

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA

VI17 (ex VI09) - Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI1705 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasciano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vittozzi	Novembre 2019
				<i>[Signature]</i>		<i>[Signature]</i>			

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

File: RS3E50D09CLV11705001A.docx

n. Ediz.: 1637


INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3	MATERIALI	9
3.1	VERIFICA S.L.E.	10
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	10
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	11
4	ANALISI E VERIFICHE PILA	12
4.1	GENERALITÀ	12
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE	12
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	12
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	16
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA	17
4.6	ANALISI DEI CARICHI	18
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	18
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	18
4.6.3	<i>Azione del Vento</i>	20
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	23
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i>	24
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	24
4.6.7	<i>Azione sismica</i>	26
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	31
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i>	31

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	3 di 55

4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	<i>Plinto di fondazione.....</i>	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE	35
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i>	39
4.9.2	<i>Zattera di fondazione.....</i>	48
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=28.0m</i>	51

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI17 (ex VI09) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 17 05 001	REV. A

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 **VI17** 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** 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 VI17 attraversa un corso d'acqua maggiore con un'altezza del p.f. rispetto al terreno di circa 9m.

Il viadotto è previsto a singolo binario dal km 10+369.40 (asse giunto spalla A) al km 10+434.950 per uno sviluppo complessivo di 65.34m ed è costituito da 2 campate isostatiche di luce rispettivamente 25m e 40m.

La campate da 25 m è realizzate in c.a.p., mentre la campata di scavalco del corso d'acqua di luce 40m è prevista in sezione mista acciaio-clc.

L'adozione di una campata da 40,00m) per lo scavalco del corso d'acqua è stata dettata da motivazioni di carattere idraulico legate in primo luogo al rispetto di quanto prescritto dal *DM 14 Gennaio 2008* in termini di compatibilità idraulica, nonché dall'esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

La pila, in c.a., presenta un fusto a sezione rettangolare cava costante su tutta l'altezza di dimensioni esterne pari a 3,40mx8,60m con raccordi circolari.

La fondazione della pila è costituita da un plinto fondato su **9** pali di diametro 1.50 m sono distanziati di un interasse di almeno **4.5** m. Si è assunta una distanza dal bordo degli stessi di 1.25 m.

Il plinto presenta uno spessore di **3.0** metri e una pianta rettangolare di **12.0x12.0m**.

Nella parte sommitale della pila sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo lo schema di figura seguente:

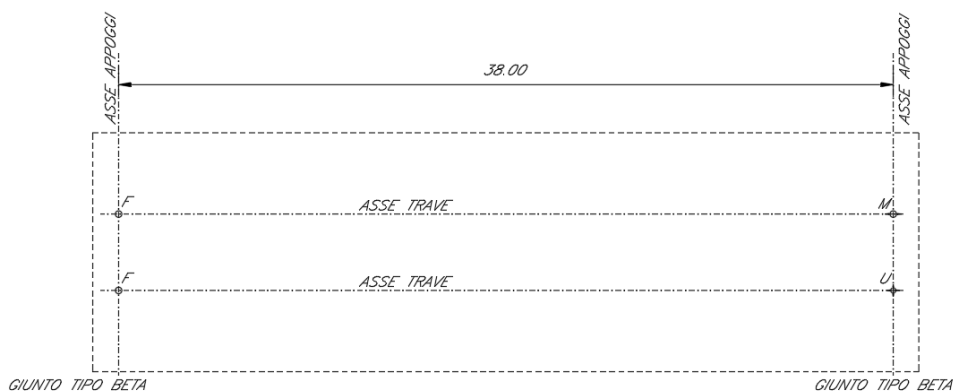
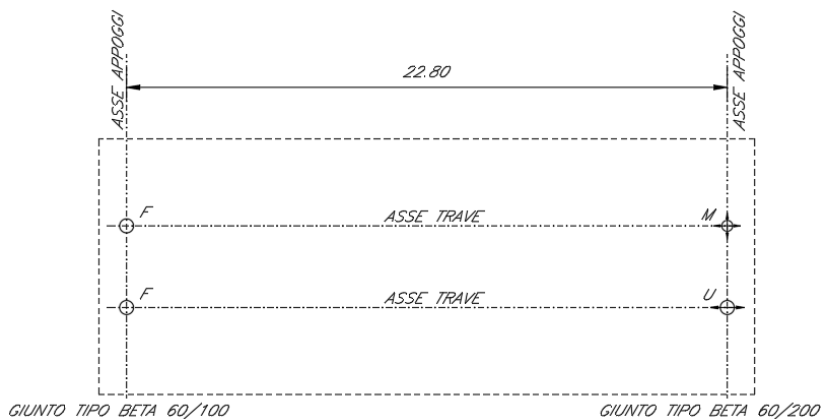
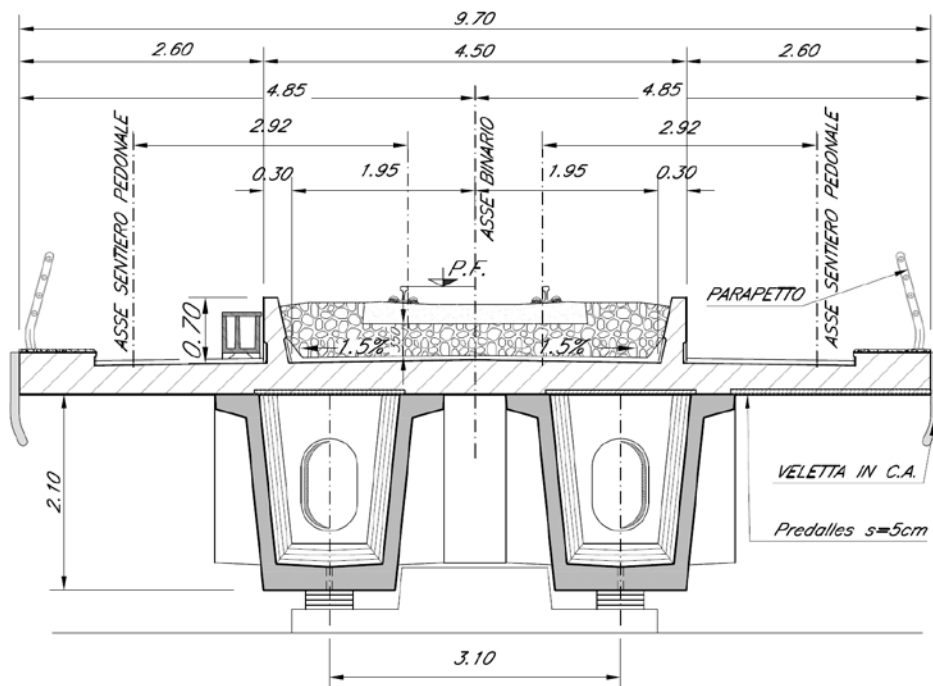


Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx



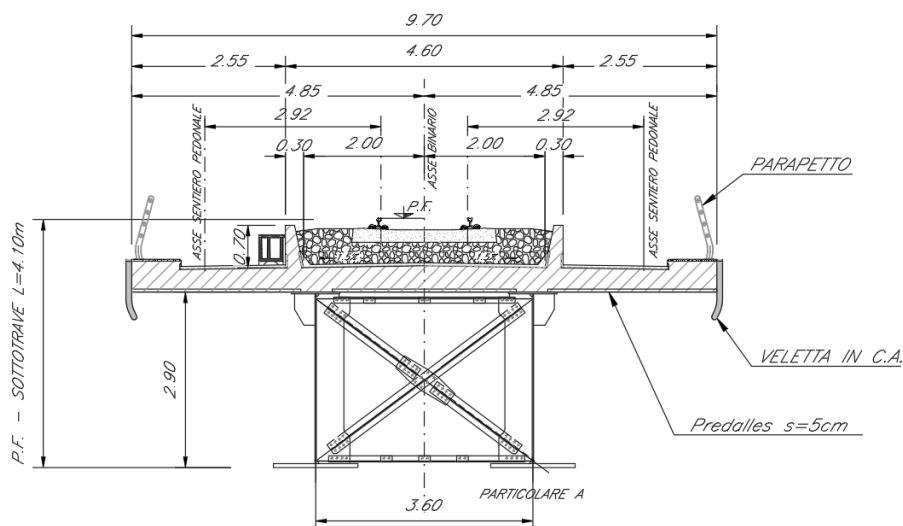
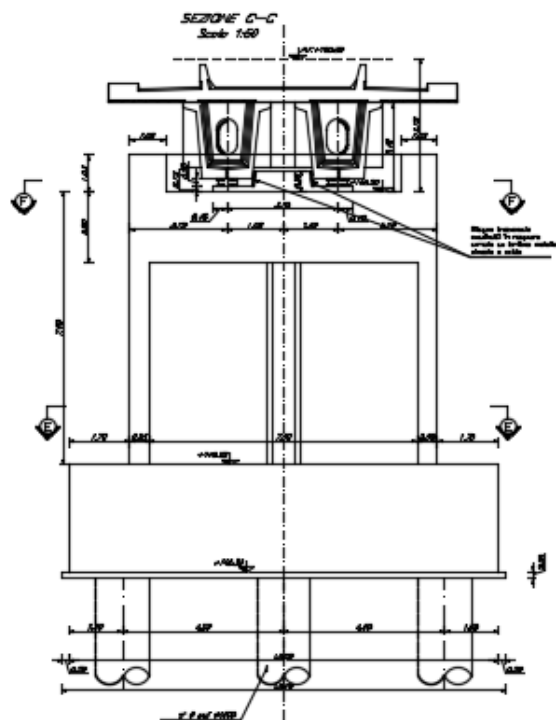
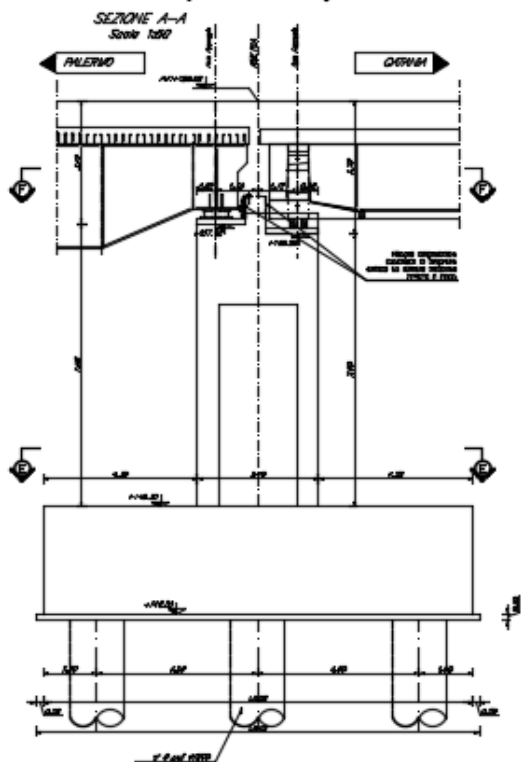
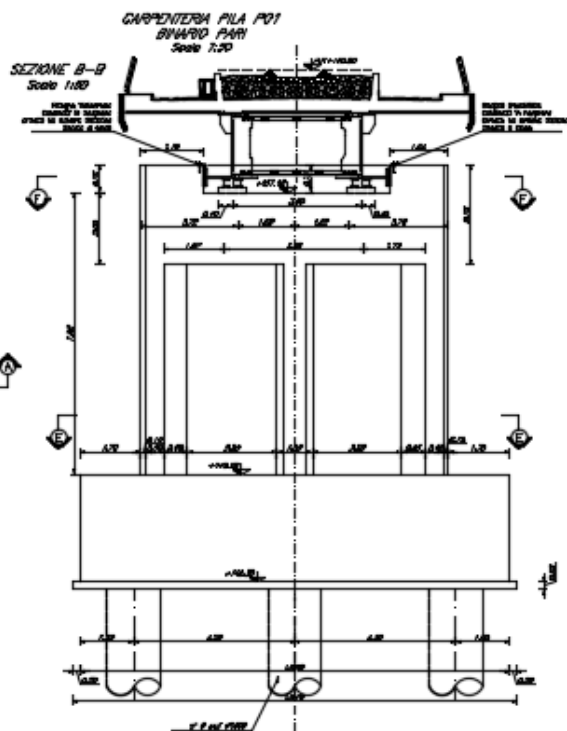
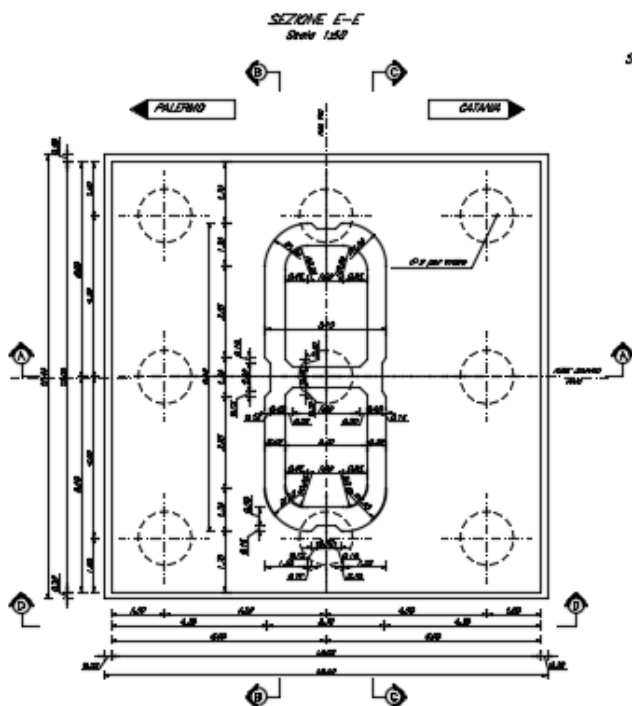



Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni del Viadotto – VI17, sono previste su pali in c.a. di grande diametro $\Phi 1500$ sia per le pile che per le spalle.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI17 (ex VI09) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 17 05 001	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 - RS3E50D09RBVI1703001A*

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 ELETTRISALDATE

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.

