

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 5/6

SCALA:

-
---

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

RS3E    50    D    09    CL    VI1205    005    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparagino	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° 420783

## 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> .....	48
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=32.0m</i> .....	51

## 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 36** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

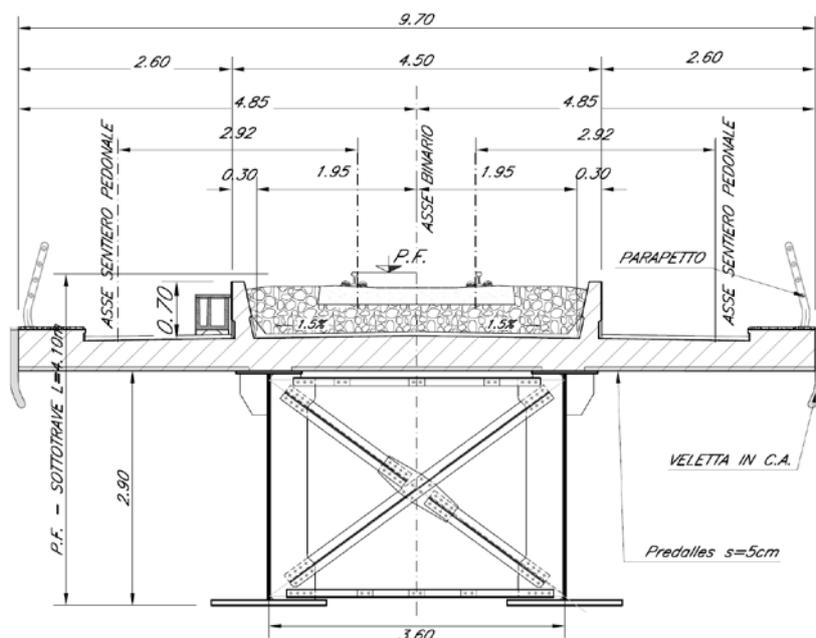
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

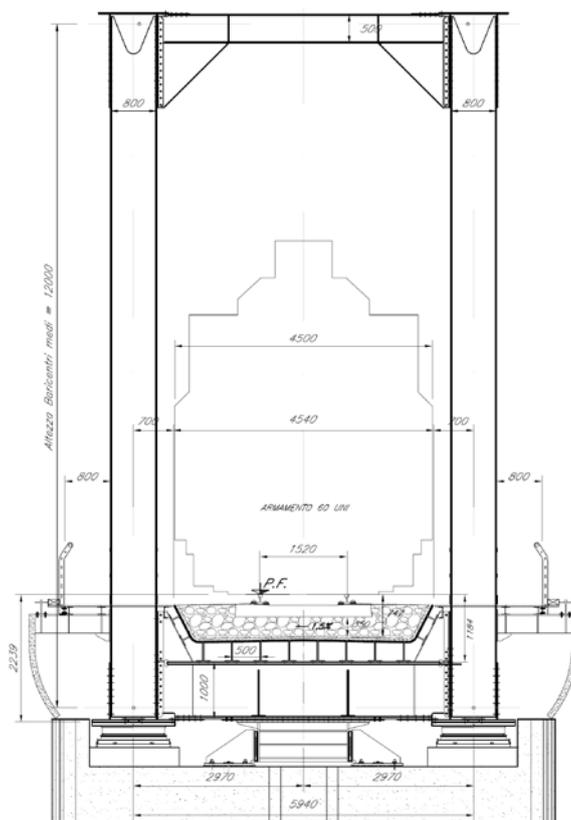
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 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.





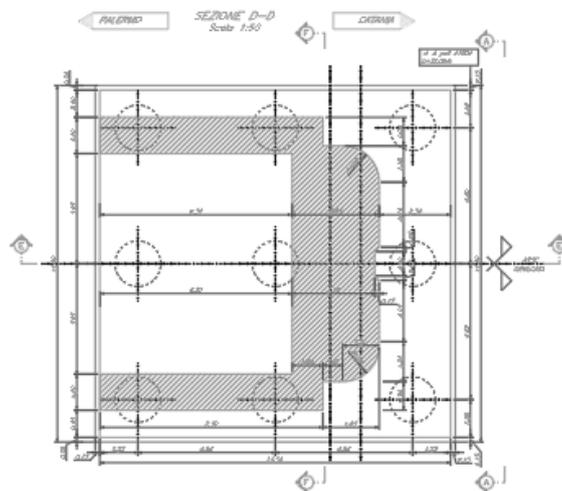
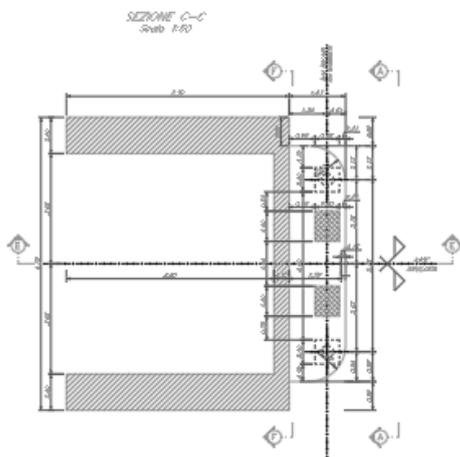
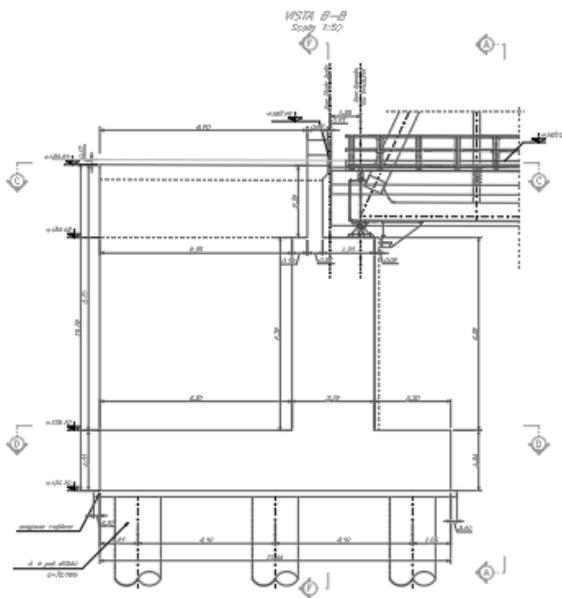
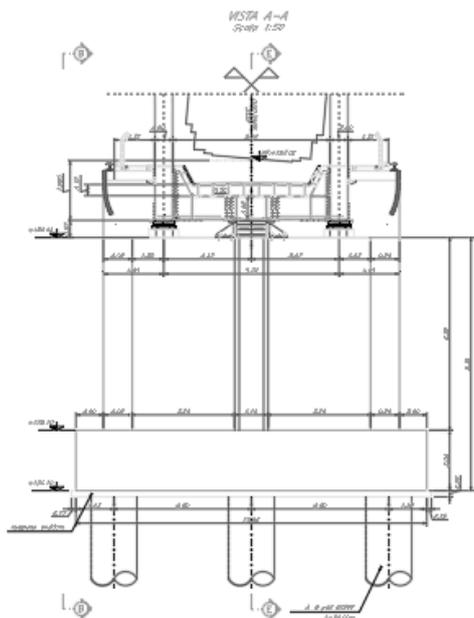
**Figura 1 - Sezioni trasversali**

