

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA**

**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

Relazione di calcolo Pile 3/6

SCALA:

-

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

R S 3 E 5 0 D 0 9 C L V I 1 2 0 5 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferr	Novembre 2019	F. Spaccino	Novembre 2019	A. Vittozzi	Novembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° 220783

File: RS3E50D09CLV11205003A.docx

n. Elab.: 1534

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.1.1	<i>Aspetti legati alle opere di fondazione</i> .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	9
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
3	MATERIALI .....	10
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	11
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	11
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	12
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	13
4.1	GENERALITÀ .....	13
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	13
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	13
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	17
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	18
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	19
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	19
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	19
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	22
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	24
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	25
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	25
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	27
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	31
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	31

4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	35
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i> .....	39
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	45
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=32.0m</i> .....	48

## 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 **VI12** della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, 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 29** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

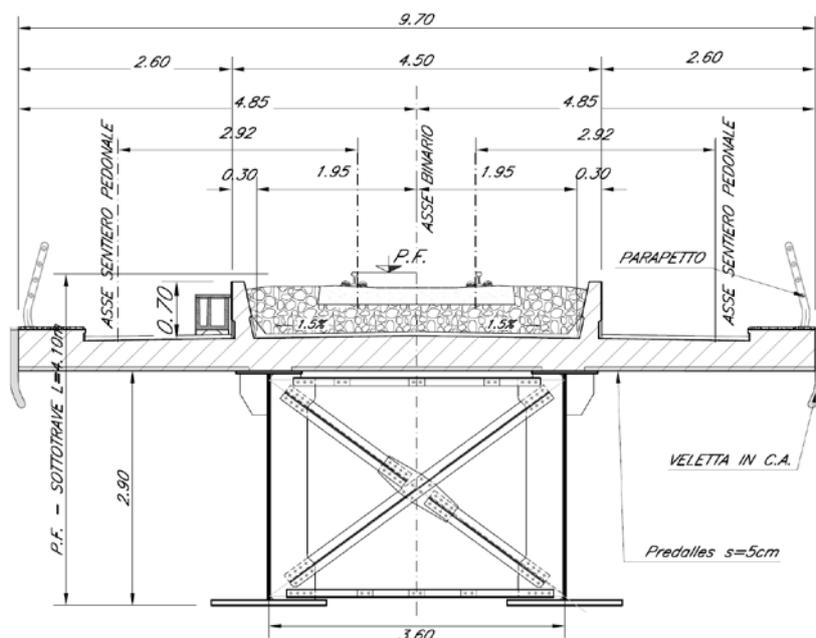
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

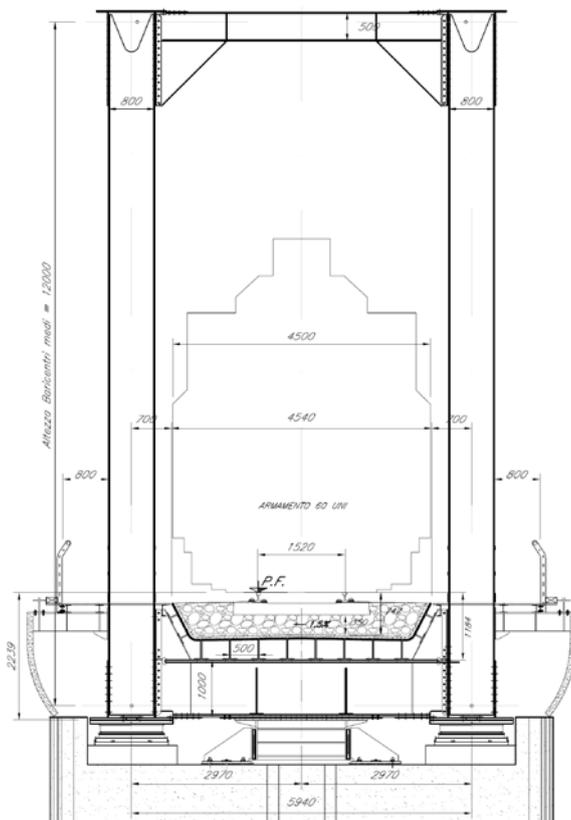
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto ferroviario VI12 ha una lunghezza totale di 1980.05m, è costituito da 47 impalcati in acciaio da 40,50 e 70m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

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



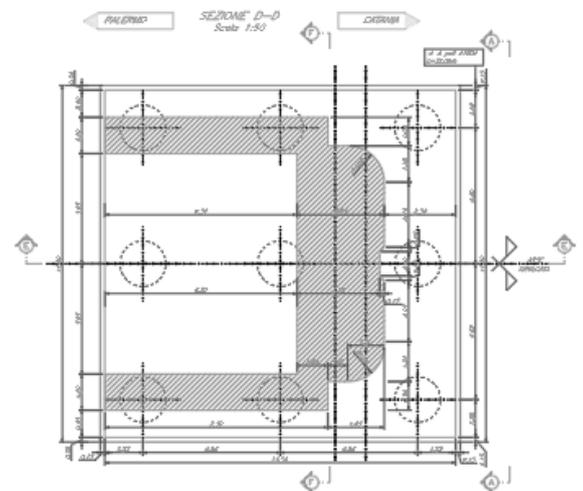
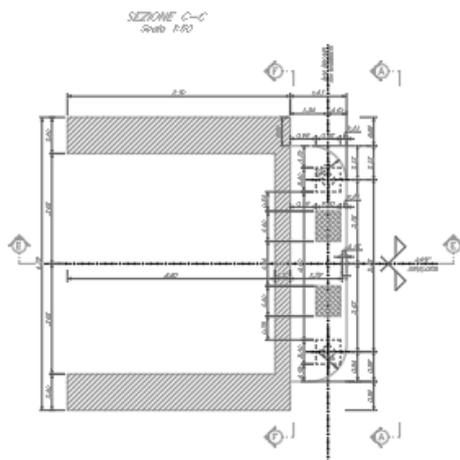
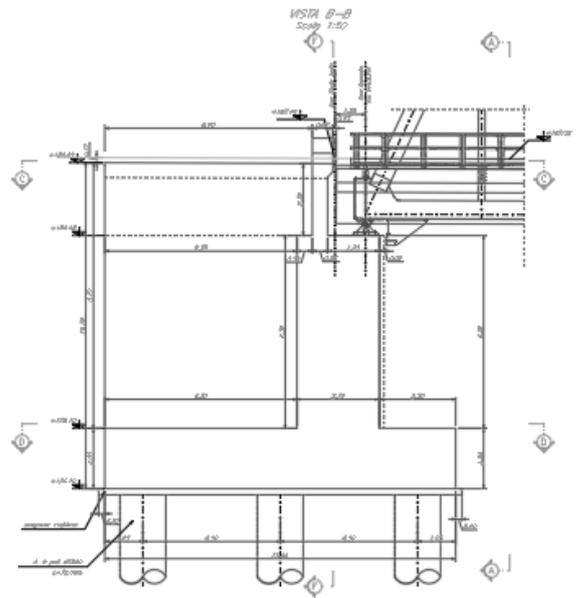
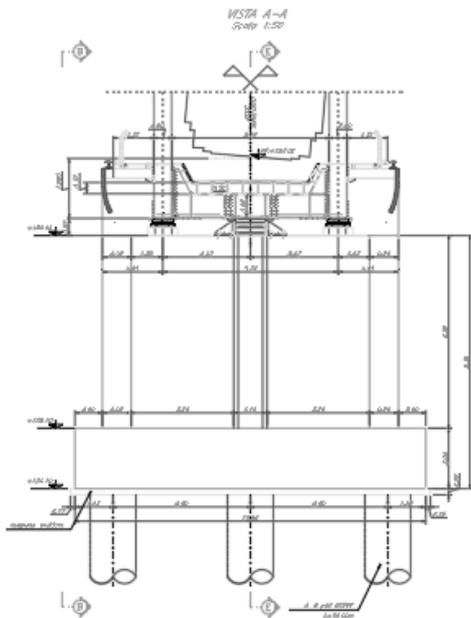