3.1 Verifica S.L.E.

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

3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

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

CALCESTRUZZO

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

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

ACCIAIO

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

3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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


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

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

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

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI17 (ex VI09) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 17 05 001	REV. A

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione rettangolare cava di dimensioni **3.4x8.6m**, una altezza complessiva di **7.9m**.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione **3.4x8.6m** ed altezza **2.0m**.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro **150cm** collegate in testa da una platea di spessore **300cm**.

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	EQU ⁽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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	15 di 55

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole 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	0,00	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	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MImax 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. MImax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. MImax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MImax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Vento Ponte Scarico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	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	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90
Vento y	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	0,90	0,90

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 17 05 001 A 16 di 55

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	0.40	0.00	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	0.80	0.00	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	0.80	0.00	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	0.80	0.00	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	0.40	0.00	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	0.80	0.00	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	0.80	0.00	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	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.90	0.90	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.45	1.45	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale
0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

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

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

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

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

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_{ap}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	9.35	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.60	m
Area Sezione		27.68	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	5.90	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	8.60	m
Area Sezione		12.70	m ²
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.10	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.10	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	<input type="text" value="▼"/>	$K_0 = 0.426$	<input type="text" value="▼"/>
Sisma			
S_s		1.548	
a_g		0.163	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.252	

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	25	m
Peso Proprio	G ₁	162	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	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	40	m
Peso Proprio	G1	131	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	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

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 17 05 001 A 19 di 55

sx								
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	
2	0.470	-1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	
dx								
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	
2	0.470	-1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	
dx ML max								
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	
2	0.470	-1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

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	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0		0			3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			70			70	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0		0			3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			97			97	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0		0			3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							4.80
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			135			135	3.15
Vento Ponte Carico			151			151	3.50
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
Sisma longitudinale							2.30
Sisma trasversale			828			828	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00
Sisma longitudinale		0			0		2.30
Sisma trasversale			914			914	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00
Sisma longitudinale		0			0		2.30
Sisma trasversale			1242			1242	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1114			988			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578		578			3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			84			84	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		500		500			3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			128			128	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1569			1391			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578		578			3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			84			84	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			216			216	3.15
Vento Ponte Carico			241			241	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		47	47		42	42	0.00
Sisma longitudinale			2294			2294	2.30
Sisma trasversale			828			828	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00
Sisma longitudinale		2530			2530		2.30
Sisma trasversale			914			914	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00
Sisma longitudinale		3440			3440		2.30
Sisma trasversale			1242			1242	2.30
Sisma verticale	552			552			0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	20 di 55

4.6.3 Azione del Vento

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	220	220	m
Zona	Z	IV	IV	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	500	500	m
Parametri	ka	0.02	0.02	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} + k_a \cdot (a_s - a_0)$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	α_R	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	$q_b = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2$	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	2	2	

Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	15.3	15.3	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.63	2.63	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	3.3	4	m
Altezza treno o parapetto	h2	4	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7.3	8	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.33	1.21	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.10	2.14	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	21 di 55

Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.63	2.63	
Coefficiente di forza	cfx	2.10	2.14	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	7.3	8	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	21.6	24.1	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.96	3.01	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	21.6	24.1	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	21.6	21.6	kN/m
Luce impalcato	L	25	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	270	432	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	24.1	24.1	kN/m
Luce impalcato	L	25	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	301	481	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	22 di 55

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	7.90	7.9	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.20	2.20	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.00	5.90	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.6	8.6	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.20	2.20	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.63	0.63	
Pressione di riferimento	$q=\psi*cfx*ce*qb$	1.64	1.64	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	50.74	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	28	83	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.00	5.90	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.50	1.50	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.5	0.5	
Pressione di riferimento	$q=\psi*cfx*ce*qb$	0.89	0.89	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.8	20.06	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	18	kN

Riepilogo

Vento x

Pulvino	F	28	kN
Pila	F	83	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.90	m
Forza totale	F Tot	111	kN

Vento y

Pulvino	F	6	kN
Pila	F	18	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.90	m
Forza totale	F Tot	24	kN

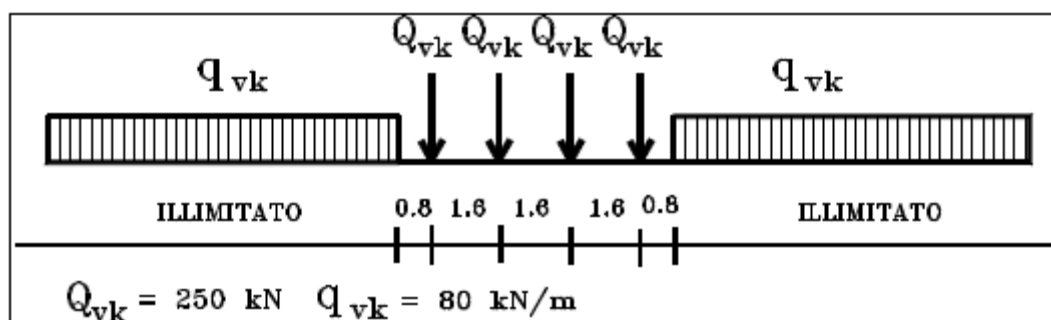
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 LM71

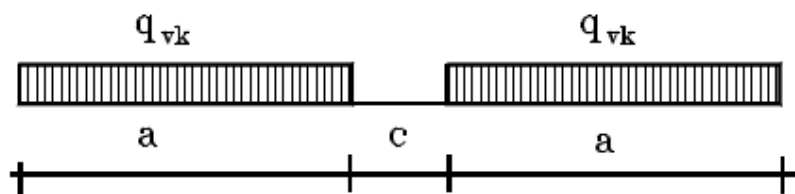
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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			Avviamento		
L	40	m	L	40	m
Lcalc	40	per Treno LM 71	Lcalc	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0		30	per Treno SW/0
	33	per SW/2		33	per SW/2
Qlb,k	880	per Treno LM 71	Qla,k	1452	per Treno LM 71
Qlb,k	0	per Treno SW/0	Qla,k	0	per Treno SW/0
Qlb,k	1155	per SW/2	Qla,k	1089	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	880	kN	Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN	Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1155	kN	Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	25 di 55

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

Forza centrifuga sx										
L	25	m	Lø	22.8	m					
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.202						
raggio planimetrico	1270	m								
f	0.82	Per V>120 km/h								
f	1	Per V<120 km/h								
Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2				
Qvk	1000	kN	qvk	0	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	156	Per V>120 km/h								
	118	Per V<120 km/h								
Qtk scelto	156									
qtk	13	Per V>120 km/h	qtk			qtk				
	9	Per V<120 km/h		0	Per V=100 km/h		11	Per V=100 km/h		
qtk scelto	13									
L calc= L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m		
qtk*Lcalc	233	kN	qtk*Lcalc	0	kN	qtk*Lcalc	279	kN		
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	194	kN	FT= qtk*Lcalc /2	0		FT= qtk*Lcalc /2	140			

