

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 2/6

SCALA:

-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vitozzi	Novembre 2019

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

File: RS3E50D09CLV11205002A.docx

n. Elab.: 1533

INDICE

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

4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i>	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE	35
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i>	39
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	45
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m</i>	48

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI12** della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 28** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

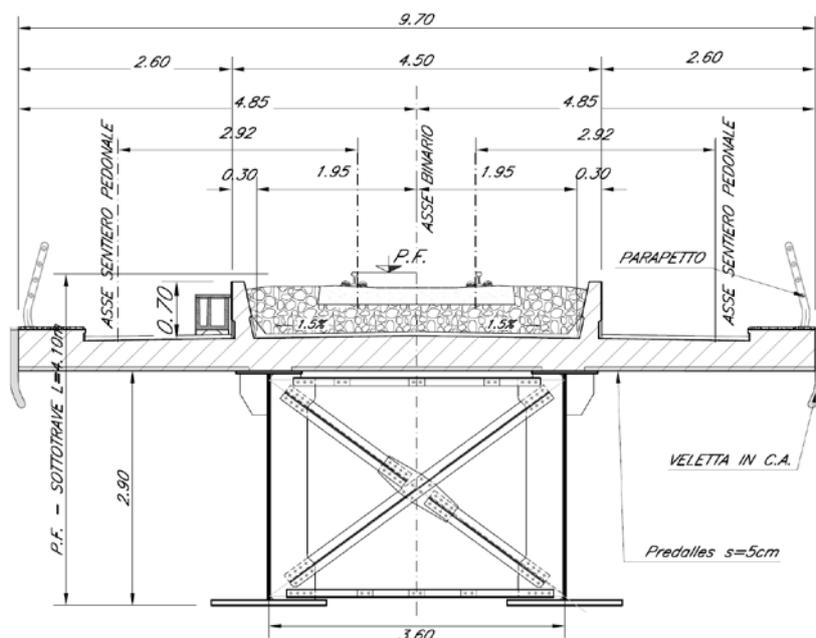
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

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.



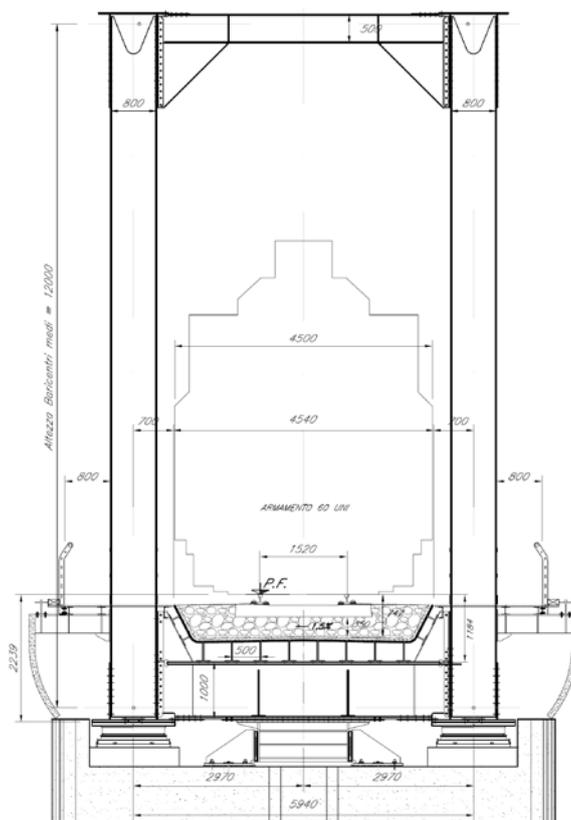


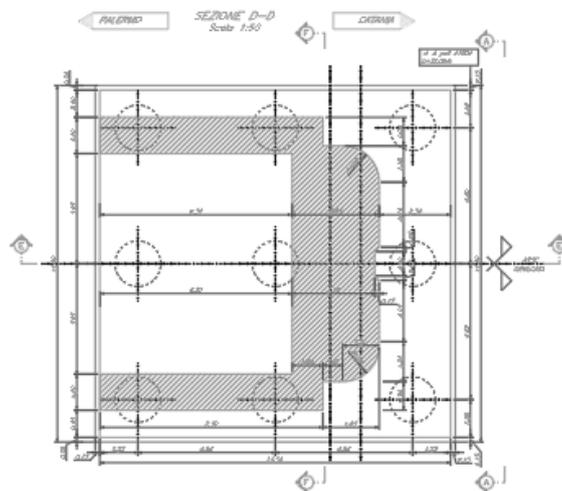
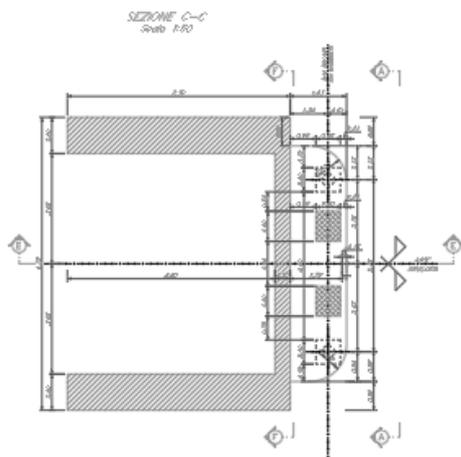
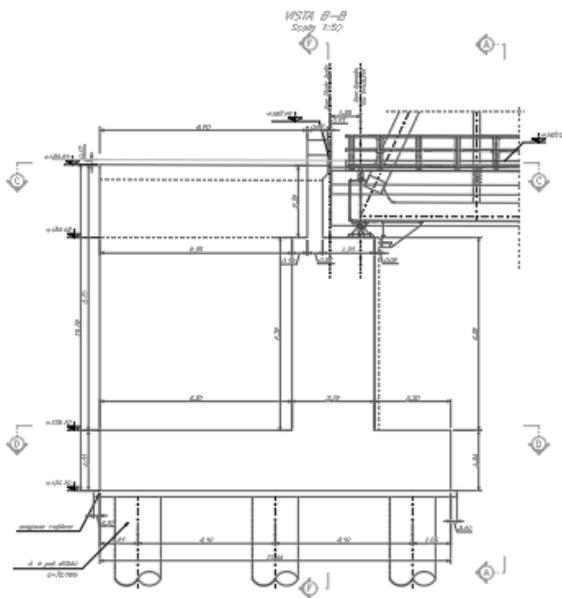
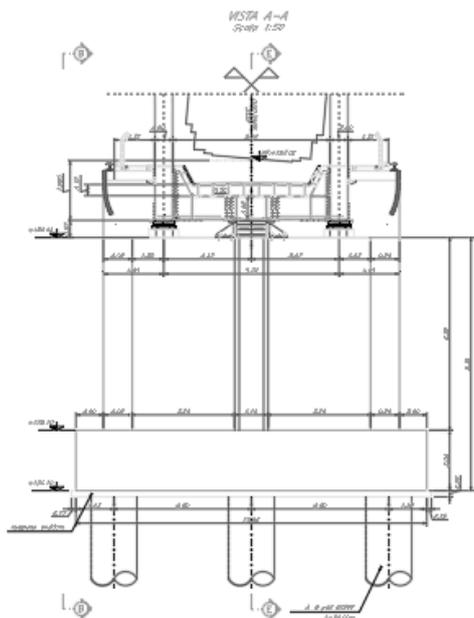
Figura 1 - Sezioni trasversali

