Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	365.0	157.0	0.00329	360.6	147.8	-0.00734	-360.6	-147.8
2	0.00350	310.0	170.0	0.00303	308.8	160.0	-0.01339	-308.8	-160.0
3	0.00350	365.0	157.0	0.00330	360.6	147.8	-0.00715	-360.6	-147.8
4	0.00350	365.0	157.0	0.00330	360.6	147.8	-0.00715	-360.6	-147.8
5	0.00350	310.0	170.0	0.00303	308.8	160.0	-0.01339	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00316	308.8	160.0	-0.01049	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00298	308.8	160.0	-0.01501	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00793	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00793	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00298	308.8	160.0	-0.01501	-308.8	-160.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006542	0.000019983	-0.002025309	----	----
2	0.000002133	0.000047190	-0.005183605	----	----
3	0.000007117	0.000017993	-0.001922682	----	----
4	0.000007117	0.000017993	-0.001922682	----	----
5	0.000002133	0.000047190	-0.005183605	----	----
6	0.000004759	0.000033482	-0.003667231	----	----
7	0.000002255	0.000051873	-0.006017399	----	----
8	0.000009309	0.000015356	-0.002308612	----	----
9	0.000009309	0.000015356	-0.002308612	----	----
10	0.000002255	0.000051873	-0.006017399	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	10 mm
Passo staffe:	2.8 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	48 di 48

L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proietta-$   
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	18136.02	2123.90107.9	96.8	353.5	1.000	1.128	0.0	56.1(0.0)
2	S	0.00	29762.01	4288.80205.4	195.4	290.4	1.000	1.116	0.0	56.1(0.0)
3	S	0.00	16742.12	1902.06101.0	86.6	365.4	1.000	1.125	0.0	56.1(0.0)
4	S	0.00	16742.12	1902.06101.0	86.6	365.4	1.000	1.125	0.0	56.1(0.0)
5	S	0.00	29762.01	4288.80205.4	195.4	290.4	1.000	1.116	0.0	56.1(0.0)
6	S	0.00	22341.71	3284.40159.6	149.6	294.1	1.000	1.080	0.0	56.1(0.0)
7	S	7211.19	19513.76	10708.86205.1	195.1	287.1	2.500	1.075	37.8	56.1(0.0)
8	S	3935.49	9104.08	4060.76 89.8	74.0	352.8	2.500	1.076	54.4	56.1(0.0)
9	S	0.00	13200.91	1624.30 89.8	74.0	352.8	1.000	1.076	0.0	56.1(0.0)
10	S	0.00	28294.95	4283.54205.1	195.1	287.1	1.000	1.075	0.0	56.1(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.24	365.0	157.0	-27.4	-360.6	-147.8	8819	164.6
2	S	5.50	310.0	170.0	-83.7	-308.8	-160.0	30218	594.6
3	S	4.36	365.0	157.0	-31.4	-360.6	-147.8	10128	191.1
4	S	4.36	365.0	157.0	-31.4	-360.6	-147.8	10128	191.1
5	S	5.50	310.0	170.0	-83.7	-308.8	-160.0	30218	594.6

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00015	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	533	0.044 (0.20)	39179.24	63491.24
2	S	-0.00044	0	0.500	26.0	87	0.00025 (0.00025)	520	0.131 (0.20)	44052.76	13573.57
3	S	-0.00017	0	0.500	26.0	87	0.00009 (0.00009)	530	0.050 (0.20)	34264.53	64692.34
4	S	-0.00017	0	0.500	26.0	87	0.00009 (0.00009)	530	0.050 (0.20)	34264.53	64692.34



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	49 di 49

5	S	-0.00044	0	0.500	26.0	87	0.00025 (0.00025)	520	0.131 (0.20)	44052.76	13573.57
---	---	----------	---	-------	------	----	-------------------	-----	--------------	----------	----------