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	26 di 55

Forza centrifuga dx											
L	40	m	Lø	38	m						
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.092							
raggio planimetrico	1270	m									
f	0.80	Per V>120 km/h									
f	1	Per V<120 km/h									
Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2					
Qvk	1000	kN	qvk	0	kN/m	qvk	150	kN/m			
α	1	Per V>120 km/h	α	1.1		α	1				
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			qtk					
	9	Per V<120 km/h		0	Per V=100 km/h		10	Per V=100 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	0	kN	qtk*Lcalc	335	kN			
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	256	kN	FT= qtk*Lcalc /2	0		FT= qtk*Lcalc /2	168				

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:


Ricerca per coordinate
LONGITUDINE: 14.64933 LATITUDINE: 37.57484

Ricerca per comune
REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Enna COMUNE: Regabuto

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

Interpolazione:
superficie rigata

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

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

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE: { SLO - $P_{VR} = 81\%$: 68
SLD - $P_{VR} = 63\%$: 113

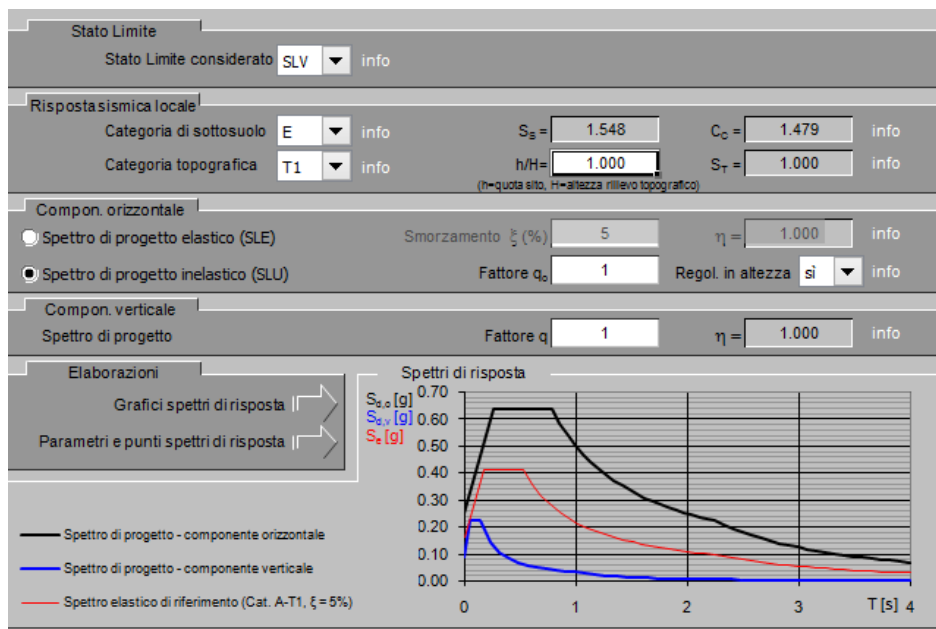
Stati limite ultimi - SLU: { SLV - $P_{VR} = 10\%$: 1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$: 2193

Elaborazioni:
Grafici parametri azione
Grafici spettri di risposta
Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO:
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie
-.-.-□-.-.- Strategia scelta

Dalla relazione geologica risulta una categoria del suolo tra C ed E, a favore di sicurezza nel dimensionamento della spalla si utilizza una categoria del suolo E



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.163 g
F_{c1}	2.524
T_{c1}	0.533 s
S_{c1}	1.548
C_{c1}	1.479
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.548
η	1.000
T_B	0.263 s
T_C	0.788 s
T_D	2.251 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_2 \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0.05 + \xi} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_{c1} \cdot T_{c1} \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

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

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

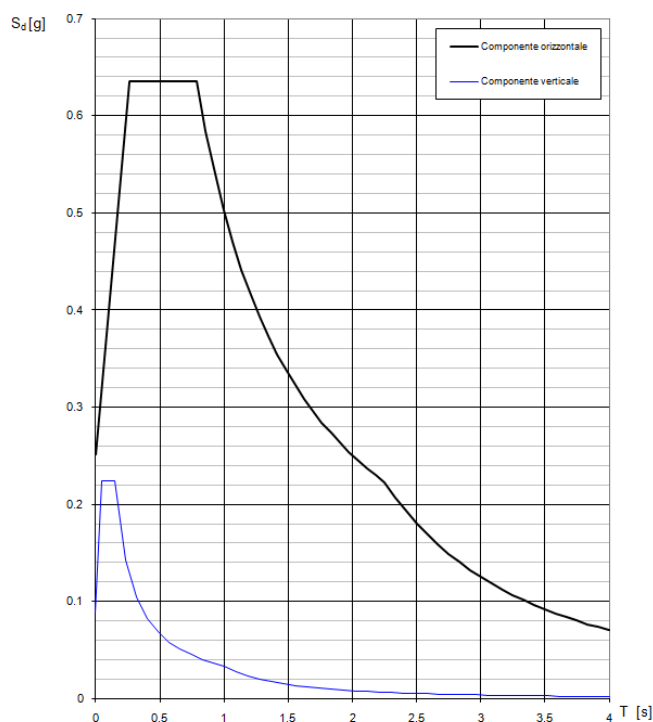
$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.252
0.263	0.636
0.788	0.636
0.858	0.584
0.928	0.540
0.997	0.503
1.067	0.470
1.137	0.441
1.206	0.416
1.276	0.393
1.346	0.373
1.415	0.354
1.485	0.338
1.555	0.323
1.624	0.309
1.694	0.296
1.763	0.284
1.833	0.274
1.903	0.264
1.972	0.254
2.042	0.246
2.112	0.237
2.181	0.230
2.251	0.223
2.334	0.207
2.417	0.193
2.501	0.180
2.584	0.169
2.667	0.159
2.751	0.149
2.834	0.141
2.917	0.133
3.001	0.125
3.084	0.119
3.167	0.113
3.250	0.107
3.334	0.102
3.417	0.097
3.500	0.092
3.584	0.088
3.667	0.084
3.750	0.080
3.833	0.077
3.917	0.074
4.000	0.071

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

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

I Fattori di struttura utilizzati sono:


- $q = 1.5$ per la verifica a presso flessione della pila
- $q = 1.5/1.1$ per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q = 1$ per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo per la verifica a taglio dello 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	10881	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	1628	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	12509	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2176	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	9416	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	1628	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	11044	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1883	kN
Verifica requisito dir. Y		si	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	9416	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	1628	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	11044	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	1883	kN
Verifica requisito dir. Z		si	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	19.0	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	85.3	m ⁴
Area Pila	A _p	12.70	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	1772039107	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	7958167667	N/m
rigidità Pila asse z	K _z	53030582278	N/m
Periodo x	T _x	0.17	s
Periodo y	T _y	0.07	s
Periodo z	T _z	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.55	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.45	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.20	
q=1.5			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.37	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.30	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.20	
q=1.36			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.40	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.33	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.20	
q=1			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.5	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.2	