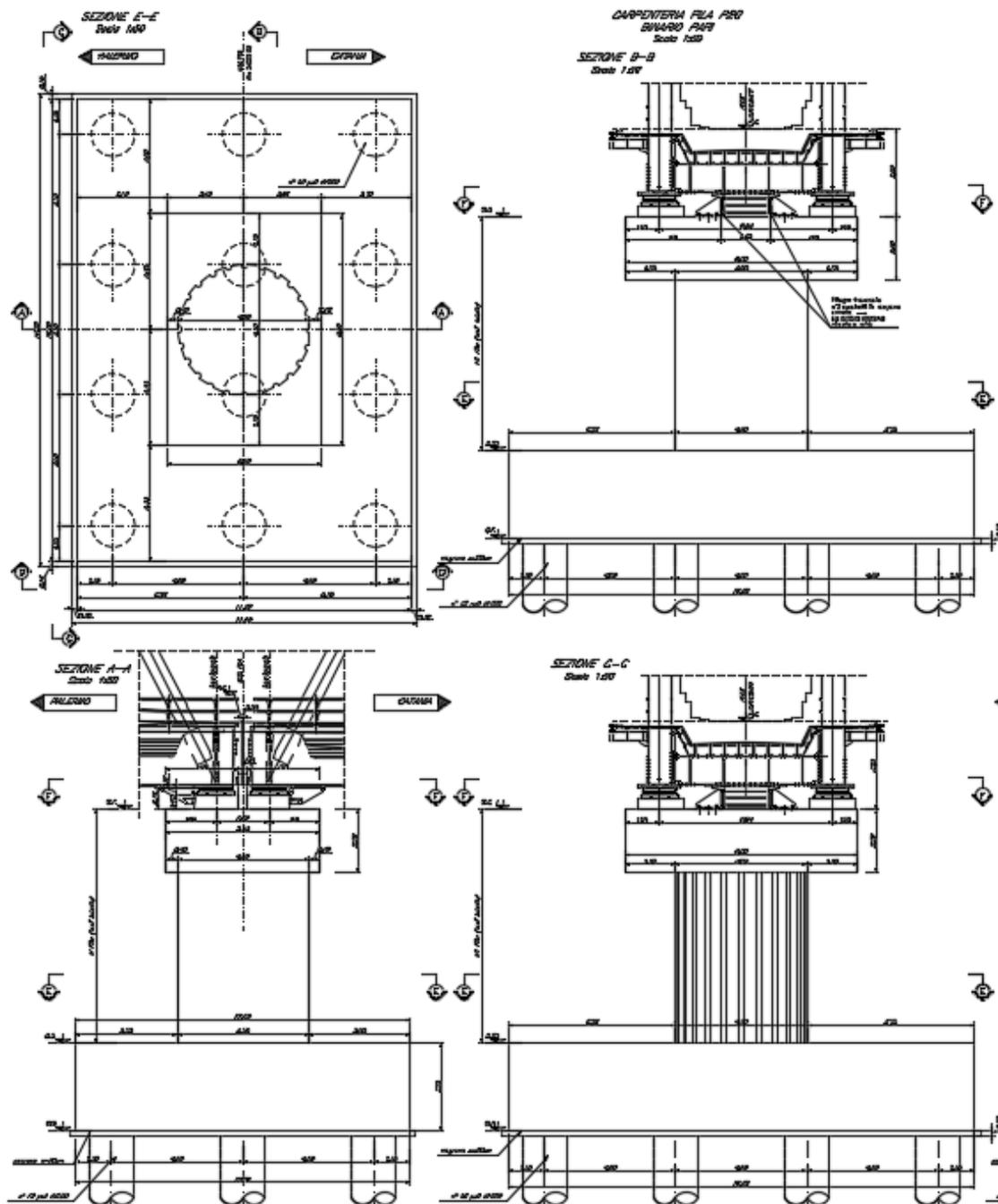
1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione