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.07	310.0	170.0	-7.1	-308.8	-160.0	2899	69.0
2	S	3.98	310.0	170.0	-28.9	-308.8	-160.0	11089	228.3
3	S	3.13	365.0	157.0	-9.1	-360.6	-147.8	3913	84.9
4	S	3.13	365.0	157.0	-9.1	-360.6	-147.8	3913	84.9
5	S	4.30	310.0	170.0	-46.2	-308.8	-160.0	20436	430.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00004	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	481	0.010 (0.20)	87916.12	78444.00
2	S	-0.00016	0	0.500	26.0	87	0.00009 (0.00009)	510	0.044 (0.20)	58590.24	25873.09
3	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	499	0.014 (0.20)	72054.44	80255.70
4	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	499	0.014 (0.20)	72054.44	80255.70
5	S	-0.00025	0	0.500	26.0	87	0.00014 (0.00014)	506	0.070 (0.20)	50789.64	18485.47

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.62	310.0	170.0	7.3	-308.8	-160.0	----	----

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 9324 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 10650 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 914 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

Il plinto fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo esterno della pila, mediante una

diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 d<sub>p</sub> (con d<sub>p</sub> altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

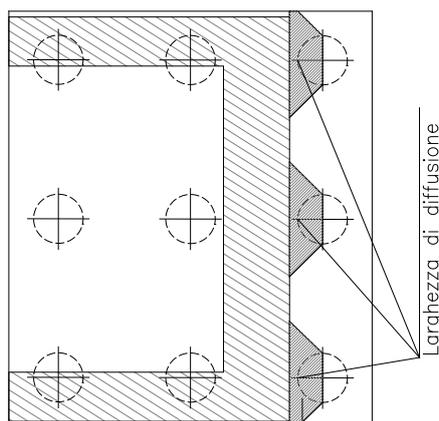
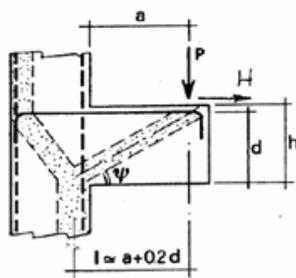


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 7/19.

#### VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto (P<sub>Fnd</sub>, H<sub>Fnd</sub>)**

**P<sub>r</sub> : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_r = P_{R_s} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 / (0,9d)$$

**P<sub>r</sub> : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{R_s}$$

#### CONDIZIONI DI VERIFICA

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $\quad \quad \geq P_{R_s}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	51 di 51

**Dati di progetto**

$b(m) =$	3.75	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	10650.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	914.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	3.00	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	3.58	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.37		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) = 1.00$

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	14.1	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	26.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 1 =$	37.5	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	19909.83	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	19909.83
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	26.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 2 =$	37.5	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	19909.83	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	19909.83
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi = 0.630 \text{ rad} = 36.09^{\circ}$

$P_{RS} = 10684.6 \text{ KN}$  PRs>PEd- Verifica Soddisfatta

$P_{RC} = 21286.4 \text{ KN}$  PRc>PRs - Verifica Soddisfatta

### 4.9.3 Palo di fondazione $L=37.0m$

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.8 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 12948 \text{ kN} \quad T = 1136 \text{ kN} \quad M = 1136 * 2.8 = 3181 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -6104 \text{ kN} \quad T = 1136 \text{ kN} \quad M = 1136 * 2.8 = 3181 \text{ kNm}$$

$$N = -6104 \text{ kN} \quad T = 1136 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1136 * 2.8 = 3181 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 150 \text{ cm}$*

$$A_s = 30 + 30 \varnothing 26 \quad \text{staffe } \varnothing 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 37.00m$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50		
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	53 di 53

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm  
 X centro circ.: 0.0 cm  
 Y centro circ.: 0.0 cm

#### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza  
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	30	26
2	0.0	0.0	60.0	30	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	9324.00	952.00	0.00	340.00	0.00
2	-629.00	952.00	0.00	340.00	0.00
3	12948.00	3181.00	0.00	1136.00	0.00
4	-6104.00	3181.00	0.00	1136.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	6589.00	661.00	0.00
2	1130.00	661.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	54 di 54