Condizione Sismica - Taglianti Totali			
q=1.5			
Tagliante direzione x	F x	4587	kN
Tagliante direzione y	F y	3313	kN
Tagliante direzione z	F z	2209	kN
q=1.36			
Tagliante direzione x	F x	5059	kN
Tagliante direzione y	F y	3654	kN
Tagliante direzione z	F z	2209	kN
q=1			
Tagliante direzione x	F x	6880	kN
Tagliante direzione y	F y	4970	kN
Tagliante direzione z	F z	2209	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI17 (ex VI09) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 17 05 001	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	3256			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		111		0.00	0.00	7.90	0	877
Vento su pila dir.y			24	0.00	0.00	7.90	190	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	3256			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	10800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2295			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		111		0.00	0.00	10.90	0	1210
Vento su pila dir.y			24	0.00	0.00	10.90	262	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		2725		0.00	0.00	1.50	0.00	4088
Plinto sisma y			2725	0.00	0.00	1.50	4088	0
Plinto sisma z	1363			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	290			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	18416	1174	1529	17477	14543	
A2 - SLU - MT max gr.1	17784	1077	1706	19751	14448	
A2 - SLU - ML max gr.1	16671	1261	724	7645	19613	
A2 - SLU - N max gr.3	18416	1897	1305	14591	22743	
A2 - SLU - MT max gr.3	17784	1702	1394	15698	21542	
A2 - SLU - ML max gr.3	16671	1983	588	5909	27813	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	12971	256	1200	12882	4656	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	13346	1174	1529	17477	12944	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	12714	1077	1706	19751	12849	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	11601	1261	724	7645	18014	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	13346	1897	1305	14591	21144	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	12714	1702	1394	15698	19943	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	11601	1983	588	5909	26214	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7901	256	1200	12882	3057	
A1 - SLU - N max gr.1	22833	1411	1818	20635	17441	
A1 - SLU - MT max gr.1	22099	1298	2024	23273	17331	
A1 - SLU - ML max gr.1	20809	1511	889	9274	23318	
A1 - SLU - N max gr.3	22833	2250	1559	17287	26966	
A1 - SLU - MT max gr.3	22099	2024	1662	18571	25571	
A1 - SLU - ML max gr.3	20809	2350	731	7261	32843	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	16517	346	1435	15284	5972	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	14218	1411	1818	20635	15275	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	13484	1298	2024	23273	15165	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	12193	1511	889	9274	21152	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	14218	2250	1559	17287	24800	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	13484	2024	1662	18571	23405	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	12193	2350	731	7261	30678	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7901	256	1345	14534	3057	
SLE rara - N max gr.1	16157	991	1255	14183	12196	
SLE rara - MT max gr.1	15651	913	1397	16002	12121	
SLE rara - ML max gr.1	14761	1057	631	6544	16232	
SLE rara - N max gr.3	16157	1569	1076	11874	18757	
SLE rara - MT max gr.3	15651	1413	1147	12760	17796	
SLE rara - ML max gr.3	14761	1635	522	5155	22792	
SLE rara - Vento ponte scarico	11801	256	982	10403	4287	
SLE freq. - N max gr.1	15286	844	668	7230	10615	
SLE freq. - MT max gr.1	14881	781	781	8685	10554	
SLE freq. - ML max gr.1	14169	844	556	5663	13422	
SLE freq. - N max gr.3	15286	1306	525	5383	15863	
SLE freq. - MT max gr.3	14881	1181	581	6091	15094	
SLE freq. - ML max gr.3	14169	1306	469	4552	18670	
SLE freq. - Vento ponte scarico	11801	256	607	6177	4287	
SLE quasi permanente	11801	256	256	2141	4287	
q = 1,5	SLV - N max	14882	1767	1225	12928	20877
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	13234	1736	3572	37990	20607
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	13056	4978	1197	12536	55697
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	11909	1736	3572	37990	20541
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	11731	4978	1197	12536	55631
q = 1,5	SLV - N min	10464	1767	1225	12928	20656
q = 1,36	SLV - N max	14882	1908	1327	13975	22385
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	13234	1877	3914	41592	22116
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	13056	5450	1299	13626	60726
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	11909	1877	3914	41592	22049
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	11731	5450	1299	13626	60660
q = 1,36	SLV - N min	10464	1908	1327	13975	22164
q = 1	SLV - N max	14882	2455	1722	18220	28204
q = 1	SLV - MT max gr.1	13234	2424	5229	55632	27935
q = 1	SLV - ML max gr.1	13056	7271	1694	17828	80123
q = 1	SLV - MT max gr.3	11909	2424	5229	55632	27869
q = 1	SLV - ML max gr.3	11731	7271	1694	17828	80057
q = 1	SLV - N min	10464	2455	1722	18220	27983

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	32200	1174	1529	22064	18066
	A2 - SLU - MT max gr.1	31568	1077	1706	24870	17679
	A2 - SLU - ML max gr.1	30455	1261	724	9818	23396
	A2 - SLU - N max gr.3	32200	1897	1305	18507	28434
	A2 - SLU - MT max gr.3	31568	1702	1394	19880	26648
	A2 - SLU - ML max gr.3	30455	1983	588	7673	33764
	A2 - SLU - Vento ponte scarico	26755	256	1200	16482	5425
	A2 - SLU Gmin - N max gr.1	24146	1174	1529	22064	16467
	A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	23514	1077	1706	24870	16080
	A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	22401	1261	724	9818	21797
	A2 - SLU Gmin - N max gr.3	24146	1897	1305	18507	26835
	A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	23514	1702	1394	19880	25049
	A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	22401	1983	588	7673	32165
	A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	18701	256	1200	16482	3826
	A1 - SLU - N max gr.1	40856	1411	1818	26090	21674
	A1 - SLU - MT max gr.1	40122	1298	2024	29345	21225
	A1 - SLU - ML max gr.1	38832	1511	889	11941	27851
	A1 - SLU - N max gr.3	40856	2250	1559	21963	33717
	A1 - SLU - MT max gr.3	40122	2024	1662	23556	31643
	A1 - SLU - ML max gr.3	38832	2350	731	9454	39894
	A1 - SLU - Vento ponte scarico	34540	346	1435	19589	7010
	A1 - SLU Gmin - N max gr.1	25018	1411	1818	26090	19508
	A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	24284	1298	2024	29345	19059
	A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	22993	1511	889	11941	25685
	A1 - SLU Gmin - N max gr.3	25018	2250	1559	21963	31551
	A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	24284	2024	1662	23556	29477
	A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	22993	2350	731	9454	37728
	A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	18701	256	1345	18570	3826
	SLE rara - N max gr.1	29253	991	1255	17948	15169
	SLE rara - MT max gr.1	28747	913	1397	20193	14859
	SLE rara - ML max gr.1	27857	1057	631	8436	19404
	SLE rara - N max gr.3	29253	1569	1076	15102	23463
	SLE rara - MT max gr.3	28747	1413	1147	16200	22034
	SLE rara - ML max gr.3	27857	1635	522	6721	27698
	SLE rara - Vento ponte scarico	24897	256	982	13350	5056
	SLE freq. - N max gr.1	28381	844	668	9233	13146
	SLE freq. - MT max gr.1	27977	781	781	11029	12898
	SLE freq. - ML max gr.1	27265	844	556	7331	15953
	SLE freq. - N max gr.3	28381	1306	525	6957	19782
	SLE freq. - MT max gr.3	27977	1181	581	7835	18638
	SLE freq. - ML max gr.3	27265	1306	469	5958	22589
	SLE freq. - Vento ponte scarico	24897	256	607	7999	5056
	SLE quasi permanente	24897	256	256	2910	5056
q = 1,5	SLV - N max	29629	2584	2042	17829	27403
	SLV - MT max gr.1	26825	2553	6298	52795	27040
	SLV - ML max gr.1	26647	7703	2014	17353	74718
	SLV - MT max gr.3	24508	2553	6298	52795	26974
	SLV - ML max gr.3	24330	7703	2014	17353	74652
SLV - N min	21907	2584	2042	17829	27182	
q = 1,36	SLV - N max	29629	2726	2145	19183	29337
	SLV - MT max gr.1	26825	2695	6639	57420	28974
	SLV - ML max gr.1	26647	8175	2117	18750	81163
	SLV - MT max gr.3	24508	2695	6639	57420	28907
	SLV - ML max gr.3	24330	8175	2117	18750	81097
SLV - N min	21907	2726	2145	19183	29116	
q = 1	SLV - N max	29629	3272	2539	24612	36795
	SLV - MT max gr.1	26825	3241	7954	75406	36432
	SLV - ML max gr.1	26647	9996	2511	24136	106024
	SLV - MT max gr.3	24508	3241	7954	75406	36366
	SLV - ML max gr.3	24330	9996	2511	24136	105958
SLV - N min	21907	3272	2539	24612	36574	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	35 di 55