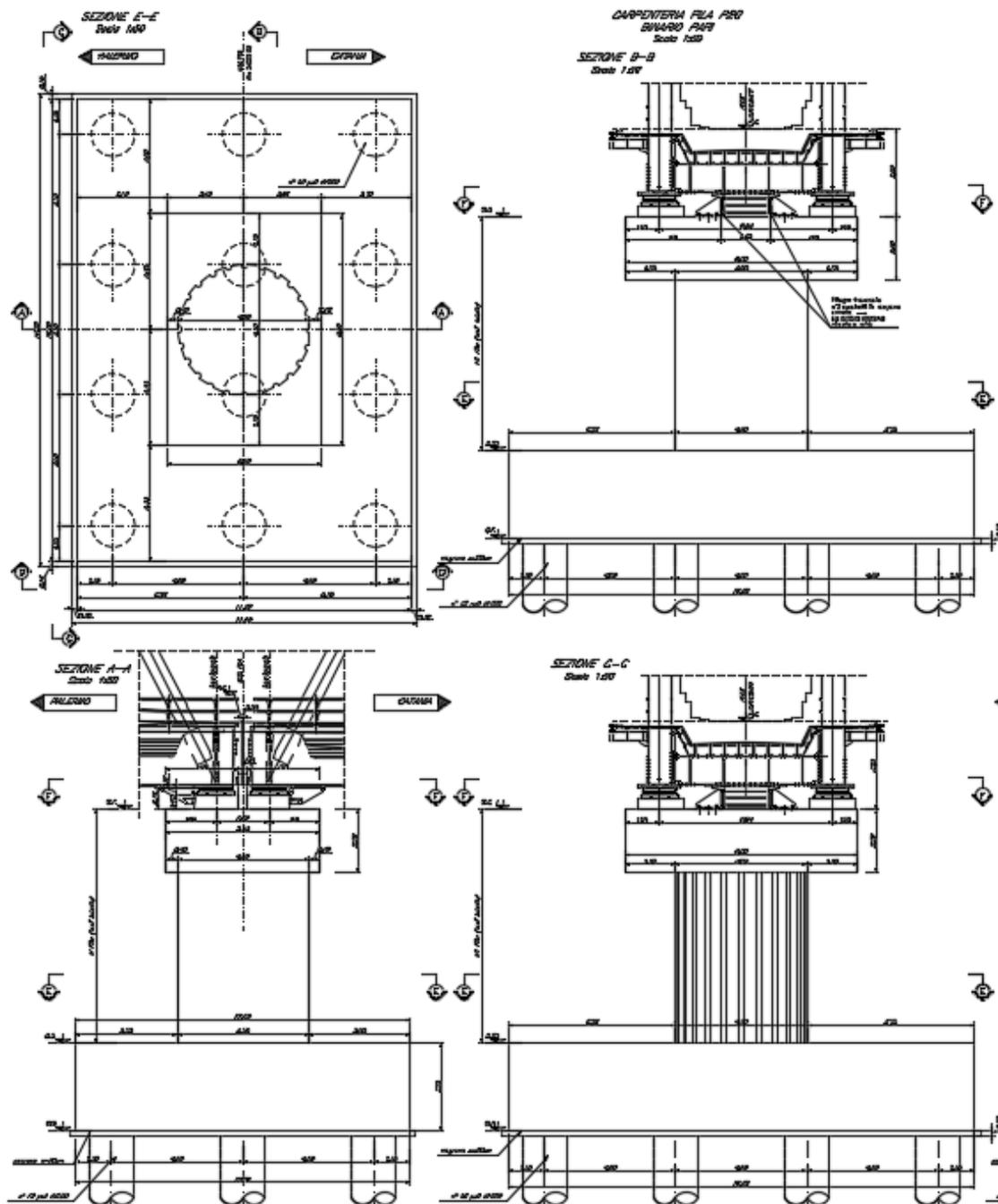
### *1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione*

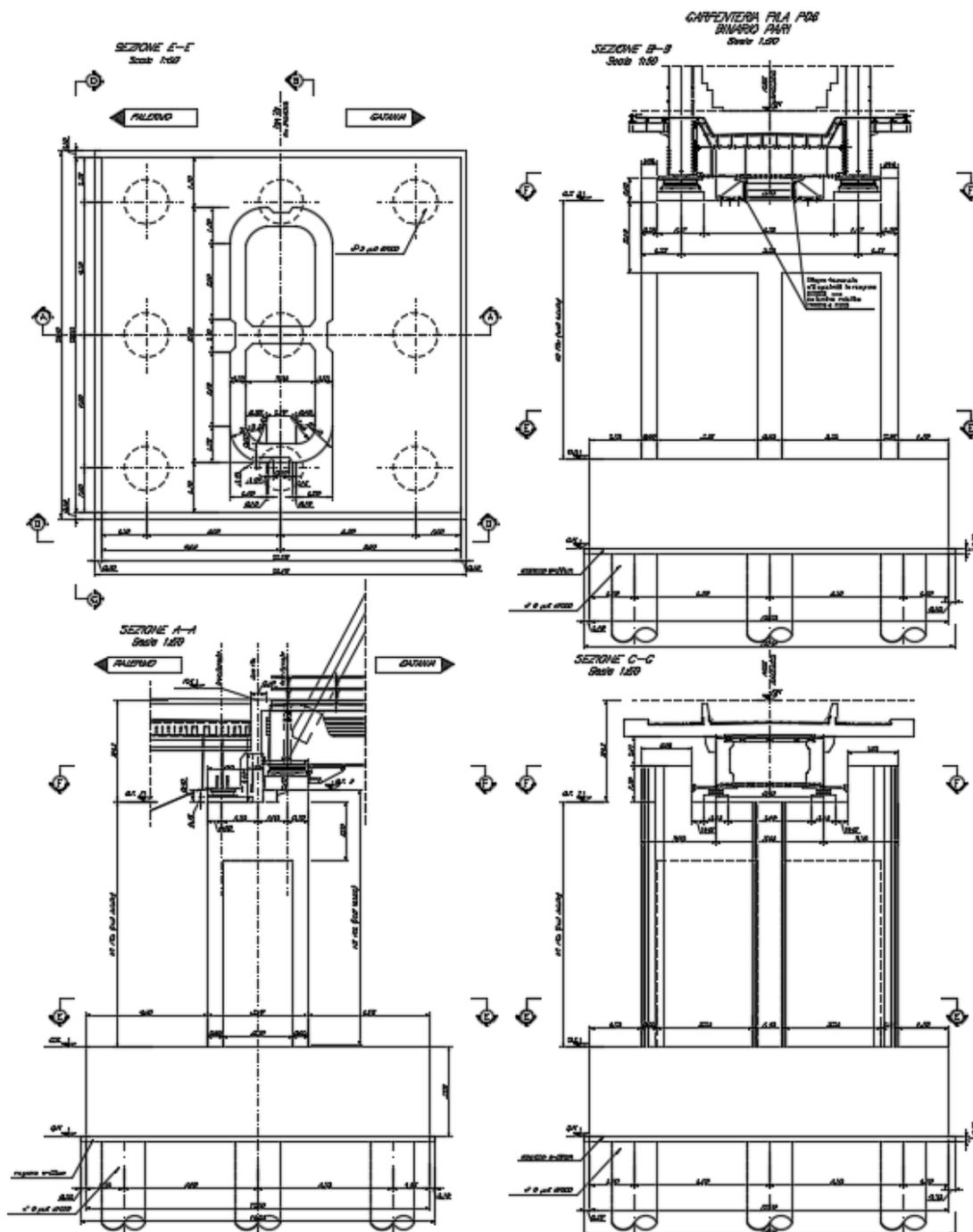
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	6 di 55

3.07.2011 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 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	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 ELETTRICALI

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 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	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

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

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

##### ACCIAIO

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

### 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:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura 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 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione rettangolare cava di dimensioni 3.4x 8.60m, una altezza complessiva di 9.20m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.4x8.60m ed altezza 2.40m.