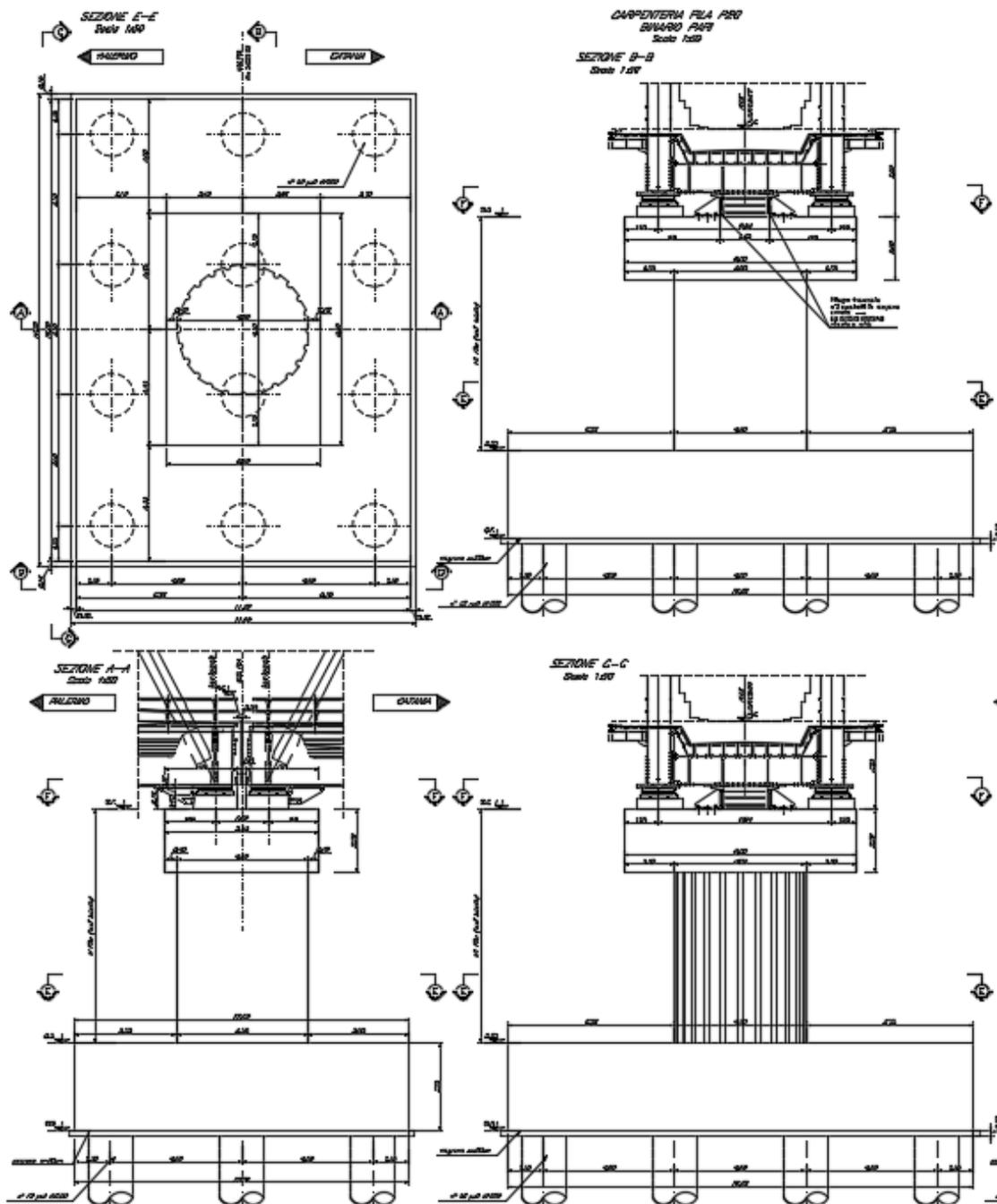
**Figura 1 - Sezioni trasversali**

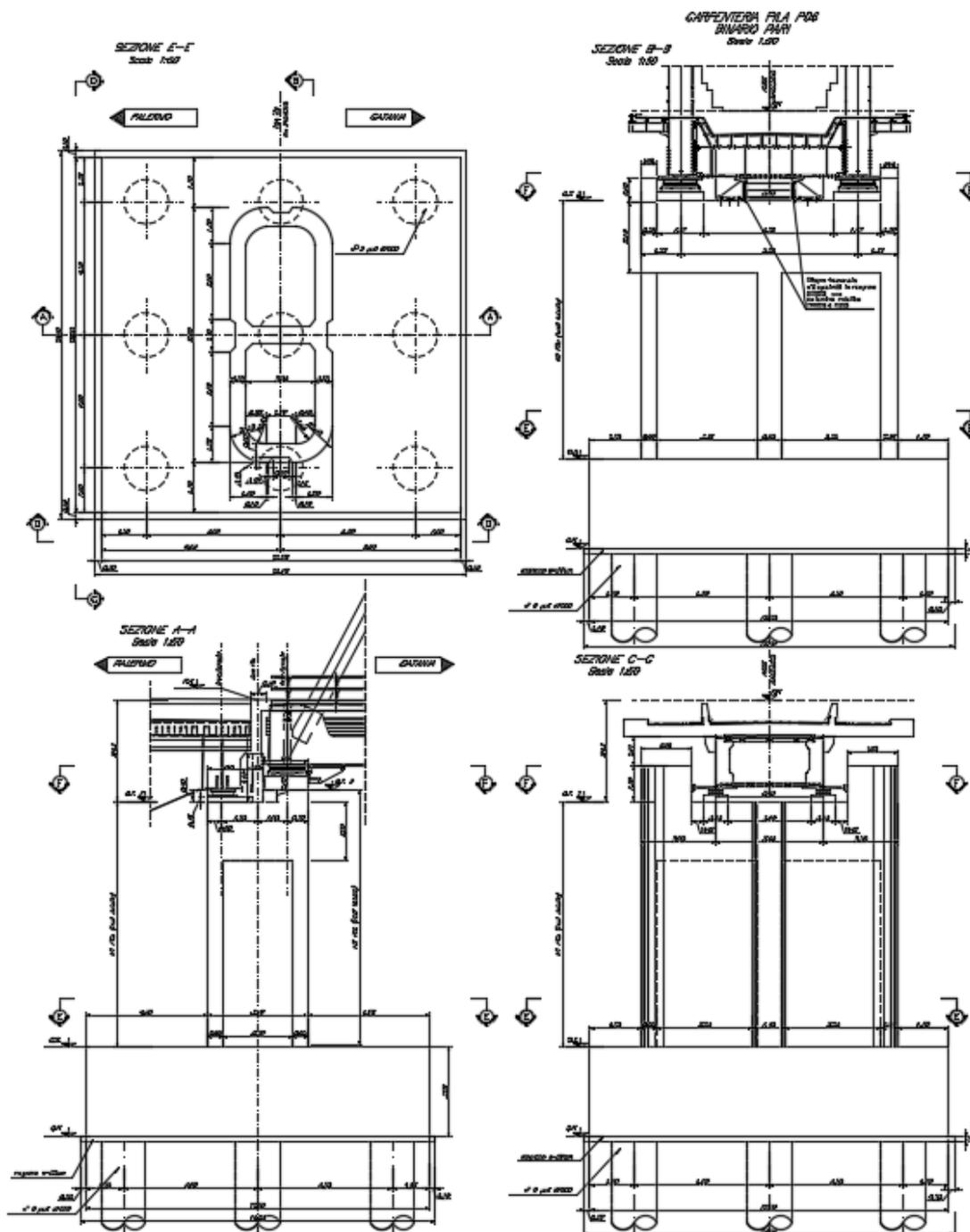
### *1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione*

Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

3/07/09 11:25/7







	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *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*

### 2.1 Documenti di riferimento

- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni 1/2 - RS3E50D09RBVI1203001A*
- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni 2/2 - RS3E50D09RBVI1203002A*

### 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 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 = 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 ELETTRICALDARE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

### 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" 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", 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  $0,75 f_{yk}$ .

Per il caso in esame risulta in particolare per l'elevazione:

##### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\max QP} = (0,40 f_{cK}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\max R} = (0,55 f_{cK}) = \mathbf{16.89} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

##### ACCIAIO

$$\sigma_{s \max} = (0,75 f_{yK}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

### 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	$\leq w_3$
		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:

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

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

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

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 par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2008, 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:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto “C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.617/09.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione circolare di diametro 4.50m, una altezza complessiva di 16.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x8.00m ed altezza 2.20m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50m 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 NTC08, 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	1,25	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45
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	0,73	0,00	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	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	0,00	1,45	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	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	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	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	0,00	1,45	0,00
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	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	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	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	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	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	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,90	0,90	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	1,35	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	1,45	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	0,90	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90	0,00	0,90
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	0,90	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	0.00	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	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	$H_1$	19.95	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.00	m
Area Sezione		42.40	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	16.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	4.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	4.50	m
Area Sezione		15.90	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
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	$L_f$	16.50	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	▼	$K_0 = 0.426$	▼
Sisma			
$S_s$		1.462	
$a_g$		0.158	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.231	