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	5510.00	462.00 (1915.67)	0.00 (0.00)
2	1748.00	462.00 (5041.71)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	9324.00	952.00	0.00	9323.82	8221.15	0.00	8.64	318.6(53.0)
2	S	-629.00	952.00	0.00	-629.18	6207.71	0.00	6.52	318.6(53.0)
3	S	12948.00	3181.00	0.00	12948.21	8103.49	0.00	2.55	318.6(53.0)
4	S	-6104.00	3181.00	0.00	-6104.00	3768.43	0.00	1.18	318.6(53.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00303	0.0	65.0	-0.00309	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00265	0.0	65.0	-0.00845	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00309	0.0	65.0	-0.00221	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00203	0.0	65.0	-0.01705	0.0	-65.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	55 di 55

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c            Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d                Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45  
C.Rid.             Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000047084	-0.000031314	----	----
2	0.000000000	0.000085389	-0.002904201	----	----
3	0.000000000	0.000040794	0.000440487	----	----
4	0.000000000	0.000146759	-0.007506910	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    14 mm  
Passo staffe:                    15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                          Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                          L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proietta-$   
                          sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	340.00	3869.42	3590.34117.3	93.0	136.4	2.500	1.250	3.7	39.5(0.0)
2	S	340.00	3427.40	4169.09120.6	108.0	130.0	2.500	1.000	3.2	39.5(0.0)
3	S	1136.00	3532.11	3431.74117.5	88.9	134.9	2.500	1.206	13.1	39.5(0.0)
4	S	1136.00	3185.23	4619.84129.6	119.6	109.0	2.500	1.000	9.7	39.5(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.38	0.0	0.0	25.2	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.29	0.0	0.0	-22.5	0.0	-65.0	1541	53.1

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	56 di 56

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
$\emptyset$	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1942.10	0.00
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	424	0.029 (0.20)	1788.20	0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.47	0.0	0.0	23.6	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.81	0.0	0.0	-1.8	0.0	-65.0	582	15.9

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1915.67	0.00
2	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	457	0.003 (0.20)	5041.71	0.00

**4.9.4 Escursione Longitudinale, giunti e varchi**

Le escursioni longitudinali che i vincoli mobili devono consentire, sono state determinate in accordo con quanto indicato nel §2.1.5 della specifica RFI per i ponti [3].

Per i ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio viene valutato mediante la seguente relazione:

$$EL = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot Dt + 4 \cdot dEd \cdot k_2 + 2 \cdot deg)$$

dove:

E1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

dEd = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento dE prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel §7.3.3.3 delle NTC [1];

deg = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il §3.2.3.3 e §3.2.4.2 delle NTC [1];

In favore di sicurezza  $deg = d_{ij \max}$  =

$$d_{ij \max} = 1,25 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2}$$

Dove dgi e dgj sono gli spostamenti massimi del suolo nei punti i e j, calcolati con riferimento alle caratteristiche locali del sottosuolo:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c \cdot T_D$$

In ogni caso, dovrà risultare:

$$EL \geq E0 \quad e \quad EL \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

E0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

Ei = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi

$$EL = \max(E0; E_i).$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore EL dovrà essere assunto non minore di:

$$EL \geq 3,3 \cdot L/1000 + 0,1 \text{ m} \quad e \quad EL \geq 0,15 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) \geq 0,25 \text{ g}$$

$$EL \geq 2,3 \cdot L/1000 + 0,073 \text{ m} \quad e \quad EL \geq 0,10 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) < 0,25 \text{ g}$$

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

- a) La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a

$$EC_{min} = \pm(EL/2 + EL/8) \text{ con un minimo di } \pm(EL/2 + 15 \text{ mm}).$$

- b) Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$EG_{min} = \pm(EL/2 + 10 \text{ mm})$$

- c) Il varco da prevedere fra le testate degli impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$EV_{min} = EL/2 + 20 \text{ mm}$$

- d) Il ritegno sismico dovrà essere disposto ad una distanza, dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$ER_{min} = V - 10 \text{ mm}$$

Di seguito vengono valutati preliminarmente i diversi contributi relativi alle diverse azioni (termica, sismica e moto delle fondazioni) e successivamente vengono riportati i calcoli delle diverse grandezze.