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
A1 - SLU - N max gr.1	40856	1411	1818	26090	21674	6309	2771	256
A1 - SLU - MT max gr.1	40122	1298	2024	29345	21225	6331	2585	267
A1 - SLU - ML max gr.1	38832	1511	889	11941	27851	5788	2841	195
A1 - SLU - N max gr.3	40856	2250	1559	21963	33717	6602	2477	304
A1 - SLU - MT max gr.3	40122	2024	1662	23556	31643	6502	2414	291
A1 - SLU - ML max gr.3	38832	2350	731	9454	39894	6142	2487	273
A1 - SLU - Vento ponte scarico	34540	346	1435	19589	7010	4823	2853	164
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	25018	1411	1818	26090	19508	4469	1091	256
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	24284	1298	2024	29345	19059	4491	905	267
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	22993	1511	889	11941	25685	3948	1161	195
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	25018	2250	1559	21963	31551	4762	798	304
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	24284	2024	1662	23556	29477	4662	734	291
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	22993	2350	731	9454	37728	4302	807	273
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	18701	256	1345	18570	3826	2907	1248	152
						6602	734	304

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	29629	3272	2539	24612	36795	5566	1018	460
SLV - MT max gr.1	26825	3241	7954	75406	36432	7123	-1162	954
SLV - ML max gr.1	26647	9996	2511	24136	106024	7782	-1860	1145
SLV - MT max gr.3	24508	3241	7954	75406	36366	6863	-1417	954
SLV - ML max gr.3	24330	9996	2511	24136	105958	7522	-2115	1145
SLV - N min	21907	3272	2539	24612	36574	4700	168	460
						7782	-2115	1145

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	29629	2726	2145	19183	29337	5089	1495	385
SLV - MT max gr.1	26825	2695	6639	57420	28974	6180	-219	796
SLV - ML max gr.1	26647	8175	2117	18750	81163	6661	-740	938
SLV - MT max gr.3	24508	2695	6639	57420	28907	5920	-474	796
SLV - ML max gr.3	24330	8175	2117	18750	81097	6401	-995	938
SLV - N min	21907	2726	2145	19183	29116	4223	645	385
						6661	-995	938

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

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	29253	991	1255	17948	15169	4477	2024	178
SLE rara - MT max gr.1	28747	913	1397	20193	14859	4492	1896	185
SLE rara - ML max gr.1	27857	1057	631	8436	19404	4126	2064	137
SLE rara - N max gr.3	29253	1569	1076	15102	23463	4679	1822	211
SLE rara - MT max gr.3	28747	1413	1147	16200	22034	4610	1778	202
SLE rara - ML max gr.3	27857	1635	522	6721	27698	4370	1820	191
SLE rara - Vento ponte scarico	24897	256	982	13350	5056	3448	2085	113
						4679	1778	211

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	18416	1174	1529	17477	14543
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	16671	1983	588	5909	27813
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	17784	1077	1706	19751	14448
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	17784	1077	1706	19751	14448
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	16671	1983	588	5909	27813
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	22833	1411	1818	20635	17441
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	20809	2350	731	7261	32843
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	22099	1298	2024	23273	17331
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	22099	1298	2024	23273	17331
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	20809	2350	731	7261	32843
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	16157	991	1255	14183	12196
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	14761	1635	522	5155	22792
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	15651	913	1397	16002	12121
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	15651	913	1397	16002	12121
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	14761	1635	522	5155	22792
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	15286	844	668	7230	10615
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	15286	1306	525	5383	15863
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	14881	781	781	8685	10554
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	14881	781	781	8685	10554
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	14169	1306	469	4552	18670
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	11801	256	256	2141	4287
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	14882	1767	1225	12928	20877
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	4978	1197	12536	55697
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	1736	3572	37990	20607
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	1736	3572	37990	20607
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	4978	1197	12536	55697
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	14882	1908	1327	13975	22385
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	5450	1299	13626	60726
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	1877	3914	41592	22116
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	1877	3914	41592	22116
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	5450	1299	13626	60726
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	14882	2455	1722	18220	28204
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	7271	1694	17828	80123
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	2424	5229	55632	27935
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	13234	2424	5229	55632	27935
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	13056	7271	1694	17828	80123

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	38 di 55

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	32200	1174	1529	22064	18066
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	30455	1983	588	7673	33764
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	31568	1077	1706	24870	17679
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	31568	1077	1706	24870	17679
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	30455	1983	588	7673	33764
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	40856	1411	1818	26090	21674
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	38832	2350	731	9454	39894
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	40122	1298	2024	29345	21225
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	40122	1298	2024	29345	21225
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	38832	2350	731	9454	39894
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	29253	991	1255	17948	15169
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	27857	1635	522	6721	27698
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	28747	913	1397	20193	14859
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	28747	913	1397	20193	14859
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	27857	1635	522	6721	27698
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	28381	844	668	9233	13146
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	28381	1306	525	6957	19782
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	27977	781	781	11029	12898
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	27977	781	781	11029	12898
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	27265	1306	469	5958	22589
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	24897	256	256	2910	5056
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	29629	2584	2042	17829	27403
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	7703	2014	17353	74718
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	2553	6298	52795	27040
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	2553	6298	52795	27040
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	7703	2014	17353	74718
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	29629	2726	2145	19183	29337
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	8175	2117	18750	81163
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	2695	6639	57420	28974
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	2695	6639	57420	28974
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	8175	2117	18750	81163
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	29629	3272	2539	24612	36795
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	9996	2511	24136	106024
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	3241	7954	75406	36432
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	26825	3241	7954	75406	36432
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	26647	9996	2511	24136	106024