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>50</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>135</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>	1687.5	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1500.0	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>50</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>135</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>	1687.5	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1500.0	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 impalcati venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	20 di 52

<b>Sx</b>										
<b>SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423	
2	0.470	-1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423	
<b>dx</b>										
<b>SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.8	2241	2853	1.1	1	1.05	2591	2999	
2	0.470	-1.8	2241	2853	1.1	1	1.05	2591	2999	
<b>dx ML max</b>										
<b>SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470	
2	0.470	-1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470	

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	1688			1688			0.00
Permanenti G2	1500			1500			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1284			1139			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			105			105	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1373			1218			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			149			149	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			233			233	3.15
Vento Ponte Carico			387			387	3.50
Attrito permanente		96	96		96	96	0.00
Attrito carichi mobili		41	41		37	37	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1775		1775	2.30
	Sisma verticale	530			530		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1958		1958	2.30
	Sisma verticale	530			530		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			2663		2663	2.30
	Sisma verticale	530			530		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	1688			1688			0.00
Permanenti G2	1500			1500			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1589			1409			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		753		753			3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			105			105	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1373			1218			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		550		550			3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			149			149	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1839			1631			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		753		753			3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			105			105	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			233			233	3.15
Vento Ponte Carico			387			387	3.50
Attrito permanente		96	96		96	96	0.00
Attrito carichi mobili		55	55		49	49	0.00
Sisma longitudinale		3571		3571			2.30
Sisma trasversale			1775			1775	2.30
Sisma verticale	530			530			0.00
Sisma longitudinale		3939		3939			2.30
Sisma trasversale			1958			1958	2.30
Sisma verticale	530			530			0.00
Sisma longitudinale		5357		5357			2.30
Sisma trasversale			2663			2663	2.30
Sisma verticale	530			530			0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

<b>Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005</b>					
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico		
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	$qb=0.5*ρ*vb^2$	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	22	22	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.88	2.88		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m	
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18		
<b>Riepilogo</b>					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.88	2.88		
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m	
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	18.6	30.9	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	3.10	3.36	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	18.6	30.9	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	18.6	18.6	kN/m	
Luce impalcato	L	50	50	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	466	466	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>					
Forza statica equivalente	f	30.9	30.9	kN/m	
Luce impalcato	L	50	50	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	774	774	kN/m	