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.



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	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	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

$$1.00 \cdot Ex + 0.30 \cdot Ey + 0.30 \cdot Ez$$

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	$H_1$	12.65	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.40	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.60	m
Area Sezione		27.68	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	9.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	8.60	m
Area Sezione		12.70	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.20	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	16.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko = 0.426	▼
Sisma			
$S_s$		1.395	
$a_g$		0.197	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.275	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

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

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

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>70</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>120</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>	2100.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	2100.0	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 5/6

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 12 05 005 A 20 di 55

sx										
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.8	1840	2612	1.1	1	1.09	2211	2853	
2	0.470	-1.8	1840	2612	1.1	1	1.09	2211	2853	
dx										
RETICOLARE 70 M SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	2.97	3042	2727	1.1	1	1.00	3346	2727	
2	0.470	-2.97	3042	2727	1.1	1	1.00	3346	2727	
dx ML max										
RETICOLARE 70 M SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	2.97	3343	4465	1.1	1	1.00	3677	4465	
2	0.470	-2.97	3343	4465	1.1	1	1.00	3677	4465	

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

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1512			1341			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			84			84	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1173			1573			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			128			128	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							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			98			98	3.15
Vento Ponte Carico			217			217	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		47	47	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			2037		2037	2.30
	Sisma verticale	590			590		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			2247		2247	2.30
	Sisma verticale	590			590		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			3056		3056	2.30
	Sisma verticale	590			590		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	2100			2100			0.00
Permanenti G2	2100			2100			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1445			1282			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		875			875		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			117			117	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1173			1573			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		770			770		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			189			189	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	2366			2099			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		875			875		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			117			117	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			171			171	3.15
Vento Ponte Carico			380			380	3.50
Attrito permanente		126	126		126	126	0.00
Attrito carichi mobili		71	71		63	63	0.00
Sisma longitudinale		4870			4870		4.20
Sisma trasversale			2037			2037	4.20
Sisma verticale	590			590			0.00
Sisma longitudinale		5371			5371		4.20
Sisma trasversale			2247			2247	4.20
Sisma verticale	590			590			0.00
Sisma longitudinale		7305			7305		4.20
Sisma trasversale			3056			3056	4.20
Sisma verticale	590			590			0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005					
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)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(a_s/a_0 - 1))$	28	28	m/s	
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni	
	$\alpha_R$	1.05	1.05		
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s	
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc	
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	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		
Vento su impalcato					
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	15	15	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.62	2.62		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	2.3	3	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	3.8	7	m	
Rapporto di forma	b/dtot	2.55	1.39		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.73	2.08		
Riepilogo					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.57	0.57	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.62	2.62		
Coefficiente di forza	cfx	1.73	2.08		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.8	7	m	
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	9.8	21.7	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.57	3.09	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	9.8	21.7	kN/m	
Vento impalcato a ponte scarico					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	9.8	9.8	kN/m	
Luce impalcato	L	40	70	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	196	342	kN/m	
Vento impalcato a ponte carico					
Forza statica equivalente	f	21.7	21.7	kN/m	
Luce impalcato	L	40	70	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	433	758	kN/m	

<b>Vento su Pila e Pulvino</b>					
Parametri	kr	0.19	0.19		
Parametri	z0	0.05	0.05	m	
Parametri	zmin	4	4	m	
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	11.60	11.6	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.45	2.45		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.40	9.20	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.60	8.60	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m	
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.22	2.22		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65		
Pressione di riferimento	$q = \Psi * c_{fx} * c_e * q_b$	2.00	2.00	kN/mq	
Area investita dal vento	$A = b * h$	20.64	79.12	mq	
Forza statica equivalente	$F = q * A$	41	159	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.40	9.20	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m	
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.49	1.49		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q = \Psi * c_{fx} * c_e * q_b$	1.03	1.03	kN/mq	
Area investita dal vento	$A = b * h$	8.16	31.28	mq	
Forza statica equivalente	$F = q * A$	8	32	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	41	kN		
Pila	F	159	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	11.60	m		
Forza totale	F Tot	200	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	8	kN		
Pila	F	32	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	11.60	m		
Forza totale	F Tot	41	kN		

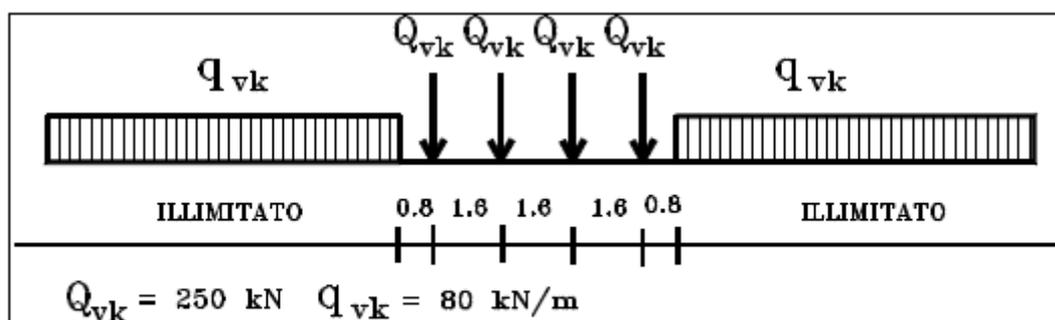
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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*

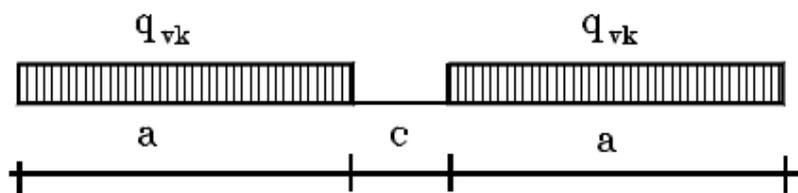
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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	70	m
Lcalc	70	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	50	per SW/2
Qlb,k	1540	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1750	per SW/2
Qlb,k (filtrata) per Treno LM 71	1540	kN
Qlb,k (filtrata) per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k (filtrata) per SW/2	1750	kN

Avviamento		
L	70	m
Lcalc	70	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	50	per SW/2
Qla,k	2541	per Treno LM 71
Qla,k	1089	per Treno SW/0
Qla,k	1650	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
<b>Treno LM 71</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/0</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/2</b>		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

**Forza centrifuga sx**

L	40	m	L <sub>0</sub>	38	m
velocità di progetto	160	km/h	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.092	
raggio planimetrico	1270	m			
f	0.80	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	139	Per V>120 km/h						
	107	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	139							
qtk	11	Per V>120 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
	9	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc=L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	373	kN	qtk*Lcalc	297	kN	qtk*Lcalc	335	kN
FT=(qtk*Lcalc + qtk)/2	256	kN	FT= qtk*Lcalc /2	149		FT= qtk*Lcalc /2	168	