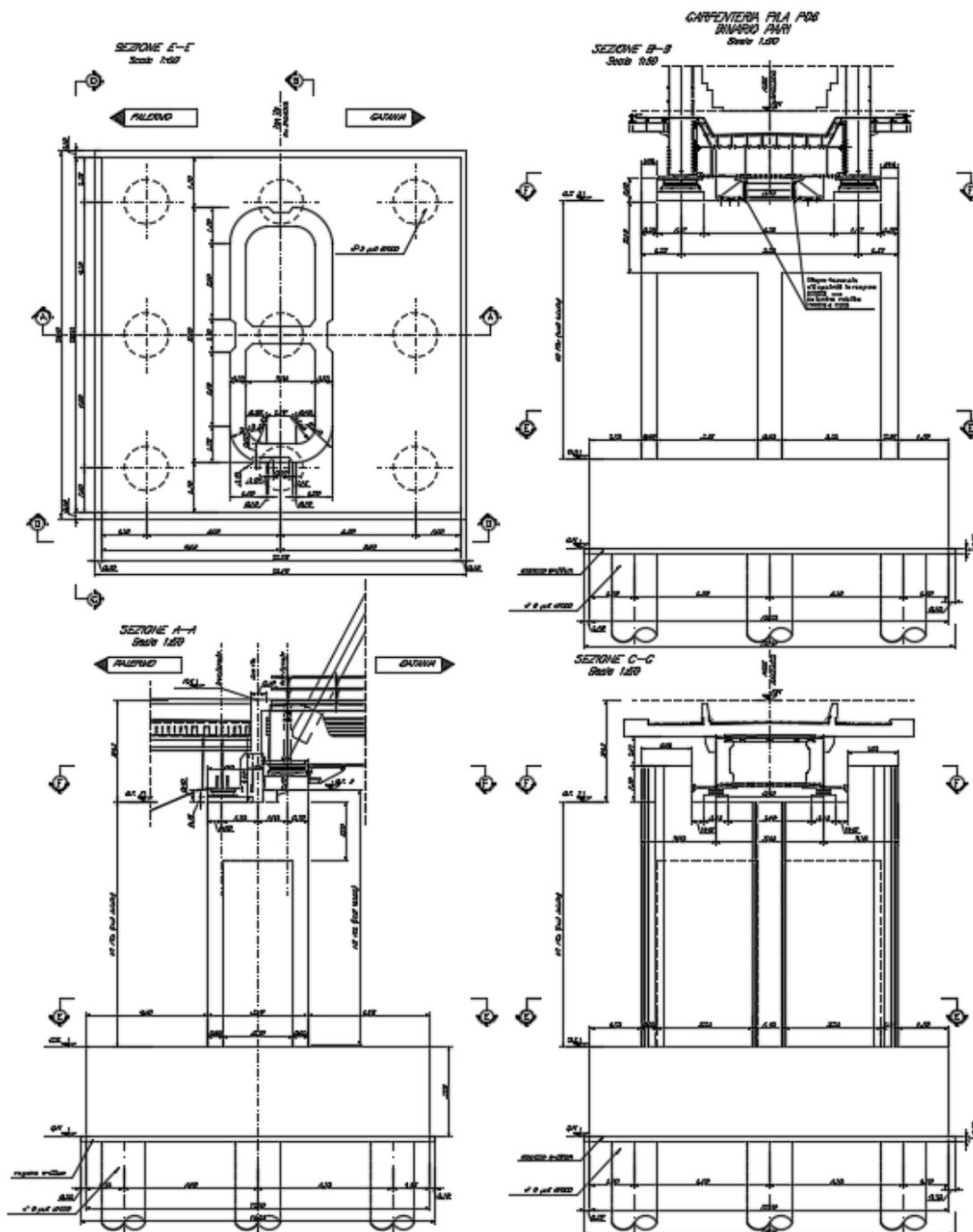
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	6 di 52

3.07.2011 11:25/7







	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	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 : ≤ 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 : ≤ 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 : ≤ 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	REV. A

3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	REV. A

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione circolare di diametro 4.50m, una altezza complessiva di 16.30m.

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

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

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

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

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

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

		Coefficiente	EQ ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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

⁽²⁾ 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.

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

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

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	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 ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

- (1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.
 (2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.
 (3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

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

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

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

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

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

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

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	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	53.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{sp}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	19.75	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.00	m
Area Sezione		42.40	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	16.30	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	4.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	4.50	m
Area Sezione		15.90	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	16.50	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	5.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	$K_0 = 0.426$	▼
Sisma			
S_s		1.462	
a_g		0.158	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.231	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

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

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G1	135	kN/m
Permanenti portati	G2	120	kN/m
Ballast	G2	0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1687.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	1500.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	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 2/6

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 12 05 002 A 20 di 52

sx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ϕ 3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2211	2858
2	0.470	-1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2211	2858
dx									
SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ϕ 3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423
2	0.470	-1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423
dx ML max									
SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ϕ 3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470
2	0.470	-1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio gl	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1515			1343			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			84			84	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1039			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			190			190	3.15
Vento Ponte Carico			3			316	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		40	40	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1638		1638	2.30
	Sisma verticale	490			490		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0			0	2.30
	Sisma trasversale			1807		1807	2.30
	Sisma verticale	490			490		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0			0	2.30
	Sisma trasversale			2457		2457	2.30
	Sisma verticale	490			490		0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1688			1688			0.00
Permanenti G2	1500			1500			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1284			1139			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			105			105	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1373			1218			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			149			149	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1839			1631			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			105			105	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			238			238	3.15
Vento Ponte Carico			395			395	3.50
Attrito permanente		96	96		96	96	0.00
Attrito carichi mobili		55	55		49	49	0.00
Sisma longitudinale		3521			3521		2.30
Sisma trasversale			1638			1638	2.30
Sisma verticale	490			490			0.00
Sisma longitudinale		3883			3883		2.30
Sisma trasversale			1807			1807	2.30
Sisma verticale	490			490			0.00
Sisma longitudinale		5282			5282		2.30
Sisma trasversale			2457			2457	2.30
Sisma verticale	490			490			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)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
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	24	24	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.94	2.94	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.94	2.94	
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	19.0	31.6	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	3.17	3.43	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	19.0	31.6	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	19.0	19.0	kN/m
Luce impalcato	L	40	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	380	475	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	31.6	31.6	kN/m
Luce impalcato	L	40	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	632	790	kN/m

Vento su Pila e Pulvino				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	18.50	18.5	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.76	2.76	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.30	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	4.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.51	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.6	73.35	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	62	116	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.30	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.74	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	73.35	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	32	116	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	62	kN	
Pila	F	116	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.50	m	
Forza totale	F Tot	178	kN	
Vento y				
Pulvino	F	32	kN	
Pila	F	116	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.50	m	
Forza totale	F Tot	148	kN	

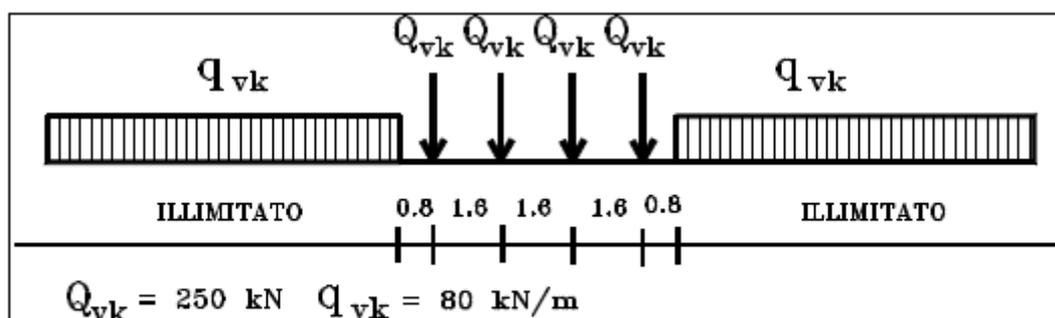
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