Vento su Pila e Pulvino				
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	18.70	18.7	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.76	2.76	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	4.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.52	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.6	74.25	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	62	118	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.75	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	74.25	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	32	118	kN
<b>Riepilogo</b>				
<b>Vento x</b>				
Pulvino	F	62	kN	
Pila	F	118	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.70	m	
Forza totale	F Tot	180	kN	
<b>Vento y</b>				
Pulvino	F	32	kN	
Pila	F	118	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.70	m	
Forza totale	F Tot	150	kN	

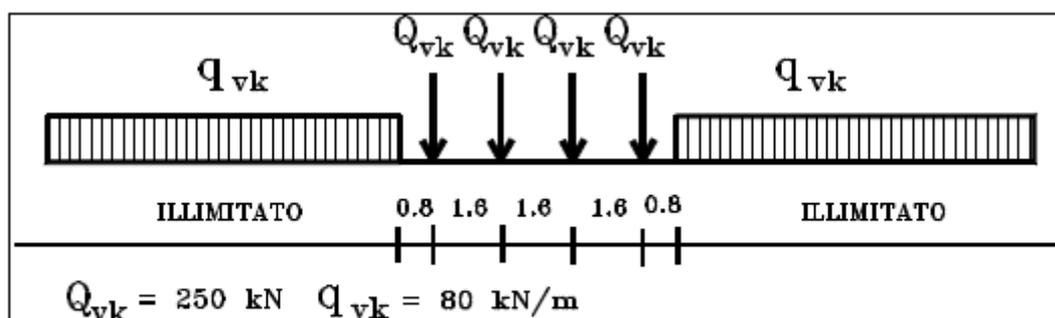
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 2008 (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*

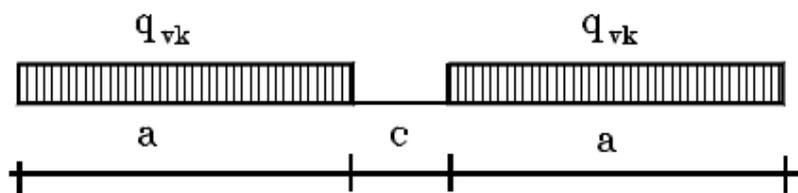
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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 2008 (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 14.1.2008 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	50	m
Lcalc	50	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	43	per SW/2
Qlb,k	1100	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1505	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	1100	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1505	kN

Avviamento		
L	50	m
Lcalc	50	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	43	per SW/2
Qla,k	1815	per Treno LM 71
Qla,k	1089	per Treno SW/0
Qla,k	1419	per SW/2
Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	1000	kN
Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

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

Forza centrifuga sx

L	50	m	L <sub>0</sub>	48	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.051	
raggio planimetrico	1270	m			
f	0.79	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	132	Per V>120 km/h						
	103	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	132							
qtk	11	Per V>120 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	43.6	m	L calc	30	m	L calc	43	m
qtk*Lcalc	461	kN	qtk*Lcalc	286	kN	qtk*Lcalc	420	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	297	kN	FT= qtk*Lcalc /2	143		FT= qtk*Lcalc /2	210	

Forza centrifuga dx

L	50	m	L <sub>0</sub>	48	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.051	
raggio planimetrico	1270	m			
f	0.79	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	132	Per V>120 km/h						
	103	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	132							
qtk	11	Per V>120 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	43.6	m	L calc	30	m	L calc	43	m
qtk*Lcalc	461	kN	qtk*Lcalc	286	kN	qtk*Lcalc	420	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	297	kN	FT= qtk*Lcalc /2	143		FT= qtk*Lcalc /2	210	

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

#### 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. 14 gennaio 2008 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

Ricerca per comune

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione canonica

Interpolazione

superficie rigata

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) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

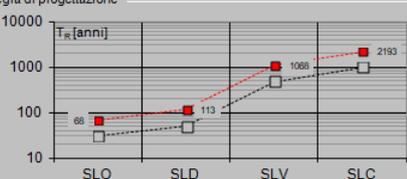
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

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 parametrizzazione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

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

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info       $S_B = 1.462$        $C_C = 1.289$  info

Categoria topografica **T1** info       $h/H = 1.000$        $S_T = 1.000$  info

(h: 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  $q_0$        Regol. in altezza **si** info

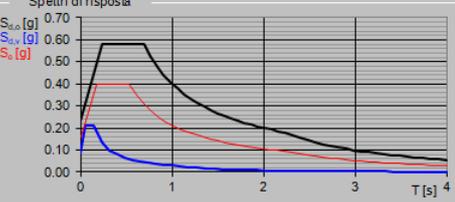
Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta_1 = 1.000$  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,  $\xi = 5\%$ )

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

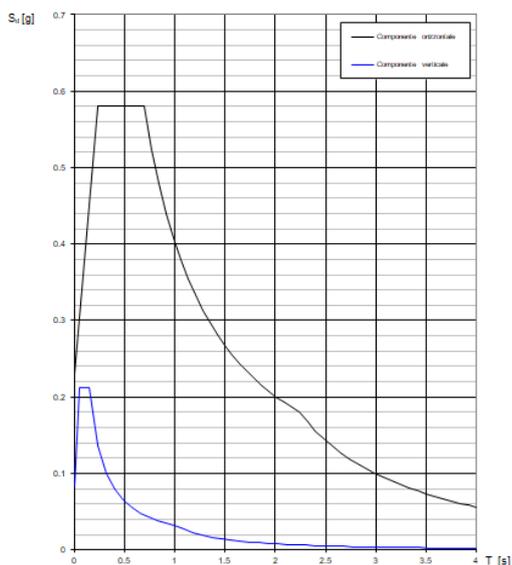
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_m$	0.158 g
$F_c$	2.511
$T_C^*$	0.538 s
$S_S$	1.462
$C_C$	1.289
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.462
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.693 s
$T_D$	2.232 s

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



➤ 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, per il calcolo dei periodi propri della pila, 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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	13949	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	4519	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	18468	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2790	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	13834	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	4519	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	18353	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2767	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	13834	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	4519	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp <sub>z</sub>	18353	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2767	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	20.1	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	20.1	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	15.90	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	215177701.5	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	215177701.5	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	28066434368	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.58	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.58	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.05	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.58	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.58	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.39	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.39	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.43	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.43	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.115	

**Condizione Sismica - Taglianti Totali**

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	7141	kN
Tagliante direzione y	F y	7097	kN
Tagliante direzione z	F z	2120	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	7876	kN
Tagliante direzione y	F y	7827	kN
Tagliante direzione z	F z	2120	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	10712	kN
Tagliante direzione y	F y	10645	kN
Tagliante direzione z	F z	2120	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