**Forza centrifuga dx**

L	70	m	L <sub>0</sub>	68.25	m
velocità di progetto	160	km/h	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.000	
raggio planimetrico	1270	m			
f	0.78	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	124	Per V>120 km/h						
	98	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	124							
qtk	10	Per V>120 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	10							
L calc=L-6.4m	63.6	m	L calc	30	m	L calc	50	m
qtk*Lcalc	631	kN	qtk*Lcalc	272	kN	qtk*Lcalc	465	kN
FT=(qtk*Lcalc + qtk)/2	378	kN	FT= qtk*Lcalc /2	136		FT= qtk*Lcalc /2	233	

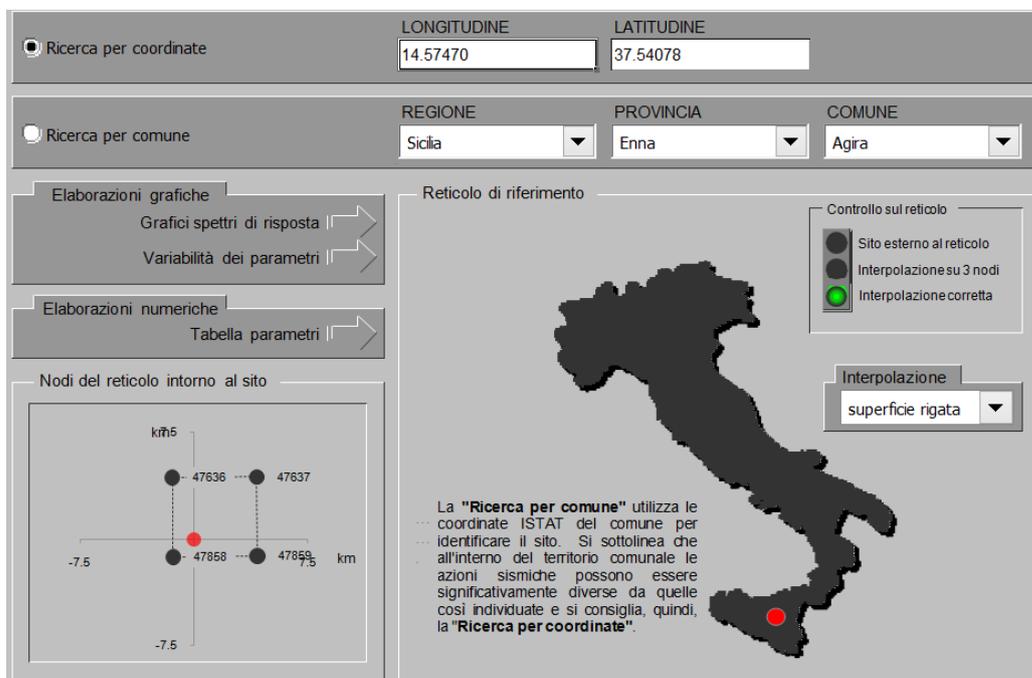
	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	REV. A

#### 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:



The screenshot displays a software interface for seismic hazard analysis. It features search options by coordinates (LONGITUDINE: 14.57470, LATITUDINE: 37.54078) and by comune (REGIONE: Sicilia, PROVINCIA: Enna, COMUNE: Agra). The interface includes a map of Italy with a red dot indicating the site location in Sicily, a grid of nodes around the site, and a legend for interpolation methods (Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta). The interpolation method is set to "superficie rigata".

Elaborazioni grafiche:  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:  
 ● Sito esterno al reticolo  
 ● Interpolazione su 3 nodi  
 ● Interpolazione corretta

Interpolazione:  
 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".

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

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="120"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>

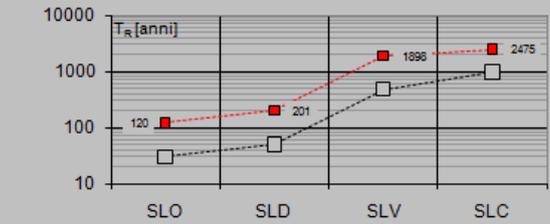
Stati limite ultimi - SLU {

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Rispostasismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_S = 1.395$   $C_C = 1.276$  info

$h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Fattore  $q_0$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

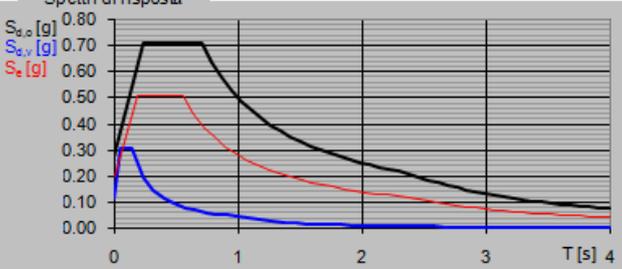
Spettro di progetto

Fattore  $q$    $\eta = 1.000$  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,  $\xi = 5\%$ )

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.197 g
$F_0$	2.590
$T_C$	0.554 s
$S_g$	1.395
$C_C$	1.276
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.395
$\eta$	1.000
$T_B$	0.236 s
$T_D$	0.707 s
$T_H$	2.386 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_D = C_C \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_H = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

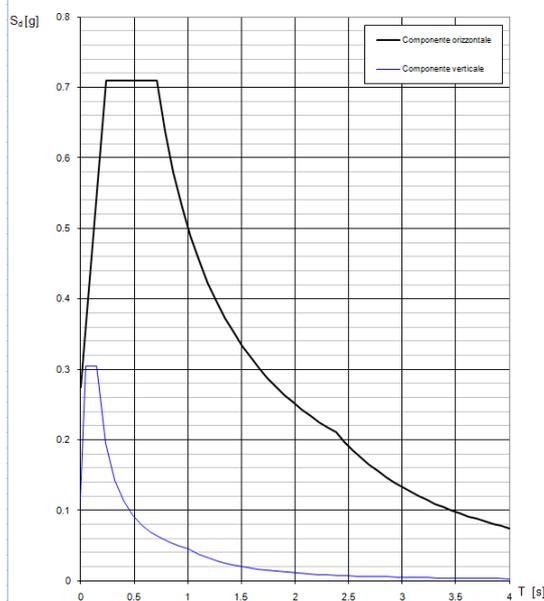
$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.274
0.236	0.710
0.707	0.710
0.787	0.638
0.867	0.579
0.947	0.530
1.027	0.489
1.107	0.454
1.187	0.423
1.267	0.396
1.347	0.373
1.427	0.352
1.507	0.333
1.587	0.316
1.666	0.301
1.746	0.287
1.826	0.275
1.906	0.263
1.986	0.253
2.066	0.243
2.146	0.234
2.226	0.225
2.306	0.218
2.386	0.210
2.463	0.197
2.540	0.186
2.617	0.175
2.693	0.165
2.770	0.156
2.847	0.148
2.924	0.140
3.001	0.133
3.078	0.126
3.155	0.120
3.231	0.115
3.308	0.109
3.385	0.105
3.462	0.100
3.539	0.096
3.616	0.092
3.693	0.088
3.769	0.084
3.846	0.081
3.923	0.078
4.000	0.075

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: 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 spiccatto 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	17891	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2634	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	20525	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	3578	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	14536	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	2634	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	17170	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2907	kN
Verifica requisito dir. Y		si	
Massa sismica impalcato dir. z	mi <sub>z</sub>	14536	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	2634	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	17170	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi <sub>z</sub> /5	2907	kN
Verifica requisito dir. Z		si	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	19.0	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	85.3	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	12.70	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	700211786	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	3144627437	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	36115655172	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.34	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.15	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.71	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.71	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.14	
<b>q=1.5</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.47	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.47	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.14	
<b>q=1.36</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.52	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.52	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.14	
<b>q=1</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.7	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.7	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.137	