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	39 di 55

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	14.35	14.35	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovraresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovraresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	7271	5229	kN
Momento agente (q=1)	M	80123	55632	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4978	3572	kN
Momento agente (con q)	MEd	55697	37990	kN*m
Momento Resistente	MRd	142496	231269	kN*m
Rapporto di sovraresistenza	MRd/MEd	2.56	6.09	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	7271	5229	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12735	21748	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	7271	5229	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	7271	5229	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.22	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm 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	
CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI17 (ex VI09) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	40 di 55

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm 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

CALCESTRUZZO -

Classe:	C20/25
Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm 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
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	41 di 55

14	-365.0	-157.0
15	-402.0	-128.0
16	-426.0	-83.0
17	-430.0	-40.0
18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	83.0
22	-402.0	128.0
23	-365.0	157.0
24	-310.0	170.0

DOMINIO N° 2

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

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

DOMINIO N° 3

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

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	160.0	26
2	360.6	147.8	26
3	394.2	121.4	26
4	416.2	80.1	26
5	419.6	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.6	-44.1	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	42 di 55

9	416.2	-80.1	26
10	394.2	-121.4	26
11	360.6	-147.8	26
12	308.8	-160.0	26
13	-308.8	-160.0	26
14	-360.6	-147.8	26
15	-394.2	-121.4	26
16	-416.2	-80.1	26
17	-419.6	-44.1	26
18	-403.0	-29.5	26
19	-403.0	29.5	26
20	-419.6	44.1	26
21	-416.2	80.1	26
22	-394.2	121.4	26
23	-360.6	147.8	26
24	-308.8	160.0	26
25	20.0	125.0	26
26	301.4	125.0	26
27	340.7	113.8	26
28	367.1	82.7	26
29	375.0	51.2	26
30	375.0	-51.2	26
31	367.1	-82.7	26
32	340.7	-113.8	26
33	301.4	-125.0	26
34	20.0	-125.0	26
35	-20.0	-125.0	26
36	-301.4	-125.0	26
37	-340.7	-113.8	26
38	-367.1	-82.7	26
39	-375.0	-51.2	26
40	-375.0	51.2	26
41	-367.1	82.7	26
42	-340.7	113.8	26
43	-301.4	125.0	26
44	-20.0	125.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	43 di 55

11	3	4	3	26
12	4	5	3	26
13	6	7	4	26
14	9	8	3	26
15	9	10	3	26
16	10	11	3	26
17	11	12	3	26
18	13	14	3	26
19	14	15	3	26
20	15	16	3	26
21	16	17	3	26
22	19	18	4	26
23	21	20	3	26
24	21	22	3	26
25	22	23	3	26
26	23	24	3	26
27	26	27	3	26
28	27	28	3	26
29	28	29	3	26
30	29	30	8	26
31	30	31	3	26
32	31	32	3	26
33	32	33	3	26
34	36	37	3	26
35	37	38	3	26
36	38	39	3	26
37	39	40	8	26
38	40	41	3	26
39	41	42	3	26
40	42	43	3	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 4.2 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	22833.03	17440.62	20635.08	0.00	0.00
2	20808.83	32843.44	7261.25	0.00	0.00
3	22099.33	17330.86	23272.92	0.00	0.00
4	22099.33	17330.86	23272.92	0.00	0.00
5	20808.83	32843.44	7261.25	0.00	0.00
6	14881.55	20876.62	12927.58	0.00	0.00
7	13056.05	55697.19	12535.94	0.00	0.00
8	13234.05	20607.10	37989.83	0.00	0.00
9	13234.05	20607.10	37989.83	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	44 di 55

10	13056.05	55697.19	12535.94	0.00	0.00
11	0.00	0.10	0.00	7271.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	5229.00

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	16157.00	12196.00	14183.00
2	14761.00	22792.00	5155.00
3	15651.00	12121.00	16002.00
4	15651.00	12121.00	16002.00
5	14761.00	22792.00	5155.00

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	15286.00	10615.00 (4137924.98)	7230.00 (2818388.84)
2	15286.00	15863.00 (109813.77)	5383.00 (37264.55)
3	14881.00	10554.00 (341226.07)	8685.00 (280798.60)
4	14881.00	10554.00 (341226.07)	8685.00 (280798.60)
5	14169.00	18670.00 (73613.32)	4552.00 (17947.93)

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	11801.00	4287.00 (0.00)	2141.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	45 di 55

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 [cm ²]. [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	22833.03	17440.62	20635.08	22832.96	148603.34	175998.46	8.532325.5(380.9)	
2	S	20808.83	32843.44	7261.25	20809.05	162021.67	36097.81	4.932325.5(380.9)	
3	S	22099.33	17330.86	23272.92	22099.23	144238.14	192822.92	8.302325.5(380.9)	
4	S	22099.33	17330.86	23272.92	22099.23	144238.14	192822.92	8.302325.5(380.9)	
5	S	20808.83	32843.44	7261.25	20809.05	162021.67	36097.81	4.932325.5(380.9)	
6	S	14881.55	20876.62	12927.58	14881.42	150530.95	94202.08	7.232325.5(380.9)	
7	S	13056.05	55697.19	12535.94	13055.80	152406.43	35093.69	2.742325.5(380.9)	
8	S	13234.05	20607.10	37989.83	13233.90	123425.30	228943.32	6.022325.5(380.9)	
9	S	13234.05	20607.10	37989.83	13233.90	123425.30	228943.32	6.022325.5(380.9)	
10	S	13056.05	55697.19	12535.94	13055.80	152406.43	35093.69	2.742325.5(380.9)	
11	S	0.00	0.10	0.00	0.00	136512.52	0.00	999.002325.5(380.9)	
12	S	0.00	0.00	0.00	0.00	136512.52	0.00	999.002325.5(380.9)	

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	310.0	170.0	0.00322	308.8	160.0	-0.00910	-308.8	-160.0
2	0.00350	310.0	170.0	0.00296	308.8	160.0	-0.01544	-308.8	-160.0
3	0.00350	310.0	170.0	0.00323	308.8	160.0	-0.00877	-308.8	-160.0
4	0.00350	310.0	170.0	0.00323	308.8	160.0	-0.00877	-308.8	-160.0
5	0.00350	310.0	170.0	0.00296	308.8	160.0	-0.01544	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00307	308.8	160.0	-0.01292	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00291	308.8	160.0	-0.01693	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00327	360.6	147.8	-0.00859	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00327	360.6	147.8	-0.00859	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00291	308.8	160.0	-0.01693	-308.8	-160.0
11	0.00350	310.0	170.0	0.00267	308.8	160.0	-0.02381	308.8	-160.0
12	0.00350	310.0	170.0	0.00267	308.8	160.0	-0.02381	308.8	-160.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	46 di 55