#### 4.6.8 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.

#### 4.6.9 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	8893			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		180		0.00	0.00	18.70	0	3370
Vento su pila dir.y			150.3	0.00	0.00	18.70	2810	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	8893			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	14850			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	3555			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		180		0.00	0.00	21.70	0	3911
Vento su pila dir.y			150.3	0.00	0.00	21.70	3261	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		3430		0.00	0.00	1.50	0.00	5145
Plinto sisma y			3430	0.00	0.00	1.50	5145	0
Plinto sisma z	1715			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	411			0.00	0.00	0.00	0	0

## 4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	30221	1551	2522	55908	33390	
A2 - SLU - MT max gr.1	29922	1297	2742	61143	26907	
A2 - SLU - ML max gr.1	27782	1692	935	19818	40361	
A2 - SLU - N max gr.3	30221	2492	2228	48929	54238	
A2 - SLU - MT max gr.3	29922	1985	2338	51530	42135	
A2 - SLU - ML max gr.3	27782	2633	772	15982	61209	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	23445	383	1789	37997	7326	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	22421	1551	2522	55908	33390	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	22122	1297	2742	61143	26907	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	19982	1692	935	19818	40361	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	22421	2492	2228	48929	54238	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	22122	1985	2338	51530	42135	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	19982	2633	772	15982	61209	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15645	383	1789	37997	7326	
A1 - SLU - N max gr.1	37981	1872	2990	66064	40124	
A1 - SLU - MT max gr.1	37634	1578	3245	72136	32604	
A1 - SLU - ML max gr.1	35152	2034	1157	24381	48194	
A1 - SLU - N max gr.3	37981	2965	2649	57968	64342	
A1 - SLU - MT max gr.3	37634	2376	2777	60985	50293	
A1 - SLU - ML max gr.3	35152	3128	969	19931	72412	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	30120	516	2140	45280	9890	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	23505	1872	2990	66064	40124	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	23158	1578	3245	72136	32604	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	20676	2034	1157	24381	48194	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	23505	2965	2649	57968	64342	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	23158	2376	2777	60985	50293	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	20676	3128	969	19931	72412	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15645	383	2006	42716	7326	
SLE rara - N max gr.1	27066	1317	2053	45283	28177	
SLE rara - MT max gr.1	26827	1114	2229	49471	22991	
SLE rara - ML max gr.1	25115	1426	824	17319	33673	
SLE rara - N max gr.3	27066	2070	1818	39699	44856	
SLE rara - MT max gr.3	26827	1664	1906	41780	35173	
SLE rara - ML max gr.3	25115	2179	694	14251	50352	
SLE rara - Vento ponte scarico	21645	383	1465	30919	7326	
SLE freq.- N max gr.1	25981	1130	904	19513	24007	
SLE freq.- MT max gr.1	25790	968	1045	22863	19858	
SLE freq.- ML max gr.1	24421	1130	736	15321	26786	
SLE freq.- N max gr.3	25981	1733	716	15046	37350	
SLE freq.- MT max gr.3	25790	1408	786	16711	29604	
SLE freq.- ML max gr.3	24421	1733	632	12866	40129	
SLE freq.- Vento ponte scarico	21645	383	849	17718	7326	
SLE quasi permanente	21645	383	383	7326	7326	
q = 1,5	SLV - N max	24849	2671	2452	52398	57128
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	23317	2590	7457	159842	55191
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	22975	7671	2410	51350	165060
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	22045	2590	7457	159842	55191
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	21703	7671	2410	51350	165060
q = 1,5	SLV - N min	20609	2671	2452	52398	57128
q = 1,36	SLV - N max	24849	2892	2671	57049	61859
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	23317	2811	8188	175464	59922
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	22975	8406	2629	56053	180830
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	22045	2811	8188	175464	59922
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	21703	8406	2629	56053	180830
q = 1,36	SLV - N min	20609	2892	2671	57049	61859
q = 1	SLV - N max	24849	3743	3517	75242	80107
q = 1	SLV - MT max gr.1	23317	3662	11007	235990	78171
q = 1	SLV - ML max gr.1	22975	11242	3475	74194	241658
q = 1	SLV - MT max gr.3	22045	3662	11007	235990	78171
q = 1	SLV - ML max gr.3	21703	11242	3475	74194	241658
q = 1	SLV - N min	20609	3743	3517	75242	80107

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

#### 4.7.1 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	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	49692	1551	2522	63474	38043	
A2 - SLU - MT max gr.1	49394	1297	2742	69369	30799	
A2 - SLU - ML max gr.1	47254	1692	935	22622	45436	
A2 - SLU - N max gr.3	49692	2492	2228	55614	61715	
A2 - SLU - MT max gr.3	49394	1985	2338	58544	48089	
A2 - SLU - ML max gr.3	47254	2633	772	18299	69108	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	42916	383	1789	43366	8474	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	37271	1551	2522	63474	38043	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	36972	1297	2742	69369	30799	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	34832	1692	935	22622	45436	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	37271	2492	2228	55614	61715	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	36972	1985	2338	58544	48089	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	34832	2633	772	18299	69108	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	30495	383	1789	43366	8474	
A1 - SLU - N max gr.1	63361	1872	2990	75034	45740	
A1 - SLU - MT max gr.1	63014	1578	3245	81872	37337	
A1 - SLU - ML max gr.1	60532	2034	1157	27852	54297	
A1 - SLU - N max gr.3	63361	2965	2649	65916	73238	
A1 - SLU - MT max gr.3	63014	2376	2777	69315	57421	
A1 - SLU - ML max gr.3	60532	3128	969	22837	81795	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	55500	516	2140	51700	11440	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	38355	1872	2990	75034	45740	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	38008	1578	3245	81872	37337	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	35526	2034	1157	27852	54297	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	38355	2965	2649	65916	73238	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	38008	2376	2777	69315	57421	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	35526	3128	969	22837	81795	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	30495	383	2006	48734	8474	
SLE rara - N max gr.1	45471	1317	2053	51443	32129	
SLE rara - MT max gr.1	45232	1114	2229	56159	26334	
SLE rara - ML max gr.1	43520	1426	824	19793	37950	
SLE rara - N max gr.3	45471	2070	1818	45155	51067	
SLE rara - MT max gr.3	45232	1664	1906	47499	40166	
SLE rara - ML max gr.3	43520	2179	694	16334	56887	
SLE rara - Vento ponte scarico	40050	383	1465	35314	8474	
SLE freq.-N max gr.1	44386	1130	904	22225	27398	
SLE freq.-MT max gr.1	44195	968	1045	25998	22762	
SLE freq.-ML max gr.1	42826	1130	736	17529	30177	
SLE freq.-N max gr.3	44386	1733	716	17194	42548	
SLE freq.-MT max gr.3	44195	1408	786	19070	33828	
SLE freq.-ML max gr.3	42826	1733	632	14762	45328	
SLE freq.- Vento ponte scarico	40050	383	849	20264	8474	
SLE quasi permanente	40050	383	383	8474	8474	
q = 1.5						
SLV - N max	45379	3701	3481	61297	66686	
SLV - MT max gr.1	42360	3619	10887	187358	64506	
SLV - ML max gr.1	42017	11101	3439	60123	193218	
SLV - MT max gr.3	39812	3619	10887	187358	64506	
SLV - ML max gr.3	39470	11101	3439	60123	193218	
SLV - N min	36888	3701	3481	61297	66686	
q = 1.36						
SLV - N max	45379	3921	3700	66606	72078	
SLV - MT max gr.1	42360	3840	11618	205173	69898	
SLV - ML max gr.1	42017	11836	3658	65484	211193	
SLV - MT max gr.3	39812	3840	11618	205173	69898	
SLV - ML max gr.3	39470	11836	3658	65484	211193	
SLV - N min	36888	3921	3700	66606	72078	
q = 1						
SLV - N max	45379	4772	4546	87336	92879	
SLV - MT max gr.1	42360	4691	14437	274156	90699	
SLV - ML max gr.1	42017	14672	4504	86162	280529	
SLV - MT max gr.3	39812	4691	14437	274156	90699	
SLV - ML max gr.3	39470	14672	4504	86162	280529	
SLV - N min	36888	4772	4546	87336	92879	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