Treno di carico LM 71

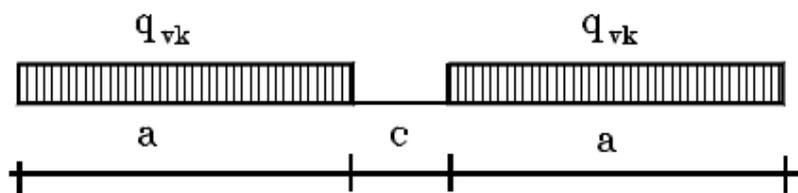
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



Treno di carico SW

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

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

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

4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

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

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

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

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

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

Forza centrifuga sx

L	40	m
velocità di progetto	160	km/h
raggio planimetrico	1270	m
f	0.80	Per V>120 km/h
f	1	Per V<120 km/h

L ₀	38	m
ø3 Coeff. Dinamico	1.092	

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	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	50	m
velocità di progetto	160	km/h
raggio planimetrico	1270	m
f	0.79	Per V>120 km/h
f	1	Per V<120 km/h

L ₀	48	m
ø3 Coeff. Dinamico	1.051	

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	132	Per V>120 km/h						
	103	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	132							
qtk	11	Per V>120 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	43.6	m	L calc	30	m	L calc	43	m
qtk*Lcalc	461	kN	qtk*Lcalc	286	kN	qtk*Lcalc	420	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	297	kN	FT= qtk*Lcalc /2	143		FT= qtk*Lcalc /2	210	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	REV. A

4.6.7 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione canonica

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

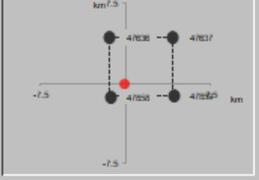
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

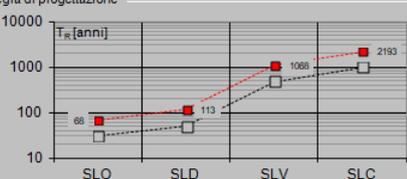
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

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

Elaborazioni

- Grafici parametrizzazione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

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

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

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

Compon. orizzontale

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

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 Regol. in altezza **si** info

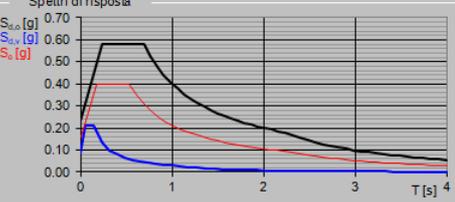
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta_1 = 1.000$ info

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

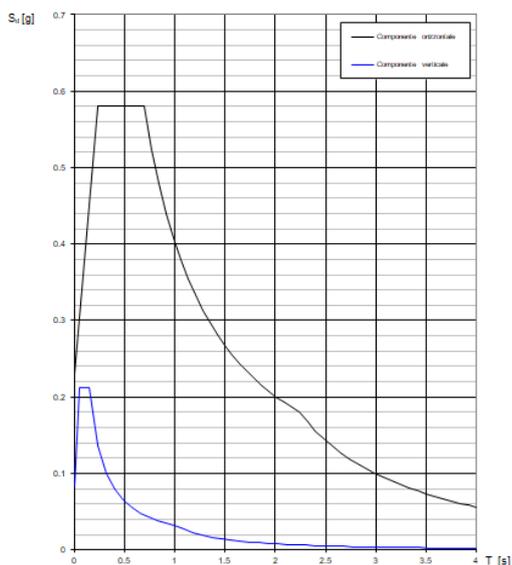
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_m	0.158 g
F_c	2.511
T_c^*	0.538 s
S_s	1.462
C_c	1.289
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.462
η	1.000
T_B	0.231 s
T_C	0.693 s
T_D	2.232 s

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, per il calcolo dei periodi propri della pila, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.

I Fattori di struttura utilizzati sono:

- $q= 1.5$ per la verifica a presso flessione della pila
- $q= 1.5/1.1$ per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q= 1$ per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo per la verifica a taglio dello spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5 delle NTC

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	13719	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	4492	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	18212	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2744	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	12451	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	4492	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	16944	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	2490	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	12451	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	4492	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	16944	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2490	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	20.1	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	20.1	m ⁴
Area Pila	A _p	15.90	m ²
Rigidezza Pila asse y	K _y	221444625.1	N/m
Rigidezza Pila asse x	K _x	221444625.1	N/m
rigidezza Pila asse z	K _z	28369855281	N/m
Periodo x	T _x	0.57	s
Periodo y	T _y	0.55	s
Periodo z	T _z	0.05	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.58	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.58	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.12	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.39	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.39	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.12	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.43	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.43	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.12	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.115	

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	7042	kN
Tagliante direzione y	F y	6552	kN
Tagliante direzione z	F z	1957	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	7767	kN
Tagliante direzione y	F y	7226	kN
Tagliante direzione z	F z	1957	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	10563	kN
Tagliante direzione y	F y	9828	kN
Tagliante direzione z	F z	1957	kN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 002	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 _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	8813			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		178		0.00	0.00	18.50	0	3299
Vento su pila dir.y			148.4	0.00	0.00	18.50	2746	0

INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica

Descrizione carico	F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	8813			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	14231.25			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	16950			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		178		0.00	0.00	21.50	0	3834
Vento su pila dir.y			148.4	0.00	0.00	21.50	3191	0

INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica

Descrizione carico	F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Plinto sisma x		3287		0.00	0.00	1.50	0.00	4931
Plinto sisma y			3287	0.00	0.00	1.50	4931	0
Plinto sisma z	1644			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	1958			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	28430	1520	2095	45847	32827	
A2 - SLU - MT max gr.1	27832	1520	2315	51007	34049	
A2 - SLU - ML max gr.1	26167	1660	904	19050	41257	
A2 - SLU - N max gr.3	28430	2462	1828	39550	53487	
A2 - SLU - MT max gr.3	27832	2462	1938	42097	54710	
A2 - SLU - ML max gr.3	26167	2601	742	15247	61917	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	21829	342	1648	34641	8322	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	21410	1520	2095	45847	31891	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	20812	1520	2315	51007	33113	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	19147	1660	904	19050	40321	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	21410	2462	1828	39550	52551	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	20812	2462	1938	42097	53774	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	19147	2601	742	15247	60981	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14809	342	1648	34641	7386	
A1 - SLU - N max gr.1	35750	1829	2489	54280	39476	
A1 - SLU - MT max gr.1	35055	1829	2744	60266	40895	
A1 - SLU - ML max gr.1	33124	1989	1114	23329	49240	
A1 - SLU - N max gr.3	35750	2922	2179	46976	63476	
A1 - SLU - MT max gr.3	35055	2922	2307	49931	64894	
A1 - SLU - ML max gr.3	33124	3082	925	18917	73239	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	28092	462	1968	41241	11051	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	22466	1829	2489	54280	38079	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	21772	1829	2744	60266	39497	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	19841	1989	1114	23329	47842	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	22466	2922	2179	46976	62078	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	21772	2922	2307	49931	63496	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	19841	3082	925	18917	71841	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14809	342	1849	38974	7386	
SLE rara - N max gr.1	25490	1285	1714	37310	27710	
SLE rara - MT max gr.1	25011	1285	1890	41437	28688	
SLE rara - ML max gr.1	23679	1392	792	16535	34375	
SLE rara - N max gr.3	25490	2038	1500	32272	44238	
SLE rara - MT max gr.3	25011	2038	1588	34310	45216	
SLE rara - ML max gr.3	23679	2145	662	13493	50903	
SLE rara - Vento ponte scarico	20209	342	1346	28142	8106	
SLE freq.- N max gr.1	24434	1096	836	17873	23789	
SLE freq.- MT max gr.1	24051	1096	977	21175	24571	
SLE freq.- ML max gr.1	22985	1096	702	14524	27538	
SLE freq.- N max gr.3	24434	1699	665	13843	37012	
SLE freq.- MT max gr.3	24051	1699	735	15473	37794	
SLE freq.- ML max gr.3	22985	1699	598	12090	40760	
SLE freq.- Vento ponte scarico	20209	342	770	15937	8106	
SLE quasi permanente	20209	342	342	6479	8106	
q = 1,5	SLV - N max	23225	2623	2260	47857	56986
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	21757	2623	6882	146143	57181
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	21491	7552	2227	47020	162673
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	20581	2623	6882	146143	57181
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	20315	7552	2227	47020	162673
q = 1,5	SLV - N min	19305	2623	2260	47857	56986
q = 1,36	SLV - N max	23225	2840	2462	52095	61607
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	21757	2840	7556	160428	61803
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	21491	8277	2429	51319	178077
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	20581	2840	7556	160428	61803
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	20315	8277	2429	51319	178077
q = 1,36	SLV - N min	19305	2840	2462	52095	61607
q = 1	SLV - N max	23225	3679	3243	68741	79432
q = 1	SLV - MT max gr.1	21757	3679	10158	215758	79628
q = 1	SLV - ML max gr.1	21491	11073	3209	67904	237494
q = 1	SLV - MT max gr.3	20581	3679	10158	215758	79628
q = 1	SLV - ML max gr.3	20315	11073	3209	67904	237494
q = 1	SLV - N min	19305	3679	3243	68741	79432

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	64697	1520	2095	52132	37388	
A2 - SLU - MT max gr.1	64098	1520	2315	57952	38610	
A2 - SLU - ML max gr.1	62433	1660	904	21762	46236	
A2 - SLU - N max gr.3	64697	2462	1828	45033	60872	
A2 - SLU - MT max gr.3	64098	2462	1938	47910	62095	
A2 - SLU - ML max gr.3	62433	2601	742	17472	69720	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	58095	342	1648	39584	9347	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	35642	1520	2095	52132	36452	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	35043	1520	2315	57952	37674	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	33378	1660	904	21762	45300	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	35642	2462	1828	45033	59936	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	35043	2462	1938	47910	61159	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	33378	2601	742	17472	68784	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29040	342	1648	39584	8411	
A1 - SLU - N max gr.1	80387	1829	2489	61748	44962	
A1 - SLU - MT max gr.1	79692	1829	2744	68499	46380	
A1 - SLU - ML max gr.1	77761	1989	1114	26670	55207	
A1 - SLU - N max gr.3	80387	2922	2179	53513	72242	
A1 - SLU - MT max gr.3	79692	2922	2307	56851	73660	
A1 - SLU - ML max gr.3	77761	3082	925	21693	82486	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	72729	462	1968	47146	12435	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	36698	1829	2489	61748	43565	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	36003	1829	2744	68499	44983	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	34072	1989	1114	26670	53810	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	36698	2922	2179	53513	70844	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	36003	2922	2307	56851	72262	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	34072	3082	925	21693	81089	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29040	342	1849	44519	8411	
SLE rara - N max gr.1	56671	1285	1714	42452	31564	
SLE rara - MT max gr.1	56192	1285	1890	47108	32542	
SLE rara - ML max gr.1	54860	1392	792	18911	38550	
SLE rara - N max gr.3	56671	2038	1500	36773	50351	
SLE rara - MT max gr.3	56192	2038	1588	39075	51329	
SLE rara - ML max gr.3	54860	2145	662	15478	57337	
SLE rara - Vento ponte scarico	51390	342	1346	32181	9131	
SLE freq.-N max gr.1	55615	1096	836	20382	27077	
SLE freq.-MT max gr.1	55232	1096	977	24106	27860	
SLE freq.-ML max gr.1	54166	1096	702	16629	30826	
SLE freq.-N max gr.3	55615	1699	665	15838	42107	
SLE freq.-MT max gr.3	55232	1699	735	17679	42890	
SLE freq.-ML max gr.3	54166	1699	598	13883	45856	
SLE freq.- Vento ponte scarico	51390	342	770	18247	9131	
SLE quasi permanente	51390	342	342	7504	9131	
q = 1.5						
SLV - N max	58008	3609	3246	56117	66333	
SLV - MT max gr.1	54019	3609	10169	171720	66529	
SLV - ML max gr.1	53753	10839	3213	55179	190260	
SLV - MT max gr.3	50682	3609	10169	171720	66529	
SLV - ML max gr.3	50416	10839	3213	55179	190260	
SLV - N min	46885	3609	3246	56117	66333	
q = 1.36						
SLV - N max	58008	3826	3449	60961	71607	
SLV - MT max gr.1	54019	3826	10844	188028	71802	
SLV - ML max gr.1	53753	11564	3415	60085	207839	
SLV - MT max gr.3	50682	3826	10844	188028	71802	
SLV - ML max gr.3	50416	11564	3415	60085	207839	
SLV - N min	46885	3826	3449	60961	71607	
q = 1						
SLV - N max	58008	4665	4229	79949	91948	
SLV - MT max gr.1	54019	4665	13445	251163	92144	
SLV - ML max gr.1	53753	14360	4196	79011	275644	
SLV - MT max gr.3	50682	4665	13445	251163	92144	
SLV - ML max gr.3	50416	14360	4196	79011	275644	
SLV - N min	46885	4665	4229	79949	91948	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	80387	1829	2489	61748	44962	9320	4078	257
AI - SLU - MT max gr.1	79692	1829	2744	68499	46380	9452	3830	275
AI - SLU - ML max gr.1	77761	1989	1114	26670	55207	8606	4354	190
AI - SLU - N max gr.3	80387	2922	2179	53513	72242	9895	3503	304
AI - SLU - MT max gr.3	79692	2922	2307	56851	73660	9950	3332	310
AI - SLU - ML max gr.3	77761	3082	925	21693	82486	9253	3707	268
AI - SLU - Vento ponte scarico	72729	462	1968	47146	12435	7454	4668	168
AI - SLU Gmin - N max gr.1	36698	1829	2489	61748	43565	5640	476	257
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	36003	1829	2744	68499	44983	5772	229	275
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	34072	1989	1114	26670	53810	4927	752	190
AI - SLU Gmin - N max gr.3	36698	2922	2179	53513	70844	6215	-99	304
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	36003	2922	2307	56851	72262	6271	-270	310
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	34072	3082	925	21693	81089	5574	105	268
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29040	342	1849	44519	8411	3643	1197	157
						9950	-270	310