Condizione Sismica - Taglianti Totali			
<b>q=1.5</b>			
Tagliante direzione x	F x	9739	kN
Tagliante direzione y	F y	8147	kN
Tagliante direzione z	F z	2359	kN
<b>q=1.36</b>			
Tagliante direzione x	F x	10742	kN
Tagliante direzione y	F y	8986	kN
Tagliante direzione z	F z	2359	kN
<b>q=1</b>			
Tagliante direzione x	F x	14609	kN
Tagliante direzione y	F y	12221	kN
Tagliante direzione z	F z	2359	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 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	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	4580			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		200		0.00	0.00	11.60	0	2319
Vento su pila dir.y			40.8	0.00	0.00	11.60	473	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	4580			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	13800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	3095			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		200		0.00	0.00	14.60	0	2919
Vento su pila dir.y			40.8	0.00	0.00	14.60	595	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		3792		0.00	0.00	1.50	0.00	5689
Plinto sisma y			3792	0.00	0.00	1.50	5689	0
Plinto sisma z	1896			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	425			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	26955	1779	2213	33491	29239
A2 - SLU - MT max gr.1	26845	1648	2504	35023	27453
A2 - SLU - ML max gr.1	25562	1935	1041	15123	37934
A2 - SLU - N max gr.3	26955	2873	1931	28797	45700
A2 - SLU - MT max gr.3	26845	2611	2076	27876	41938
A2 - SLU - ML max gr.3	25562	3029	863	12189	54395
A2 - SLU - Vento ponte scarico	19980	403	1155	16097	9555
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	18375	1779	2213	33491	26431
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	18265	1648	2504	35023	24645
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	16982	1935	1041	15123	35126
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	18375	2873	1931	28797	42892
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	18265	2611	2076	27876	39130
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	16982	3029	863	12189	51587
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	11400	403	1155	16097	6747
A1 - SLU - N max gr.1	33382	2141	2637	39679	35182
A1 - SLU - MT max gr.1	33254	1988	2975	41457	33110
A1 - SLU - ML max gr.1	31765	2321	1284	18465	45258
A1 - SLU - N max gr.3	33382	3411	2310	34235	54303
A1 - SLU - MT max gr.3	33254	3106	2479	33167	49936
A1 - SLU - ML max gr.3	31765	3591	1078	15061	64379
A1 - SLU - Vento ponte scarico	25291	544	1412	19525	12349
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	19491	2141	2637	39679	31278
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	19364	1988	2975	41457	29206
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	17875	2321	1284	18465	41354
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	19491	3411	2310	34235	50399
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	19364	3106	2479	33167	46033
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	17875	3591	1078	15061	60475
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	11400	403	1271	17827	6747
SLE rara - N max gr.1	23580	1504	1821	27306	24654
SLE rara - MT max gr.1	23492	1399	2054	28532	23225
SLE rara - ML max gr.1	22465	1624	913	13069	31555
SLE rara - N max gr.3	23580	2379	1595	23551	37823
SLE rara - MT max gr.3	23492	2169	1712	22814	34814
SLE rara - ML max gr.3	22465	2499	771	10721	44724
SLE rara - Vento ponte scarico	18000	403	981	13502	8907
SLE freq. - N max gr.1	22464	1284	945	13676	21505
SLE freq. - MT max gr.1	22394	1200	1131	14657	20362
SLE freq. - ML max gr.1	21572	1284	811	11426	25912
SLE freq. - N max gr.3	22464	1984	764	10672	32040
SLE freq. - MT max gr.3	22394	1816	857	10083	29632
SLE freq. - ML max gr.3	21572	1984	697	9547	36447
SLE freq. - Vento ponte scarico	18000	403	672	8940	8907
SLE quasi permanente	18000	403	403	4851	8907
SLV - N max	21476	3519	2781	42031	59747
SLV - MT max gr.1	19807	3477	8531	129541	59145
SLV - ML max gr.1	19601	10337	2748	41469	171642
SLV - MT max gr.3	18391	3477	8531	129541	59145
SLV - ML max gr.3	18185	10337	2748	41469	171642
SLV - N min	16756	3519	2781	42031	59747
SLV - N max	21476	3819	3033	45819	64635
SLV - MT max gr.1	19807	3777	9370	142519	64033
SLV - ML max gr.1	19601	11339	2999	45318	187935
SLV - MT max gr.3	18391	3777	9370	142519	64033
SLV - ML max gr.3	18185	11339	2999	45318	187935
SLV - N min	16756	3819	3033	45819	64635
SLV - N max	21476	4980	4003	60731	83489
SLV - MT max gr.1	19807	4938	12605	191874	82887
SLV - ML max gr.1	19601	15207	3970	60168	250779
SLV - MT max gr.3	18391	4938	12605	191874	82887
SLV - ML max gr.3	18185	15207	3970	60168	250779
SLV - N min	16756	4980	4003	60731	83489

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	44779	1779	2213	40128	34577	
A2 - SLU - MT max gr.1	44669	1648	2504	42535	32397	
A2 - SLU - ML max gr.1	43385	1935	1041	18246	43741	
A2 - SLU - N max gr.3	44779	2873	1931	34589	54320	
A2 - SLU - MT max gr.3	44669	2611	2076	34105	49770	
A2 - SLU - ML max gr.3	43385	3029	863	14779	63483	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	37804	403	1155	19562	10763	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	32175	1779	2213	40128	31769	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	32065	1648	2504	42535	29589	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	30782	1935	1041	18246	40933	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	32175	2873	1931	34589	51512	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	32065	2611	2076	34105	46962	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	30782	3029	863	14779	60675	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	25200	403	1155	19562	7955	
A1 - SLU - N max gr.1	56654	2141	2637	47591	41604	
A1 - SLU - MT max gr.1	56527	1988	2975	50383	39075	
A1 - SLU - ML max gr.1	55038	2321	1284	22316	52219	
A1 - SLU - N max gr.3	56654	3411	2310	41166	64536	
A1 - SLU - MT max gr.3	56527	3106	2479	40604	59256	
A1 - SLU - ML max gr.3	55038	3591	1078	18294	75152	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	48563	544	1412	23760	13979	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	33291	2141	2637	47591	37700	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	33164	1988	2975	50383	35171	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	31675	2321	1284	22316	48316	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	33291	3411	2310	41166	60633	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	33164	3106	2479	40604	55352	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	31675	3591	1078	18294	71248	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	25200	403	1271	21640	7955	
SLE rara - N max gr.1	40476	1504	1821	32769	29167	
SLE rara - MT max gr.1	40388	1399	2054	34694	27422	
SLE rara - ML max gr.1	39361	1624	913	15808	36427	
SLE rara - N max gr.3	40476	2379	1595	28338	44960	
SLE rara - MT max gr.3	40388	2169	1712	27950	41321	
SLE rara - ML max gr.3	39361	2499	771	13035	52221	
SLE rara - Vento ponte scarico	34896	403	981	16446	10115	
SLE freq.-N max gr.1	39360	1284	945	16510	25356	
SLE freq.-MT max gr.1	39289	1200	1131	18050	23961	
SLE freq.-ML max gr.1	38468	1284	811	13859	29764	
SLE freq.-N max gr.3	39360	1984	764	12965	37991	
SLE freq.-MT max gr.3	39289	1816	857	12655	35080	
SLE freq.-ML max gr.3	38468	1984	697	11640	42399	
SLE freq.- Vento ponte scarico	34896	403	672	10955	10115	
SLE quasi permanente	34896	403	403	6059	10115	
q = 1.5						
SLV - N max	40693	4656	3919	52081	72010	
SLV - MT max gr.1	37399	4614	12324	160824	71282	
SLV - ML max gr.1	37193	14129	3886	51419	208340	
SLV - MT max gr.3	34590	4614	12324	160824	71282	
SLV - ML max gr.3	34384	14129	3886	51419	208340	
SLV - N min	31330	4656	3919	52081	72010	
q = 1.36						
SLV - N max	40693	4957	4171	56625	77800	
SLV - MT max gr.1	37399	4915	13163	176318	77072	
SLV - ML max gr.1	37193	15132	4137	56023	227641	
SLV - MT max gr.3	34590	4915	13163	176318	77072	
SLV - ML max gr.3	34384	15132	4137	56023	227641	
SLV - N min	31330	4957	4171	56625	77800	
q = 1						
SLV - N max	40693	6117	5141	74448	100134	
SLV - MT max gr.1	37399	6075	16398	235378	99406	
SLV - ML max gr.1	37193	18999	5108	73785	302088	
SLV - MT max gr.3	34590	6075	16398	235378	99406	
SLV - ML max gr.3	34384	18999	5108	73785	302088	
SLV - N min	31330	6117	5141	74448	100134	