#### 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
Al - SLU - N max gr.1	63361	1872	2990	75034	45740	8218	2342	294
Al - SLU - MT max gr.1	63014	1578	3245	81872	37337	8108	2395	301
Al - SLU - ML max gr.1	60532	2034	1157	27852	54297	7171	2917	195
Al - SLU - N max gr.3	63361	2965	2649	65916	73238	8779	1781	331
Al - SLU - MT max gr.3	63014	2376	2777	69315	57421	8387	2116	305
Al - SLU - ML max gr.3	60532	3128	969	22837	81795	7824	2265	273
Al - SLU - Vento ponte scarico	55500	516	2140	51700	11440	6092	3158	183
Al - SLU Gmin - N max gr.1	38355	1872	2990	75034	45740	6134	258	294
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	38008	1578	3245	81872	37337	6024	311	301
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	35526	2034	1157	27852	54297	5088	833	195
Al - SLU Gmin - N max gr.3	38355	2965	2649	65916	73238	6695	-303	331
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	38008	2376	2777	69315	57421	6303	32	305
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	35526	3128	969	22837	81795	5740	181	273
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	30495	383	2006	48734	8474	3860	1223	170
						8779	-303	331

Tabella 5 – 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	45379	4772	4546	87336	92879	8302	-739	549
SLV - MT max gr.1	42360	4691	14437	274156	90699	12142	-5082	1265
SLV - ML max gr.1	42017	14672	4504	86162	280529	13209	-6206	1279
SLV - MT max gr.3	39812	4691	14437	274156	90699	11929	-5294	1265
SLV - ML max gr.3	39470	14672	4504	86162	280529	12996	-6418	1279
SLV - N min	36888	4772	4546	87336	92879	7595	-1447	549
						13209	-6418	1279

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

<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	45379	3921	3700	66606	72078	7264	299	449
SLV - MT max gr.1	42360	3840	11618	205173	69898	10031	-2971	1020
SLV - ML max gr.1	42017	11836	3658	65484	211193	10823	-3820	1032
SLV - MT max gr.3	39812	3840	11618	205173	69898	9819	-3183	1020
SLV - ML max gr.3	39470	11836	3658	65484	211193	10611	-4033	1032
SLV - N min	36888	3921	3700	66606	72078	6556	-408	449
						10823	-4033	1032

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

**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	45471	1317	2053	51443	32129	7058	1906	203
SLE rara - MT max gr.1	45232	1114	2229	56159	26334	7014	2038	208
SLE rara - ML max gr.1	43520	1426	824	19793	37950	5832	1955	137
SLE rara - N max gr.3	45471	2070	1818	45155	51067	7505	1290	230
SLE rara - MT max gr.3	45232	1664	1906	47499	40166	7176	1642	211
SLE rara - ML max gr.3	43520	2179	694	16334	56887	6394	1300	191
SLE rara - Vento ponte scarico	40050	383	1465	35314	8474	5078	2548	126
						7505	1290	230

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) 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)

**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	30221	1551	2522	55908	33390
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	27782	2633	772	15982	61209
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	29922	1297	2742	61143	26907
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	29922	1297	2742	61143	26907
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	27782	2633	772	15982	61209
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	37981	1872	2990	66064	40124
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	35152	3128	969	19931	72412
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	37634	1578	3245	72136	32604
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	37634	1578	3245	72136	32604
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	20676	3128	969	19931	72412
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	27066	1317	2053	45283	28177
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	25115	2179	694	14251	50352
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	26827	1114	2229	49471	22991
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	26827	1114	2229	49471	22991
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	25115	2179	694	14251	50352
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	25981	1130	904	19513	24007
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	25981	1733	716	15046	37350
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	25790	968	1045	22863	19858
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	25790	968	1045	22863	19858
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	24421	1733	632	12866	40129
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	21645	383	383	7326	7326
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	24849	2671	2452	52398	57128
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	7671	2410	51350	165060
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	2590	7457	159842	55191
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	2590	7457	159842	55191
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	7671	2410	51350	165060
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	24849	2892	2671	57049	61859
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	8406	2629	56053	180830
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	2811	8188	175464	59922
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	2811	8188	175464	59922
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	8406	2629	56053	180830
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	24849	3743	3517	75242	80107
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	11242	3475	74194	241658
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	3662	11007	235990	78171
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	23317	3662	11007	235990	78171
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	22975	11242	3475	74194	241658