Tabella 5 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	58008	4665	4229	79949	91948	9165	503	525
SLV - MT max gr.1	54019	4665	13445	251163	92144	12643	-3639	1186
SLV - ML max gr.1	53753	14360	4196	79011	275644	13892	-4933	1247
SLV - MT max gr.3	50682	4665	13445	251163	92144	12364	-3917	1186
SLV - ML max gr.3	50416	14360	4196	79011	275644	13614	-5211	1247
SLV - N min	46885	4665	4229	79949	91948	8238	-424	525
						13892	-5211	1247

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	58008	3826	3449	60961	71607	8178	1490	429
SLV - MT max gr.1	54019	3826	10844	188028	71802	10674	-1671	958
SLV - ML max gr.1	53753	11564	3415	60085	207839	11588	-2629	1005
SLV - MT max gr.3	50682	3826	10844	188028	71802	10396	-1949	958
SLV - ML max gr.3	50416	11564	3415	60085	207839	11310	-2907	1005
SLV - N min	46885	3826	3449	60961	71607	7251	563	429
						11588	-2907	1005

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 _x kN	T _y kN	M _x kNm	M _y kNm	N _{max/palo} kN	N _{min/palo} kN	T _{/palo} kN
SLE rara - N max gr.1	56671	1285	1714	42452	31564	7607	2982	179
SLE rara - MT max gr.1	56192	1285	1890	47108	32542	7791	2843	190
SLE rara - ML max gr.1	54860	1392	792	18911	38550	6764	2889	133
SLE rara - N max gr.3	56671	2038	1500	36773	50351	8073	2362	211
SLE rara - MT max gr.3	56192	2038	1588	39075	51329	8163	2255	215
SLE rara - ML max gr.3	54860	2145	662	15478	57337	7321	2240	187
SLE rara - Vento ponte scarico	51390	342	1346	32181	9131	5921	3511	116
						8163	2240	215

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 _{max}	A2 - SLU - N max gr.1	28430	1520	2095	45847	32827
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	26167	2601	742	15247	61917
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	27832	1520	2315	51007	34049
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	27832	1520	2315	51007	34049
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	26167	2601	742	15247	61917
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	35750	1829	2489	54280	39476
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	33124	3082	925	18917	73239
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	35055	1829	2744	60266	40895
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	35055	1829	2744	60266	40895
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	33124	3082	925	18917	73239
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	25490	1285	1714	37310	27710
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	23679	2145	662	13493	50903
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	25011	1285	1890	41437	28688
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	25011	1285	1890	41437	28688
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	23679	2145	662	13493	50903
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	24434	1096	836	17873	23789
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	24434	1699	665	13843	37012
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	24051	1096	977	21175	24571
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	24051	1096	977	21175	24571
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	22985	1699	598	12090	40760
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	20209	342	342	6479	8106
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	23225	2623	2260	47857	56986
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21491	7552	2227	47020	162673
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	2623	6882	146143	57181
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	2623	6882	146143	57181
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	20315	7552	2227	47020	162673
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	23225	2840	2462	52095	61607
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21491	8277	2429	51319	178077
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	2840	7556	160428	61803
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	2840	7556	160428	61803
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	20315	8277	2429	51319	178077
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	23225	3679	3243	68741	79432
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21491	11073	3209	67904	237494
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	3679	10158	215758	79628
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	21757	3679	10158	215758	79628
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	20315	11073	3209	67904	237494