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	56654	2141	2637	47591	41604	6934	2508	283
Al - SLU - MT max gr.1	56527	1988	2975	50383	39075	6916	2506	298
Al - SLU - ML max gr.1	55038	2321	1284	22316	52219	6533	2640	221
Al - SLU - N max gr.3	56654	3411	2310	41166	64536	7429	2014	343
Al - SLU - MT max gr.3	56527	3106	2479	40604	59256	7259	2162	331
Al - SLU - ML max gr.3	55038	3591	1078	18294	75152	7081	2092	312
Al - SLU - Vento ponte scarico	48563	544	1412	23760	13979	4963	3131	126
Al - SLU Gmin - N max gr.1	33291	2141	2637	47591	37700	4879	669	283
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	33164	1988	2975	50383	35171	4860	667	298
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	31675	2321	1284	22316	48316	4478	802	221
Al - SLU Gmin - N max gr.3	33291	3411	2310	41166	60633	5373	175	343
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	33164	3106	2479	40604	55352	5204	324	331
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	31675	3591	1078	18294	71248	5025	254	312
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	25200	403	1271	21640	7955	2802	1398	111
						7429	175	343

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	40693	6117	5141	74448	100134	7827	-1045	666
SLV - MT max gr.1	37399	6075	16398	235378	99406	11108	-4875	1457
SLV - ML max gr.1	37193	18999	5108	73785	302088	13130	-6932	1639
SLV - MT max gr.3	34590	6075	16398	235378	99406	10874	-5109	1457
SLV - ML max gr.3	34384	18999	5108	73785	302088	12896	-7166	1639
SLV - N min	31330	6117	5141	74448	100134	7047	-1825	666
						13130	-7166	1639

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	40693	4957	4171	56625	77800	6811	-28	540
SLV - MT max gr.1	37399	4915	13163	176318	77072	9176	-2943	1171
SLV - ML max gr.1	37193	15132	4137	56023	227641	10668	-4469	1307
SLV - MT max gr.3	34590	4915	13163	176318	77072	8942	-3177	1171
SLV - ML max gr.3	34384	15132	4137	56023	227641	10434	-4703	1307
SLV - N min	31330	4957	4171	56625	77800	6030	-809	540
						10668	-4703	1307

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	40476	1504	1821	32769	29167	5777	1851	197
SLE rara - MT max gr.1	40388	1399	2054	34694	27422	5783	1883	207
SLE rara - ML max gr.1	39361	1624	913	15808	36427	5268	1718	155
SLE rara - N max gr.3	40476	2379	1595	28338	44960	6183	1326	239
SLE rara - MT max gr.3	40388	2169	1712	27950	41321	6025	1459	230
SLE rara - ML max gr.3	39361	2499	771	13035	52221	5741	1170	218
SLE rara - Vento ponte scarico	34896	403	981	16446	10115	3947	2312	88
						6183	1170	239

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	26955	1779	2213	33491	29239
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	25562	3029	863	12189	54395
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	26845	1648	2504	35023	27453
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	26845	1648	2504	35023	27453
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	25562	3029	863	12189	54395
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	33382	2141	2637	39679	35182
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	31765	3591	1078	15061	64379
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	33254	1988	2975	41457	33110
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	33254	1988	2975	41457	33110
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	31765	3591	1078	15061	64379
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	23580	1504	1821	27306	24654
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	22465	2499	771	10721	44724
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23492	1399	2054	28532	23225
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23492	1399	2054	28532	23225
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	22465	2499	771	10721	44724
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	22464	1284	945	13676	21505
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	22464	1984	764	10672	32040
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22394	1200	1131	14657	20362
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22394	1200	1131	14657	20362
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	21572	1984	697	9547	36447
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	18000	403	403	4851	8907
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21476	3519	2781	42031	59747
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	10337	2748	41469	171642
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	3477	8531	129541	59145
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	3477	8531	129541	59145
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	10337	2748	41469	171642
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21476	3819	3033	45819	64635
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	11339	2999	45318	187935
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	3777	9370	142519	64033
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	3777	9370	142519	64033
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	11339	2999	45318	187935
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21476	4980	4003	60731	83489
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	15207	3970	60168	250779
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	4938	12605	191874	82887
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19807	4938	12605	191874	82887
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	19601	15207	3970	60168	250779

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	$M_{xx}$ [kNm]	$M_{yy}$ [kNm]	
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	A2 - SLU - N max gr.1	44779	1779	2213	40128	34577
	$T_{x,A_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	43385	3029	863	14779	63483
	$T_{y,A_{max}}$	A2 - SLU - MT max gr.1	44669	1648	2504	42535	32397
	$M_{xx_{max}}$	A2 - SLU - MT max gr.1	44669	1648	2504	42535	32397
	$M_{yy_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	43385	3029	863	14779	63483
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	A1 - SLU - N max gr.1	56654	2141	2637	47591	41604
	$T_{x,A_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	55038	3591	1078	18294	75152
	$T_{y,A_{max}}$	A1 - SLU - MT max gr.1	56527	1988	2975	50383	39075
	$M_{xx_{max}}$	A1 - SLU - MT max gr.1	56527	1988	2975	50383	39075
	$M_{yy_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	55038	3591	1078	18294	75152
SLE RARA	$N_{z,A_{max}}$	SLE rara - N max gr.1	40476	1504	1821	32769	29167
	$T_{x,A_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	39361	2499	771	13035	52221
	$T_{y,A_{max}}$	SLE rara - MT max gr.1	40388	1399	2054	34694	27422
	$M_{xx_{max}}$	SLE rara - MT max gr.1	40388	1399	2054	34694	27422
	$M_{yy_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	39361	2499	771	13035	52221
SLE FREQUENTE	$N_{z,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.1	39360	1284	945	16510	25356
	$T_{x,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.3	39360	1984	764	12965	37991
	$T_{y,A_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	39289	1200	1131	18050	23961
	$M_{xx_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	39289	1200	1131	18050	23961
	$M_{yy_{max}}$	SLE freq.- ML max gr.3	38468	1984	697	11640	42399
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	34896	403	403	6059	10115
SLV q=1.5	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	40693	4656	3919	52081	72010
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	37193	14129	3886	51419	208340
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	4614	12324	160824	71282
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	4614	12324	160824	71282
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.3	34384	14129	3886	51419	208340
SLV q=1.36	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	40693	4957	4171	56625	77800
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	37193	15132	4137	56023	227641
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	4915	13163	176318	77072
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	4915	13163	176318	77072
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.3	34384	15132	4137	56023	227641
SLV q=1	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	40693	6117	5141	74448	100134
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	37193	18999	5108	73785	302088
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	6075	16398	235378	99406
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	37399	6075	16398	235378	99406
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.1	37193	18999	5108	73785	302088