**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	49692	1551	2522	63474	38043
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	47254	2633	772	18299	69108
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	49394	1297	2742	69369	30799
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	49394	1297	2742	69369	30799
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	47254	2633	772	18299	69108
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	63361	1872	2990	75034	45740
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	60532	3128	969	22837	81795
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	63014	1578	3245	81872	37337
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	63014	1578	3245	81872	37337
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	35526	3128	969	22837	81795
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	45471	1317	2053	51443	32129
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	43520	2179	694	16334	56887
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	45232	1114	2229	56159	26334
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	45232	1114	2229	56159	26334
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	43520	2179	694	16334	56887
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	44386	1130	904	22225	27398
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	44386	1733	716	17194	42548
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	44195	968	1045	25998	22762
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	44195	968	1045	25998	22762
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	42826	1733	632	14762	45328
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	40050	383	383	8474	8474
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	45379	3701	3481	61297	66686
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	11101	3439	60123	193218
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	3619	10887	187358	64506
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	3619	10887	187358	64506
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	11101	3439	60123	193218
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	45379	3921	3700	66606	72078
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	11836	3658	65484	211193
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	3840	11618	205173	69898
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	3840	11618	205173	69898
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	11836	3658	65484	211193
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	45379	4772	4546	87336	92879
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	14672	4504	86162	280529
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	4691	14437	274156	90699
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	42360	4691	14437	274156	90699
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	42017	14672	4504	86162	280529

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	21.5	21.5	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	11242	11007	kN
Momento agente (q=1)	M	241658	235990	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	7671	7457	kN
Momento agente (con q)	MEd	165060	159842	kN*m
Momento Resistente	MRd	189057	187477	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.15	1.17	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	11242	11007	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	8786	8746	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>8786</b>	<b>8746</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	0.97	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.00</b>	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>8786</b>	<b>8746</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.00	1.00	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

#### 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	
	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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50		



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**V112 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	40 di 52

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 225.0 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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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 equidist. disposte lungo la circonferenza  
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	215.0	120	30
2	0.0	0.0	205.0	120	30
3	0.0	0.0	195.0	120	30

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 2.4 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	37981.00	40124.00	66064.00	0.00	0.00
2	35152.00	72412.00	19931.00	0.00	0.00
3	37634.00	32604.00	72136.00	0.00	0.00
4	37634.00	32604.00	72136.00	0.00	0.00
5	20676.00	72412.00	19931.00	0.00	0.00
6	24849.00	57128.00	52398.00	0.00	0.00
7	22975.00	165060.00	51350.00	8786.00	0.00
8	23317.00	55191.00	159842.00	0.00	8746.00
9	23317.00	55191.00	159842.00	0.00	0.00
10	22975.00	165060.00	51350.00	0.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	41 di 52

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	27066.00	45283.00	28177.00
2	25115.00	14251.00	50352.00
3	26827.00	49471.00	22991.00
4	26827.00	49471.00	22991.00
5	25115.00	14251.00	50352.00

**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

N°Comb.	N	Mx	My
1	25981.00	19513.00 (52405.09)	24007.00 (64474.40)
2	25981.00	15046.00 (24552.90)	37350.00 (60949.82)
3	25790.00	22863.00 (63752.90)	19858.00 (55373.53)
4	25790.00	22863.00 (63752.90)	19858.00 (55373.53)
5	24421.00	12866.00 (18738.06)	40129.00 (58443.92)

**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	21645.00	7326.00 (0.00)	7326.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.5 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.)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	42 di 52

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	37981.00	40124.00	66064.00	37981.12	110323.23	181617.02	2.752544.7(477.1)	
2	S	35152.00	72412.00	19931.00	35152.10	202402.65	55706.48	2.802544.7(477.1)	
3	S	37634.00	32604.00	72136.00	37633.92	87399.53	193340.80	2.682544.7(477.1)	
4	S	37634.00	32604.00	72136.00	37633.92	87399.53	193340.80	2.682544.7(477.1)	
5	S	20676.00	72412.00	19931.00	20676.10	188569.03	51890.01	2.602544.7(477.1)	
6	S	24849.00	57128.00	52398.00	24849.00	147324.30	135139.76	2.582544.7(477.1)	
7	S	22975.00	165060.00	51350.00	22974.76	189057.22	58803.31	1.152544.7(477.1)	
8	S	23317.00	55191.00	159842.00	23316.81	64742.76	187477.50	1.172544.7(477.1)	
9	S	23317.00	55191.00	159842.00	23316.81	64742.76	187477.50	1.172544.7(477.1)	
10	S	22975.00	165060.00	51350.00	22974.76	189057.22	58803.31	1.152544.7(477.1)	

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 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	192.3	159.1	0.00326	186.2	107.5	-0.00697	-186.2	-107.5
2	0.00350	59.7	84.1	0.00326	55.6	207.7	-0.00719	-55.6	-207.7
3	0.00350	205.0	169.9	0.00326	196.4	87.4	-0.00700	-196.4	-87.4
4	0.00350	205.0	169.9	0.00326	196.4	87.4	-0.00700	-196.4	-87.4
5	0.00350	59.7	84.1	0.00323	55.6	207.7	-0.00847	-55.6	-207.7
6	0.00350	152.1	165.8	0.00324	143.9	159.8	-0.00807	-143.9	-159.8
7	0.00350	66.8	214.8	0.00323	66.4	204.5	-0.00825	-66.4	-204.5
8	0.00350	212.7	73.4	0.00323	204.5	66.4	-0.00821	-204.5	-66.4
9	0.00350	212.7	73.4	0.00323	204.5	66.4	-0.00821	-204.5	-66.4
10	0.00350	66.8	214.8	0.00323	66.4	204.5	-0.00825	-66.4	-204.5

**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	0.000020345	0.000012356	-0.001855706	----	----
2	0.000006448	0.000023427	-0.001967063	----	----
3	0.000021747	0.000009829	-0.001869713	----	----
4	0.000021747	0.000009829	-0.001869713	----	----
5	0.000007221	0.000026234	-0.002622087	----	----
6	0.000017777	0.000019381	-0.002417288	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	43 di 52