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	A2 - SLU - N max gr.1	64697	1520	2095	52132	37388
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	62433	2601	742	17472	69720
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	64098	1520	2315	57952	38610
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	64098	1520	2315	57952	38610
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	62433	2601	742	17472	69720
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	80387	1829	2489	61748	44962
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	77761	3082	925	21693	82486
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	79692	1829	2744	68499	46380
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	79692	1829	2744	68499	46380
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	77761	3082	925	21693	82486
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	56671	1285	1714	42452	31564
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	54860	2145	662	15478	57337
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	56192	1285	1890	47108	32542
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	56192	1285	1890	47108	32542
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	54860	2145	662	15478	57337
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	55615	1096	836	20382	27077
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	55615	1699	665	15838	42107
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	55232	1096	977	24106	27860
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	55232	1096	977	24106	27860
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	54166	1699	598	13883	45856
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	51390	342	342	7504	9131
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	58008	3609	3246	56117	66333
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	53753	10839	3213	55179	190260
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	3609	10169	171720	66529
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	3609	10169	171720	66529
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	50416	10839	3213	55179	190260
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	58008	3826	3449	60961	71607
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	53753	11564	3415	60085	207839
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	3826	10844	188028	71802
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	3826	10844	188028	71802
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	50416	11564	3415	60085	207839
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	58008	4665	4229	79949	91948
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	53753	14360	4196	79011	275644
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	4665	13445	251163	92144
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	54019	4665	13445	251163	92144
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	50416	14360	4196	79011	275644

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	39 di 52

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	21.3	21.3	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	11073	10158	kN
Momento agente (q=1)	M	237494	215758	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	7552	6882	kN
Momento agente (con q)	MEd	162673	146143	kN*m
Momento Resistente	MRd	188712	183204	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.16	1.25	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	11073	10158	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	8761	8627	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	8761	8627	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.05	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.05	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	8761	8627	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.00	1.05	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40		
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa	
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa	
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020		
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm ²	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa	
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²	
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		

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	40 di 52

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

337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 225.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della 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	215.0	120	30
2	0.0	0.0	205.0	120	30
3	0.0	0.0	195.0	120	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 2.4 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	35750.00	39476.00	54280.00	0.00	0.00
2	33124.00	73239.00	18917.00	0.00	0.00
3	35055.00	40895.00	60266.00	0.00	0.00
4	35055.00	40895.00	60266.00	0.00	0.00
5	33124.00	73239.00	18917.00	0.00	0.00
6	23225.00	56986.00	47857.00	0.00	0.00
7	21491.00	162673.00	47020.00	8761.00	0.00
8	21757.00	57181.00	146143.00	0.00	8627.00
9	21757.00	57181.00	146143.00	0.00	0.00
10	20315.00	162673.00	47020.00	0.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	41 di 52

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	25490.00	37310.00	27710.00
2	23679.00	13493.00	50903.00
3	25011.00	41437.00	28688.00
4	25011.00	41437.00	28688.00
5	23679.00	13493.00	50903.00

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	24434.00	17873.00 (48674.71)	23789.00 (64786.14)
2	24434.00	13843.00 (22372.25)	37012.00 (59816.63)
3	24051.00	21175.00 (47846.49)	24571.00 (55520.01)
4	24051.00	21175.00 (47846.49)	24571.00 (55520.01)
5	22985.00	12090.00 (16797.37)	40760.00 (56630.33)

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	20209.00	6479.00 (0.00)	8106.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)



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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	42 di 52

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 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	35750.00	39476.00	54280.00	35749.90	123801.43	170224.93	3.142544.7(477.1)	
2	S	33124.00	73239.00	18917.00	33124.05	201418.54	52036.68	2.752544.7(477.1)	
3	S	35055.00	40895.00	60266.00	35054.82	117819.03	173628.23	2.882544.7(477.1)	
4	S	35055.00	40895.00	60266.00	35054.82	117819.03	173628.23	2.882544.7(477.1)	
5	S	33124.00	73239.00	18917.00	33124.05	201418.54	52036.68	2.752544.7(477.1)	
6	S	23225.00	56986.00	47857.00	23224.77	151807.30	127499.54	2.662544.7(477.1)	
7	S	21491.00	162673.00	47020.00	21491.28	188712.62	54539.03	1.162544.7(477.1)	
8	S	21757.00	57181.00	146143.00	21756.76	71670.46	183204.79	1.252544.7(477.1)	
9	S	21757.00	57181.00	146143.00	21756.76	71670.46	183204.79	1.252544.7(477.1)	
10	S	20315.00	162673.00	47020.00	20315.12	187524.17	54190.90	1.152544.7(477.1)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	182.0	140.5	0.00326	173.9	126.4	-0.00714	-173.9	-126.4
2	0.00350	56.3	78.8	0.00325	55.6	207.7	-0.00735	-55.6	-207.7
3	0.00350	186.2	146.9	0.00326	180.3	117.1	-0.00720	-180.3	-117.1
4	0.00350	186.2	146.9	0.00326	180.3	117.1	-0.00720	-180.3	-117.1
5	0.00350	56.3	64.0	0.00325	55.6	207.7	-0.00735	-55.6	-207.7
6	0.00350	144.7	172.3	0.00323	135.3	167.1	-0.00822	-135.3	-167.1
7	0.00350	62.5	216.2	0.00323	55.6	207.7	-0.00839	-55.6	-207.7
8	0.00350	209.5	82.0	0.00323	200.7	77.0	-0.00836	-200.7	-77.0
9	0.00350	209.5	82.0	0.00323	200.7	77.0	-0.00836	-200.7	-77.0
10	0.00350	62.5	216.2	0.00323	55.6	207.7	-0.00851	-55.6	-207.7

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	0.000019564	0.000014228	-0.001942830	----	----
2	0.000006169	0.000023884	-0.002050263	----	----
3	0.000020123	0.000013655	-0.001971645	----	----
4	0.000020123	0.000013655	-0.001971645	----	----
5	0.000006169	0.000023884	-0.002050263	----	----
6	0.000017136	0.000020405	-0.002495272	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	43 di 52