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	14.4	14.4	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovraresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovraresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	15207	12605	kN
Momento agente (q=1)	M	250779	191874	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	10337	8531	kN
Momento agente (con q)	MEd	171642	129541	kN*m
Momento Resistente	MRd	200405	315095	kN*m
Rapporto di sovraresistenza	MRd/MEd	1.17	2.43	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	15207	12605	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12069	20752	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>12069</b>	<b>12605</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.23</b>	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>12069</b>	<b>12605</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.00	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	da calc.	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25	
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	40 di 55

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

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

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura flk:	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 β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	41 di 55

19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	83.0
22	-402.0	128.0
23	-365.0	157.0
24	-310.0	170.0

**DOMINIO N° 2**

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

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

**DOMINIO N° 3**

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

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	160.0	30
2	360.6	147.8	30
3	394.2	121.4	30
4	416.2	80.1	30
5	419.6	44.1	30
6	403.0	29.5	30
7	403.0	-29.5	30
8	419.6	-44.1	30
9	416.2	-80.1	30
10	394.2	-121.4	30
11	360.6	-147.8	30
12	308.8	-160.0	30
13	-308.8	-160.0	30

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	42 di 55

14	-360.6	-147.8	30
15	-394.2	-121.4	30
16	-416.2	-80.1	30
17	-419.6	-44.1	30
18	-403.0	-29.5	30
19	-403.0	29.5	30
20	-419.6	44.1	30
21	-416.2	80.1	30
22	-394.2	121.4	30
23	-360.6	147.8	30
24	-308.8	160.0	30
25	20.0	125.0	30
26	301.4	125.0	30
27	340.7	113.8	30
28	367.1	82.7	30
29	375.0	51.2	30
30	375.0	-51.2	30
31	367.1	-82.7	30
32	340.7	-113.8	30
33	301.4	-125.0	30
34	20.0	-125.0	30
35	-20.0	-125.0	30
36	-301.4	-125.0	30
37	-340.7	-113.8	30
38	-367.1	-82.7	30
39	-375.0	-51.2	30
40	-375.0	51.2	30
41	-367.1	82.7	30
42	-340.7	113.8	30
43	-301.4	125.0	30
44	-20.0	125.0	30

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	24	1	62	30
2	12	13	62	30
3	34	33	28	30
4	35	36	28	30
5	25	26	28	30
6	43	44	28	30
7	34	25	25	30
8	35	44	25	30
9	1	2	3	30
10	2	3	3	30
11	3	4	3	30
12	4	5	3	30
13	6	7	4	30
14	9	8	3	30
15	9	10	3	30

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	43 di 55

16	10	11	3	30
17	11	12	3	30
18	13	14	3	30
19	14	15	3	30
20	15	16	3	30
21	16	17	3	30
22	19	18	4	30
23	21	20	3	30
24	21	22	3	30
25	22	23	3	30
26	23	24	3	30
27	26	27	3	30
28	27	28	3	30
29	28	29	3	30
30	29	30	8	30
31	30	31	3	30
32	31	32	3	30
33	32	33	3	30
34	36	37	3	30
35	37	38	3	30
36	38	39	3	30
37	39	40	8	30
38	40	41	3	30
39	41	42	3	30
40	42	43	3	30

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 0.8 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	33382.00	35182.00	39679.00	0.00	0.00
2	31765.00	64379.00	15061.00	0.00	0.00
3	33254.00	33110.00	41457.00	0.00	0.00
4	33254.00	33110.00	41457.00	0.00	0.00
5	31765.00	64379.00	15061.00	0.00	0.00
6	21476.00	59747.00	42031.00	0.00	0.00
7	19601.00	171642.00	41469.00	12069.00	0.00
8	19807.00	59145.00	129541.00	0.00	12605.00
9	19807.00	59145.00	129541.00	0.00	0.00
10	19601.00	171642.00	41469.00	0.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	44 di 55

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	23580.00	24654.00	27306.00
2	22465.00	44724.00	10721.00
3	23492.00	23225.00	28532.00
4	23492.00	23225.00	28532.00
5	22465.00	44724.00	10721.00

**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	22464.00	21505.00 (100164.40)	13676.00 (63699.06)
2	22464.00	32040.00 (65565.67)	10672.00 (21838.85)
3	22394.00	20362.00 (104532.53)	14657.00 (75244.74)
4	22394.00	20362.00 (104532.53)	14657.00 (75244.74)
5	21572.00	36447.00 (58021.60)	9547.00 (15198.29)

**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	18000.00	8907.00 (0.00)	4851.00 (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: 5.1 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.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia



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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	45 di 55

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	33382.00	35182.00	39679.00	33382.14	191950.72	217018.36	5.463096.0(380.9)	
2	S	31765.00	64379.00	15061.00	31765.11	214225.68	49117.25	3.323096.0(380.9)	
3	S	33254.00	33110.00	41457.00	33253.83	187294.11	234279.17	5.653096.0(380.9)	
4	S	33254.00	33110.00	41457.00	33253.83	187294.11	234279.17	5.653096.0(380.9)	
5	S	31765.00	64379.00	15061.00	31765.11	214225.68	49117.25	3.323096.0(380.9)	
6	S	21476.00	59747.00	42031.00	21476.08	194200.16	136544.58	3.253096.0(380.9)	
7	S	19601.00	171642.00	41469.00	19600.97	200405.41	47694.18	1.173096.0(380.9)	
8	S	19807.00	59145.00	129541.00	19806.95	144687.29	315095.18	2.433096.0(380.9)	
9	S	19807.00	59145.00	129541.00	19806.95	144687.29	315095.18	2.433096.0(380.9)	
10	S	19601.00	171642.00	41469.00	19600.97	200405.41	47694.18	1.173096.0(380.9)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	310.0	170.0	0.00327	308.8	160.0	-0.00724	-308.8	-160.0
2	0.00350	310.0	170.0	0.00307	308.8	160.0	-0.01164	-308.8	-160.0
3	0.00350	365.0	157.0	0.00328	360.6	147.8	-0.00699	-360.6	-147.8
4	0.00350	365.0	157.0	0.00328	360.6	147.8	-0.00699	-360.6	-147.8
5	0.00350	310.0	170.0	0.00307	308.8	160.0	-0.01164	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00317	308.8	160.0	-0.00975	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00302	308.8	160.0	-0.01330	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00692	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00692	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00302	308.8	160.0	-0.01330	-308.8	-160.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000005162	0.000022870	-0.001988057	----	----
2	0.000001740	0.000042604	-0.004282171	----	----
3	0.000005450	0.000021440	-0.001855259	----	----
4	0.000005450	0.000021440	-0.001855259	----	----
5	0.000001740	0.000042604	-0.004282171	----	----
6	0.000003942	0.000032763	-0.003291586	----	----
7	0.000001818	0.000047496	-0.005137823	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	46 di 55