$a_g$		0.131	g
$F_0$		2.619	
$S_s$		1.495	
$S_t$		1	
$T_c$		0.692	s
$T_D$		2.123	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.20	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.51	g
Inerzia Pila asse y	$J_{yy}$	19.0	m <sup>4</sup>
Altezza pila	h1	19.0	m
Altezza baricentro impalcato	h2	2.7	m
Altezza totale	h=h1+h2	21.7	
Rigidezza Pila asse y	K	92040633.3	N/m
Forza agente in fase sismica in dir.x	F	7216	kN
Fattore di struttura	q	1	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	59 di 59

Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.078	m	
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.078	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.07	m	
$d_{ij \max}$ (par.3.2.4.2)		0.12		
Lunghezza impalcato		40	m	
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.0128	m	
E1	$2 * D_t$	0.026	m	
E2	$4 * d_E * k_2$	0.172	m	
E3	$2 * d_{ij \max}$	0.249	m	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.124	m	Spalla - Spalla
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.201	m	Spalla - Pila
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.279	m	Pila - Pila
EL min 1		0.165	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{\min 1}; EL_{\min 2})$	0.165	m	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$	<b>0.249</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$	<b>0.249</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$	<b>0.279</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2	<b>0.156</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.156</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.174</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.135</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.135</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	60 di 60

Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.150</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	<b>0.160</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.150</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>

#### 4.9.5 Ritegni sismici, baggioli, pulvini

Le massime forze sismiche afferenti alla pila in direzione longitudinale sono le seguenti:

$$P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 6855 \text{ kN}$$

Il ritegno longitudinale è dunque soggetto ad una forza orizzontale pari a:

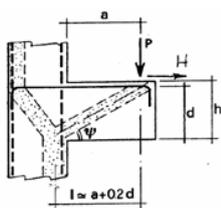
$$P_{max} = 6855 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$$B = 5,20 \text{ m}$$

$$H = 0,60 \text{ m}$$

#### VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto ( $P_{rn}, H_{rn}$ )**

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rs} = \frac{(A_s f_{yd} - H_{Ed})}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \leq 1 (0,9d)$$

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

#### CONDIZIONI DI VERIFICA

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $\quad \quad \geq P_{Rs}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	61 di 61

**Dati di progetto**

b(m)=	5.20	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Eg</sub> (KN)=	6855	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Eg</sub> (KN)=	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m)=	0.55	m	distanza P da incastro
h(m)=	0.60	m	spessore mensola
δ(m)=	0.06	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m)=	0.54	m	altezza utile
l(m)=	0.66	m	a+0,2d
λ =	1.35		λ=ctgψ±l/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura) ▼  
c(m) = 1.50

**Caratteristiche Materiali**

f <sub>cd</sub> =	18.8	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
n° R1=	1	φ1(mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1=	52.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	27608.29	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	27608.29
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
n° R2=	0	φ2(mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 2 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
n° R3=	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ=	0.636	rad	=	36.45	°
P <sub>RS</sub> =	7973.1	KN	PRs>PEd- Verifica Soddisfatta		
P <sub>RC</sub> =	11180.2	KN	PRc>PRs - Verifica Soddisfatta		

Le massime forze sismiche afferenti alla pila in direzione trasversale sono le seguenti:

$$P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 6855 \text{ kN}$$

Il ritengo trasversale è dunque soggetto ad una forza orizzontale pari a:

$$P_{max} = 6855 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$$B = 3,40 \text{ m}$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	62 di 62

**Dati di progetto**

b(m)=	3.40	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Eg</sub> (KN)=	6855	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Eg</sub> (KN)=	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m)=	0.55	m	distanza P da incastro
h(m)=	1.50	m	spessore mensola
δ(m)=	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m)=	1.40	m	altezza utile
l(m)=	0.83	m	a+0,2d
λ=	0.66		λ=ctgψ±l/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura) ▼  
c(m)= 1.50

**Caratteristiche Materiali**

f <sub>cd</sub> =	18.8	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>				
n° R1=	1	φ1(mm) =	22.0	p1(cm) =	10
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 1=	34.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	12924.50
				A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	12924.50
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>				
n° R2=	0	φ2(mm) =	22.0	p2(cm) =	10.0
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 2 =	0.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
				A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	0.00
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>				
n° R3=	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
				A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ=	0.988	rad	=	56.63	°
P <sub>RS</sub> =	7671.5	KN	PR <sub>s</sub> >PEd - Verifica Soddisfatta		
P <sub>RC</sub> =	37444.6	KN	PR <sub>c</sub> >PR <sub>s</sub> - Verifica Soddisfatta		