7	0.000007931	0.000025494	-0.002507389	----	----
8	0.000025167	0.000008690	-0.002490741	----	----
9	0.000025167	0.000008690	-0.002490741	----	----
10	0.000007931	0.000025494	-0.002507389	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 2.4 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 Vx e Vy 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-  
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	70888.09	24168.48376.9	329.8	405.7	1.000	1.127	0.0	187.3(0.0)
2	S	0.00	70401.44	24277.00377.4	331.4	404.5	1.000	1.118	0.0	187.2(0.0)
3	S	0.00	70849.35	24173.69376.9	330.0	405.8	1.000	1.126	0.0	187.2(0.0)
4	S	0.00	70849.35	24173.69376.9	330.0	405.8	1.000	1.126	0.0	187.2(0.0)
5	S	0.00	67447.71	24928.50380.8	340.3	394.5	1.000	1.069	0.0	187.2(0.0)
6	S	0.00	68323.82	24739.99379.8	337.7	397.4	1.000	1.083	0.0	187.2(0.0)
7	S	8389.40	67914.26	24828.74380.3	338.9	396.0	1.000	1.077	63.3	187.2(0.0)
8	S	8267.07	68136.19	24789.40379.8	338.3	397.5	1.000	1.078	62.4	187.2(0.0)
9	S	0.00	68136.19	24789.40379.8	338.3	397.5	1.000	1.078	0.0	187.2(0.0)
10	S	0.00	67914.26	24828.74380.3	338.9	396.0	1.000	1.077	0.0	187.2(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	6.66	118.9	0.0	-80.2	-117.1	-180.3	13486	565.5
2	S	6.53	216.5	0.0	-83.1	-207.7	-55.6	13832	572.6
3	S	6.81	94.8	0.0	-84.7	-87.4	-196.4	13679	572.6
4	S	6.81	94.8	0.0	-84.7	-87.4	-196.4	13679	572.6
5	S	6.53	216.5	0.0	-83.1	-207.7	-55.6	13832	572.6

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	44 di 52

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	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	-0.00042	0	0.500	30.0	85	0.00024 (0.00024)	411	0.099 (0.20)	48596.14	30238.57
2	S	-0.00044	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	412	0.103 (0.20)	15195.20	53688.08
3	S	-0.00044	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	411	0.104 (0.20)	51151.89	23772.17
4	S	-0.00044	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	411	0.104 (0.20)	51151.89	23772.17
5	S	-0.00044	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	412	0.103 (0.20)	15195.20	53688.08

**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	4.01	174.6	0.0	-22.6	-167.1	-135.3	7851	388.8
2	S	5.08	208.7	0.0	-45.6	-200.7	-77.0	11569	501.9
3	S	3.93	147.5	0.0	-21.6	-143.9	-159.8	7619	374.6
4	S	3.93	147.5	0.0	-21.6	-143.9	-159.8	7619	374.6
5	S	5.29	214.3	0.0	-54.8	-204.5	-66.4	12538	530.1

**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	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	392	0.027 (0.20)	52405.09	64474.40
2	S	-0.00024	0	0.500	30.0	85	0.00014 (0.00014)	407	0.056 (0.20)	24552.90	60949.82
3	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	393	0.025 (0.20)	63752.90	55373.53
4	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	393	0.025 (0.20)	63752.90	55373.53
5	S	-0.00029	0	0.500	30.0	85	0.00016 (0.00016)	410	0.067 (0.20)	18738.06	58443.92

**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	1.93	159.1	0.0	4.6	-152.0	-152.0	----	----

**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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>V112 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 003	REV. A

#### 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 :

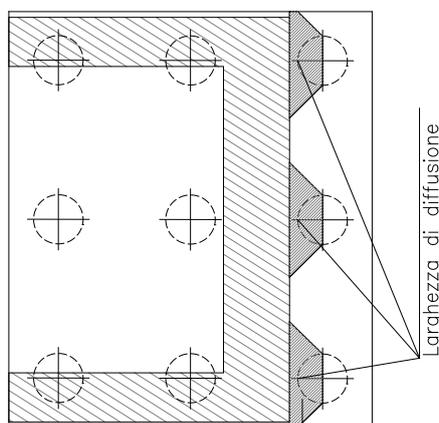
$$N_{\max} = 8779 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 10823 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1032 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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  $45^\circ$  a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

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

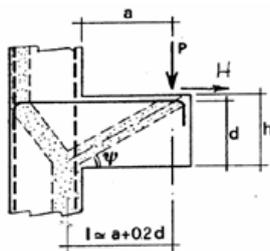


**Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila**

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° 617 del 02-02-09.

**VERIFICA MENSOLE TOZZE - MECCANISMO TIRANTE PUNTO** secondo Circ 617-09/ C4.1.2.1.5

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

$P_r$  : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica

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

$P_r$  : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	47 di 52

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>5.30</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>10823.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1032.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>5.80</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	6.38	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	2.44		$\lambda = ctg\psi \leq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$  1.00

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>14.1</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	$nb \text{ tot } 1 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	28139.22	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	28139.22
<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	$nb \text{ tot } 2 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	28139.22	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	28139.22
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>1</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>24.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	23976.61

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

#### 4.9.3 Palo di fondazione $L=32.0m$

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.34 \text{ (vedi relazione geotecnica generale §9.2)}$$

$$N_{\max} = 13209 \text{ kN} \quad T = 1279 \text{ kN} \quad M = 1279 * 3.34 = 4272 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -6418 \text{ kN} \quad T = 1279 \text{ kN} \quad M = 1279 * 3.34 = 4272 \text{ kNm}$$

$$N = -6418 \text{ kN} \quad T = 1279 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1279 * 3.34 = 4272 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

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

$$A_s = 40+40 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 32.00m$

#### 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**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	49 di 52

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 circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. 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 equidist. 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	40	26
2	0.0	0.0	59.0	40	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	13209.00	4272.00	0.00	1279.00	0.00
2	-6418.00	4272.00	0.00	1279.00	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	7505.00	769.00	0.00
2	1290.00	769.00	0.00

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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	50 di 52

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	5969.00	852.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	1691.00	852.00 (2142.76)	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: 3.4 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	13209.00	4272.00	0.00	13209.13	9506.99	0.00	2.23	424.7(53.0)
2	S	-6418.00	4272.00	0.00	-6418.03	5755.83	0.00	1.35	424.7(53.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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	0.00309	0.0	65.0	-0.00227	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00234	0.0	65.0	-0.01281	0.0	-65.0

**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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	51 di 52

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000041179	0.000411557	----	----
2	0.000000000	0.000116476	-0.005235731	----	----

## VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy 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.[cm²/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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-  
 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	1279.00	3469.47	3415.41117.5	89.2	135.0	2.500	1.180	14.7	39.2(0.0)
2	S	1279.00	3326.01	4411.93125.2	115.2	118.3	2.500	1.000	11.4	39.2(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	4.68	0.0	0.0	26.6	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.39	0.0	0.0	-22.0	0.0	-65.0	1486	63.7

## 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 fctm  
 Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 3/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 003	A	52 di 52

Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	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	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	399	0.026 (0.20)	1935.72	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	4.20	0.0	0.0	14.9	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.68	0.0	0.0	-19.9	0.0	-65.0	1296	53.1

**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	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00012	0	0.500	26.0	87	0.00006 (0.00006)	404	0.024 (0.20)	2142.76	0.00