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000005538	0.000027804	-0.002943527	----	----
2	0.000001685	0.000054244	-0.006243819	----	----
3	0.000006028	0.000025890	-0.002769950	----	----
4	0.000006028	0.000025890	-0.002769950	----	----
5	0.000001685	0.000054244	-0.006243819	----	----
6	0.000003681	0.000042863	-0.004927754	----	----
7	0.000001756	0.000058627	-0.007011007	----	----
8	0.000007583	0.000021610	-0.002660403	----	----
9	0.000007583	0.000021610	-0.002660403	----	----
10	0.000001756	0.000058627	-0.007011007	----	----
11	0.000000000	0.000082748	-0.010567162	----	----
12	0.000000000	0.000082748	-0.010567162	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 4.2 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(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	20035.87	1896.83	139.6 129.6	300.2	1.000	1.096	0.0	37.4(0.0)
2	S	0.00	29269.68	2912.25	209.0 199.0	287.9	1.000	1.087	0.0	37.4(0.0)
3	S	0.00	18713.83	1788.51	132.2 122.2	298.2	1.000	1.093	0.0	37.4(0.0)
4	S	0.00	18713.83	1788.51	132.2 122.2	298.2	1.000	1.093	0.0	37.4(0.0)
5	S	0.00	29269.68	2912.25	209.0 199.0	287.9	1.000	1.087	0.0	37.4(0.0)
6	S	0.00	25664.97	2603.89	187.9 177.9	288.9	1.000	1.062	0.0	37.4(0.0)
7	S	0.00	28254.90	2911.12	208.9 198.9	286.5	1.000	1.055	0.0	37.4(0.0)
8	S	0.00	14394.87	1398.22	105.5 95.5	303.7	1.000	1.055	0.0	37.4(0.0)
9	S	0.00	14394.87	1398.22	105.5 95.5	303.7	1.000	1.055	0.0	37.4(0.0)
10	S	0.00	28254.90	2911.12	208.9 198.9	286.5	1.000	1.055	0.0	37.4(0.0)
11	S	7271.00	19197.80	7365.48	211.3 201.3	294.2	2.500	1.000	36.9	37.4(0.0)
12	S	0.00	27836.81	2946.19	211.3 201.3	294.2	1.000	1.000	0.0	37.4(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)

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	47 di 55

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	1.54	-30.0	115.0	-3.8	-360.6	-147.8	2002	53.1
2	S	1.99	-30.0	115.0	-25.9	-308.8	-160.0	19891	419.4
3	S	1.49	-30.0	115.0	-5.7	-360.6	-147.8	3084	69.0
4	S	1.49	-30.0	115.0	-5.7	-360.6	-147.8	3084	69.0
5	S	1.99	-30.0	115.0	-25.9	-308.8	-160.0	19891	419.4

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	462	0.005 (0.20)	99824.94	116088.64
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	505	0.039 (0.20)	60731.58	13736.02
3	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	493	0.008 (0.20)	74796.03	98744.83
4	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	493	0.008 (0.20)	74796.03	98744.83
5	S	-0.00014	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	505	0.039 (0.20)	60731.58	13736.02

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	1.43	-30.0	115.0	0.6	-308.8	-160.0	0	0.0
2	S	1.68	-30.0	115.0	-4.9	-308.8	-160.0	2743	84.9
3	S	1.39	-30.0	115.0	-0.4	-308.8	-160.0	489	10.6
4	S	1.39	-30.0	115.0	-0.4	-308.8	-160.0	489	10.6
5	S	1.75	-30.0	115.0	-14.1	-308.8	-160.0	11913	276.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	0	0.001 (0.20)	4137924.982818388.84	
2	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	439	0.006 (0.20)	109813.77	37264.55
3	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	499	0.001 (0.20)	341226.07	280798.60
4	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	499	0.001 (0.20)	341226.07	280798.60
5	S	-0.00008	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	487	0.021 (0.20)	73613.32	17947.93

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	48 di 55

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	0.93	-30.0	115.0	5.8	-308.8	-160.0	----	----

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

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

4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 6602 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 6661 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 938 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

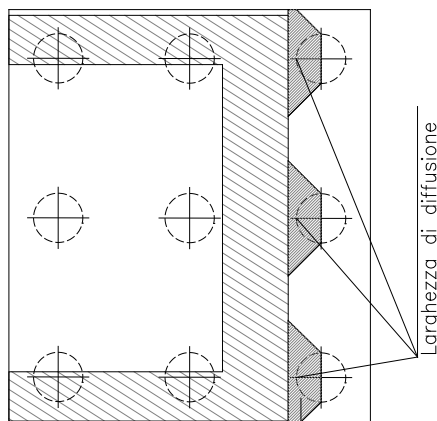
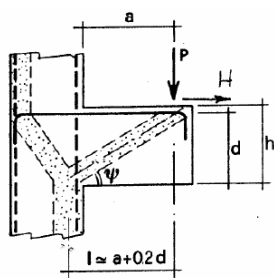


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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 - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

$$P_R = P_{Rs} = \left(A_s f_{yd} - H_{Ed} \right) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d).$$

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	50 di 55

Dati di progetto

$b(m) =$	3.75	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}(KN) =$	7782.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}(KN) =$	1145.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	3.00	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	3.58	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.37		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

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	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A\phi i (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	37.5	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	16964.59	$A\phi\ CAL(mm^2) =$	16964.59
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	$nb\ tot\ 2 =$	37.5	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	16964.59	$A\phi\ CAL(mm^2) =$	16964.59
Registro tipo	R3						
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A\phi i (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	0.00	$A\phi\ CAL(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=28.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.96 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 7782 \text{ kN} \quad T = 1145 \text{ kN} \quad M = 1145 * 2.96 = 3390 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -2115 \text{ kN} \quad T = 1145 \text{ kN} \quad M = 1145 * 2.96 = 3390 \text{ kNm}$$

$$N = -2115 \text{ kN} \quad T = 1145 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1145 * 2.96 = 3390 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

$A_s = 40 \varnothing 26$ staffe $\varnothing 14/15$

La lunghezza del palo è pari a $L = 28.00m$

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
VI17 (ex VI09) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	52 di 55

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	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	7782.00	3390.00	0.00	1145.00	0.00
2	-2115.00	3390.00	0.00	1145.00	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	4679.00	625.00	0.00
2	1778.00	625.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	53 di 55

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	4144.00	462.00 (2348.02)	0.00 (0.00)
2	1972.00	462.00 (7794.98)	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:	7.6 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	7782.00	3390.00	0.00	7782.08	6702.43	0.00	1.98	212.4(53.0)
2	S	-2115.00	3390.00	0.00	-2114.78	3671.27	0.00	1.08	212.4(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	0.00299	0.0	65.0	-0.00369	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00223	0.0	65.0	-0.01427	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
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	54 di 55

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000051379	-0.000353415	----	----
2	0.000000000	0.000126893	-0.006016968	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di 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	1145.00	3983.19	1912.03117.3	95.2	137.1	2.500	1.250	12.3	20.5(0.0)
2	S	1145.00	3273.82	2348.69127.0	117.0	114.6	2.500	1.000	10.0	20.5(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [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	3.73	0.0	0.0	14.4	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.46	0.0	0.0	-9.9	0.0	-65.0	735	26.5

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]
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 17 05 001	A	55 di 55

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	-0.00033	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2432.87	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	418	0.012 (0.20)	2532.23	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.08	0.0	0.0	15.5	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.05	0.0	0.0	-0.2	0.0	-65.0	346	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	-0.00034	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2348.02	0.00
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	584	0.000 (0.20)	7794.98	0.00