7	0.000007505	0.000025963	-0.002580871	----	----
8	0.000025112	0.000009826	-0.002567308	----	----
9	0.000025112	0.000009826	-0.002567308	----	----
10	0.000007578	0.000026217	-0.002640197	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 2.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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	0.00	70470.74	24258.38377.4	331.1	404.4	1.000	1.120	0.0	187.2(0.0)
2	S	0.00	70002.18	24368.29377.9	332.6	403.1	1.000	1.111	0.0	187.2(0.0)
3	S	0.00	70391.65	24284.82377.4	331.4	404.5	1.000	1.117	0.0	187.3(0.0)
4	S	0.00	70391.65	24284.82377.4	331.4	404.5	1.000	1.117	0.0	187.3(0.0)
5	S	0.00	70002.18	24368.29377.9	332.6	403.1	1.000	1.111	0.0	187.2(0.0)
6	S	0.00	68125.00	24792.02379.8	338.4	397.5	1.000	1.078	0.0	187.2(0.0)
7	S	8416.46	67731.48	24876.56380.3	339.5	396.0	1.000	1.072	63.4	187.3(0.0)
8	S	8033.93	67763.88	24864.08380.3	339.4	396.0	1.000	1.073	60.5	187.2(0.0)
9	S	0.00	67763.88	24864.08380.3	339.4	396.0	1.000	1.073	0.0	187.2(0.0)
10	S	0.00	67402.47	24943.49380.8	340.4	394.5	1.000	1.068	0.0	187.3(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	5.82	134.2	0.0	-64.4	-126.4	-173.9	12956	544.3
2	S	6.56	217.5	0.0	-88.7	-207.7	-55.6	14190	586.7
3	S	6.29	128.1	0.0	-77.5	-126.4	-173.9	13626	565.5
4	S	6.29	128.1	0.0	-77.5	-126.4	-173.9	13626	565.5
5	S	6.56	217.5	0.0	-88.7	-207.7	-55.6	14190	586.7

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	44 di 52

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

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00034	0	0.500	30.0	85	0.00019 (0.00019)	410	0.079 (0.20)	47783.01	35488.27
2	S	-0.00046	0	0.500	30.0	85	0.00027 (0.00027)	412	0.110 (0.20)	13911.98	52483.63
3	S	-0.00041	0	0.500	30.0	85	0.00023 (0.00023)	412	0.096 (0.20)	46569.34	32241.26
4	S	-0.00041	0	0.500	30.0	85	0.00023 (0.00023)	412	0.096 (0.20)	46569.34	32241.26
5	S	-0.00046	0	0.500	30.0	85	0.00027 (0.00027)	412	0.110 (0.20)	13911.98	52483.63

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	3.84	179.9	0.0	-22.7	-173.9	-126.4	8231	395.8
2	S	4.97	210.7	0.0	-47.4	-200.7	-77.0	11986	516.0
3	S	4.14	170.4	0.0	-29.7	-159.8	-143.9	9905	452.4
4	S	4.14	170.4	0.0	-29.7	-159.8	-143.9	9905	452.4
5	S	5.32	215.7	0.0	-59.8	-204.5	-66.4	13070	551.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	395	0.027 (0.20)	48674.71	64786.14
2	S	-0.00025	0	0.500	30.0	85	0.00014 (0.00014)	407	0.058 (0.20)	22372.25	59816.63
3	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85	0.00009 (0.00009)	401	0.036 (0.20)	47846.49	55520.01
4	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85	0.00009 (0.00009)	401	0.036 (0.20)	47846.49	55520.01
5	S	-0.00032	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	410	0.074 (0.20)	16797.37	56630.33

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	1.85	175.8	0.0	3.5	-167.1	-135.3	----	----

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

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

4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 9950 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 11588 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1005 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

Il plinto fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo esterno della pila, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a $0.2 d_p$ (con d_p altezza utile della sezione del plinto).

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

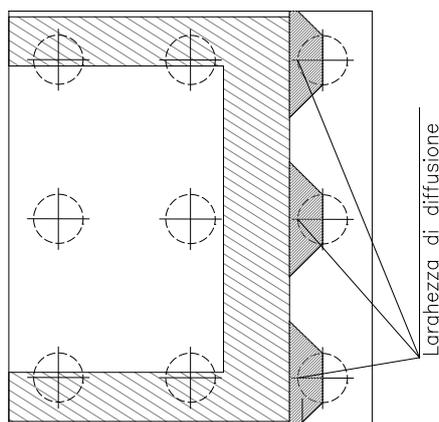
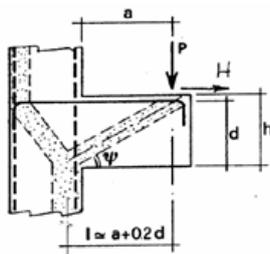


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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 PUNTOE secondo Circ 617-09/ C4.1.2.1.5

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOE.



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

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

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

P_r : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	47 di 52

Dati di progetto

$b(m) =$	5.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	11588.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	1005.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	5.80	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	6.38	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	2.44		$\lambda = ctg\psi \leq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$ 1.00

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	26.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 1 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	28139.22	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	28139.22
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	23976.61
Registro tipo	R3						
$n^{\circ} R3 =$	1	$\phi 3(mm) =$	24.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	23976.61

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=35.0m$

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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 13892 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -5211 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

$$N = -5211 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

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

La lunghezza del palo è pari a $L = 35.00m$

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 ²
	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO



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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	49 di 52

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	40	26
2	0.0	0.0	59.0	40	26

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	13892.00	4165.00	0.00	1247.00	0.00
2	-5211.00	4154.00	0.00	1247.00	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	8163.00	719.00	0.00
2	2240.00	719.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	50 di 52

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	6905.00	841.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	2629.00	841.00 (3555.46)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	13892.00	4165.00	0.00	13892.13	9409.59	0.00	2.26	424.7(53.0)
2	S	-5211.00	4154.00	0.00	-5211.29	6292.42	0.00	1.51	424.7(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	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	0.00310	0.0	65.0	-0.00215	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00244	0.0	65.0	-0.01129	0.0	-65.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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



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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	51 di 52

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000040371	0.000472185	----	----
2	0.000000000	0.000105661	-0.004424595	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1247.00	3241.53	3391.86117.5	88.6	134.8	2.500	1.112	14.4	39.2(0.0)
2	S	1247.00	3364.72	4333.67123.1	113.1	121.8	2.500	1.000	11.3	39.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.85	0.0	0.0	32.0	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.44	0.0	0.0	-6.4	0.0	-65.0	346	5.3

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 2/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 002	A	52 di 52

Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	584	0.011 (0.20)	3533.81	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	4.57	0.0	0.0	21.0	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.86	0.0	0.0	-7.4	0.0	-65.0	328	5.3

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	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	569	0.013 (0.20)	3555.46	0.00