Il baggiolo è soggetto ad una forza orizzontale pari a:

$$P_{max} = 6855 \text{ kN}/2 = 3428 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$$B = 0,80 \text{ m}$$

$$H = 0,80 \text{ m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	63 di 63

#### Dati di progetto

$b(m) =$	0.80	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	3428	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	0.25	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	0.80	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	0.70	m	altezza utile
$l(m) =$	0.39	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	0.62		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

#### Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura)   
 $c(m) = 1.50$

#### Caratteristiche Materiali

$f_{cd} =$	18.8	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	391.0	MPa	Acciaio

#### Caratteristiche Armature di Progetto

<u>Registro tipo</u>		<b>R1</b>					
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	8.0	$A_{\phi} \text{ TOT} (mm^2) =$	3619.11	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	3619.11
<u>Registro tipo</u>		<b>R2</b>					
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	20.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb \text{ tot } 2 =$	8.0	$A_{\phi} \text{ TOT} (mm^2) =$	2513.27	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	2513.27
<u>Registro tipo</u>		<b>R3</b>					
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi} \text{ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	0.00

#### Verifiche di resistenza

$\Psi =$	1.016	rad	=	58.24	°
$P_{RS} =$	3873.3	KN	PRs > PEd - Verifica Soddisfatta		
$P_{RC} =$	4566.7	KN	PRc > PRs - Verifica Soddisfatta		

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 10949 \text{ kN}$  (scarico massimo SLU appoggi)

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$B = 3,40 \text{ m}$

$H = 2,0 \text{ m}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 003	B	64 di 64

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.40</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>10949</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>328.47</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.80</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.15</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.85</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>2.17</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.30</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) =$  **1.50**

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>18.8</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>26.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 1 =$	34.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18051.58	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>18051.58</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>26.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	34.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18051.58	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>18051.58</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>1</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	34.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18051.58	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>18051.58</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

## 5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi in forma tabellare delle sollecitazioni massime sui pali e delle verifiche geotecniche per il viadotto in oggetto, con relativi coefficienti di sicurezza.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE	
viadotto	spalla/pila	D[mm]	npali[-]	Lpalo [m]	Nmax,c [kN]	Nmin[kN]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]
VI04	spalla A	1500	9	<b>23.0</b>	5399	-	3810	3611
VI04	spalla B	1500	9	<b>23.0</b>	5399	-	3810	3611
VI04	Pila 1	1500	12	<b>32.0</b>	8970	-3201	6077	5033
VI04	Pila 2	1500	12	<b>34.0</b>	9797	-3685	6730	5431
VI04	Pila 3	1500	9	<b>37.0</b>	10650	-3807	6589	5510
VI04	Pila 4	1500	12	<b>39.0</b>	11569	-4970	8377	6524
VI04	Pila 8	1200	9	<b>26.0</b>	5103	-1247	3465	3040

TAGLI E MOMENTI			CAPACITA' PORTANTE PALI							
senza scalzamento			CARICO LIMITE ORIZZONTALE		COMPRESSIONE		TRAZIONE		ESERCIZIO	
Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Hd[kN]	FS	Qd [kN]	FS	Qdt [kN]	FS	QII/1.25[kN]	FS
966	3.0	2927	1118.5	1.16	6344.0	1.18	-	-	6904.0	1.81
966	3.0	2927	1118.5	1.16	6136.0	1.14	-	-	6600.0	1.73
1259	2.8	3525	1282.5	1.02	9936.0	1.11	7725.0	2.41	11003.2	1.81
1279	2.8	3581	1282.5	1.00	10667.0	1.09	8344.0	2.26	11908.0	1.77
1136	2.8	3181	1271.0	1.12	11728.0	1.10	9271.0	2.44	13264.8	2.01
1108	2.8	3102	1248.6	1.13	12322.0	1.07	9890.0	1.99	14169.6	1.69
750	2.4	1800	1118.6	1.49	6093.0	1.19	4619.0	3.70	6684.0	1.93