8	0.000007550	0.000016220	-0.001802062	----	----
9	0.000007550	0.000016220	-0.001802062	----	----
10	0.000001818	0.000047496	-0.005137823	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 0.8 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	20940.87	9399.62132.3	122.3	319.5	1.000	1.140	0.0	196.3(0.0)
2	S	0.00	30243.86	14901.41203.9	193.9	292.8	1.000	1.133	0.0	196.3(0.0)
3	S	0.00	20140.00	8687.96123.1	113.1	332.6	1.000	1.139	0.0	196.3(0.0)
4	S	0.00	20140.00	8687.96123.1	113.1	332.6	1.000	1.139	0.0	196.3(0.0)
5	S	0.00	30243.86	14901.41203.9	193.9	292.8	1.000	1.133	0.0	196.3(0.0)
6	S	0.00	25357.08	13147.59181.1	171.1	289.3	1.000	1.090	0.0	196.3(0.0)
7	S	12060.17	29082.55	15161.99207.3	197.3	289.8	1.000	1.082	156.2	196.3(0.0)
8	S	5319.09	15244.22	6059.86 96.1	78.9	379.7	1.000	1.083	172.3	196.3(0.0)
9	S	0.00	15244.22	6059.86 96.1	78.9	379.7	1.000	1.083	0.0	196.3(0.0)
10	S	0.00	29082.55	15161.99207.3	197.3	289.8	1.000	1.082	0.0	196.3(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	3.93	365.0	157.0	-20.2	-360.6	-147.8	6530	162.6
2	S	5.12	310.0	170.0	-62.1	-308.8	-160.0	28344	728.1
3	S	3.86	365.0	157.0	-18.9	-360.6	-147.8	6186	155.5
4	S	3.86	365.0	157.0	-18.9	-360.6	-147.8	6186	155.5
5	S	5.12	310.0	170.0	-62.1	-308.8	-160.0	28344	728.1

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	47 di 55

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; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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]
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 = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00011	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	494	0.030 (0.20)	55003.24	60919.87
2	S	-0.00033	0	0.500	30.0	85	0.00019 (0.00019)	488	0.091 (0.20)	51810.19	12419.66
3	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	492	0.028 (0.20)	54109.28	66473.45
4	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	492	0.028 (0.20)	54109.28	66473.45
5	S	-0.00033	0	0.500	30.0	85	0.00019 (0.00019)	488	0.091 (0.20)	51810.19	12419.66

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.11	310.0	170.0	-7.2	-308.8	-160.0	2815	99.0
2	S	3.95	310.0	170.0	-27.3	-308.8	-160.0	12476	346.4
3	S	3.05	310.0	170.0	-6.3	-308.8	-160.0	2424	84.8
4	S	3.05	310.0	170.0	-6.3	-308.8	-160.0	2424	84.8
5	S	4.30	310.0	170.0	-40.9	-308.8	-160.0	21702	593.8

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00004	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	434	0.009 (0.20)	100164.40	63699.06
2	S	-0.00015	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	473	0.039 (0.20)	65565.67	21838.85
3	S	-0.00004	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	435	0.008 (0.20)	104532.53	75244.74
4	S	-0.00004	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	435	0.008 (0.20)	104532.53	75244.74
5	S	-0.00022	0	0.500	30.0	85	0.00012 (0.00012)	475	0.058 (0.20)	58021.60	15198.29

**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	1.75	310.0	170.0	5.4	-308.8	-160.0	----	----

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

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

	<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 5/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 005	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 :

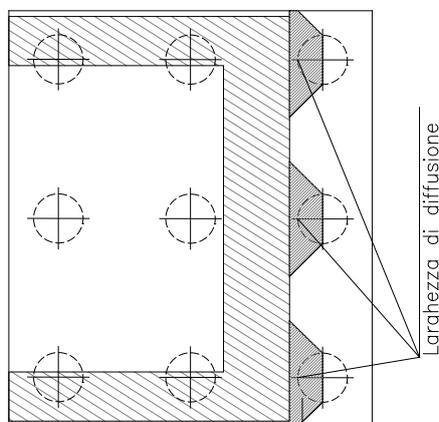
$$N_{\max} = 7429 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 10668 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1307 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

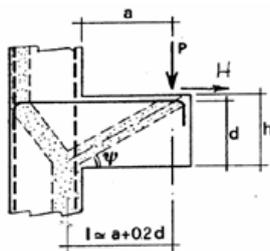


**Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila**

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

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

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

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	50 di 55

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>5.00</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>10668.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1307.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>4.20</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 complessive in trazione
$d(m) =$	<b>2.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>4.78</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.83</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l / (0,9d)$

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>24.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	50.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	22619.45	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	22619.45
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>24.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	50.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	22619.45	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	22619.45
<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	$nb \text{ tot } 3 =$	50.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	22619.45	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	22619.45

**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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 13130 \text{ kN} \quad T = 1639 \text{ kN} \quad M = 1639 * 3.34 = 5475 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -7166 \text{ kN} \quad T = 1639 \text{ kN} \quad M = 1639 * 3.34 = 5475 \text{ kNm}$$

$$N = -7166 \text{ kN} \quad T = 1639 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1639 * 3.34 = 5475 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

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

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

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO



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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	52 di 55

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	66.0	40	26
2	0.0	0.0	60.5	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	13130.00	5475.00	0.00	1639.00	0.00
2	-7166.00	5475.00	0.00	1639.00	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	1170.00	799.00	0.00
2	1117.00	799.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	53 di 55

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	5246.00	967.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	1479.00	967.00 (1885.76)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.3 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	13130.00	5475.00	0.00	13130.11	9668.60	0.00	1.77	424.7(53.0)
2	S	-7166.00	5475.00	0.00	-7165.92	5488.12	0.00	1.00	424.7(53.0)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00313	0.0	66.0	-0.00231	0.0	-66.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00235	0.0	66.0	-0.01456	0.0	-66.0

**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 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	54 di 55

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000041201	0.000409898	----	----
2	0.000000000	0.000128087	-0.006106508	----	----

## VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = 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	1639.00	3536.39	3466.94	118.5   90.1	135.3	2.500	1.188	18.6	39.3(0.0)
2	S	1639.00	3305.05	4543.61	127.1   118.1	114.7	2.500	1.000	14.2	39.3(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	2.42	0.0	0.0	-25.7	0.0	-66.0	1663	84.9
2	S	2.41	0.0	0.0	-26.7	0.0	-66.0	1716	84.9

## 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 5/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 005	A	55 di 55

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	-0.00015	0	0.500	26.0	77	0.00008 (0.00008)	348	0.027 (0.20)	1848.86	0.00
2	S	-0.00015	0	0.500	26.0	77	0.00008 (0.00008)	351	0.028 (0.20)	1812.74	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	4.11	0.0	0.0	7.3	0.0	-66.0	----	----
2	S	2.93	0.0	0.0	-29.9	0.0	-66.0	1609	84.9

**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	-0.00017	0	0.500	26.0	77	0.00009 (0.00009)	346	0.031 (0.20)	1885.76	0.00