

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA

VI12 (ex VI04) - Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile 6/6

SCALA:

-

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

R S 3 E 5 0 D 0 9 C L V I 1 2 0 5 0 0 6 A

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

ITALFER S.p.A.
 Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 N° A.20783

File: RS3E50D09CLV11205006A.docx

n. Ediz.: 1537

INDICE

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

4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	<i>Plinto di fondazione.....</i>	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE	35
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i>	39
4.9.2	<i>Zattera di fondazione.....</i>	48
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=32.0m</i>	51

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI12** della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 45** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

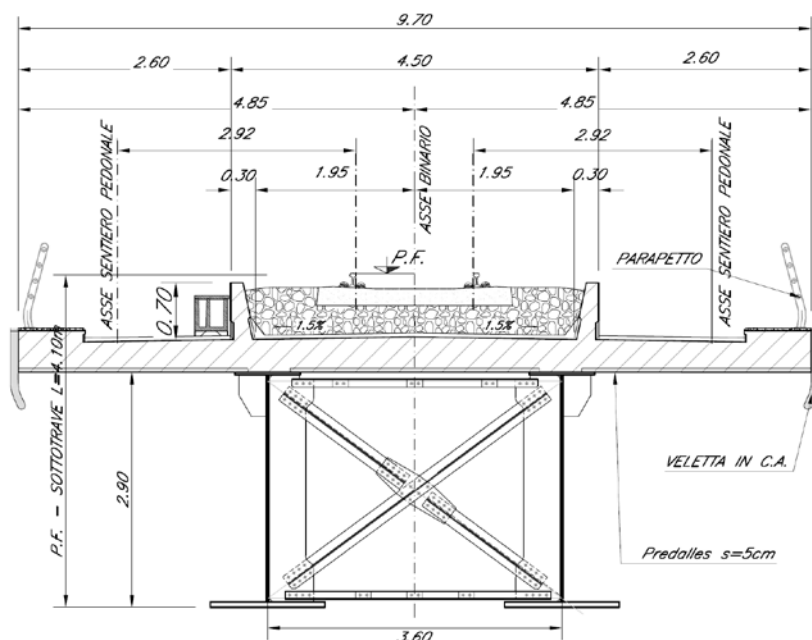
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

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

1.1 Descrizione dell'opera

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

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



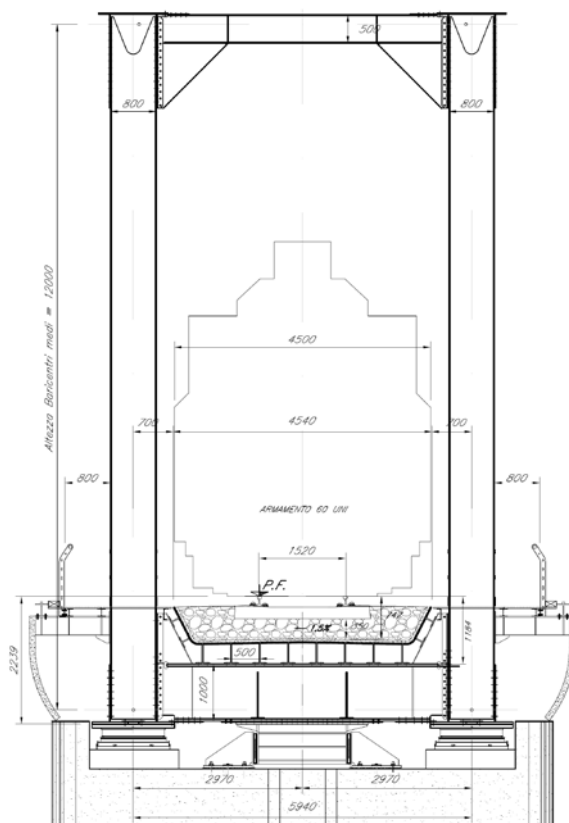


Figura 1 - Sezioni trasversali

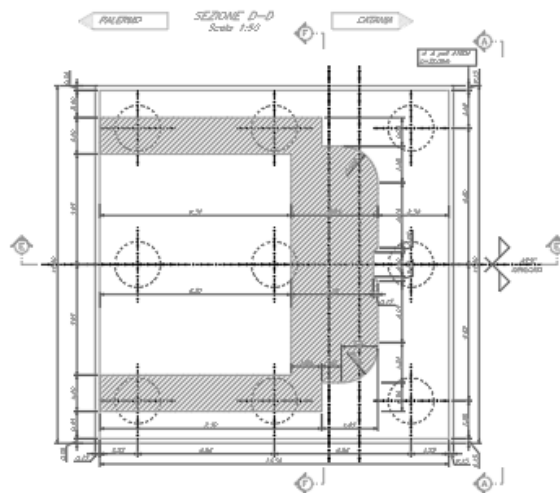
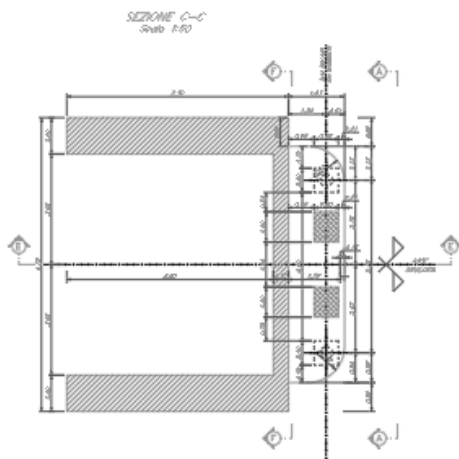
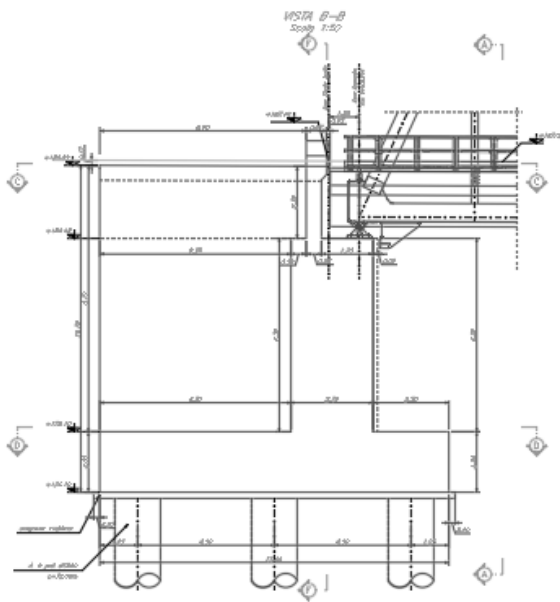
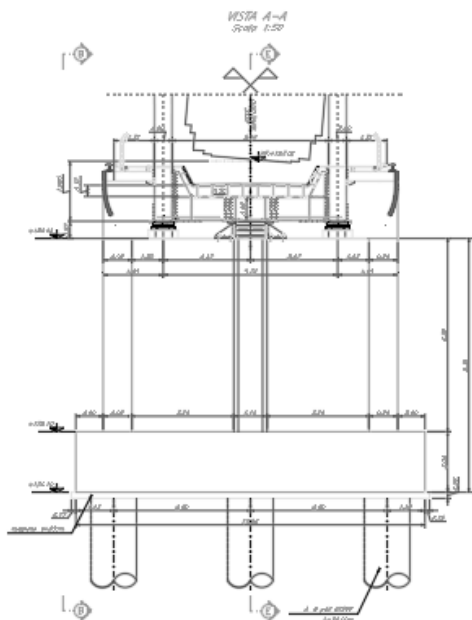
1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione

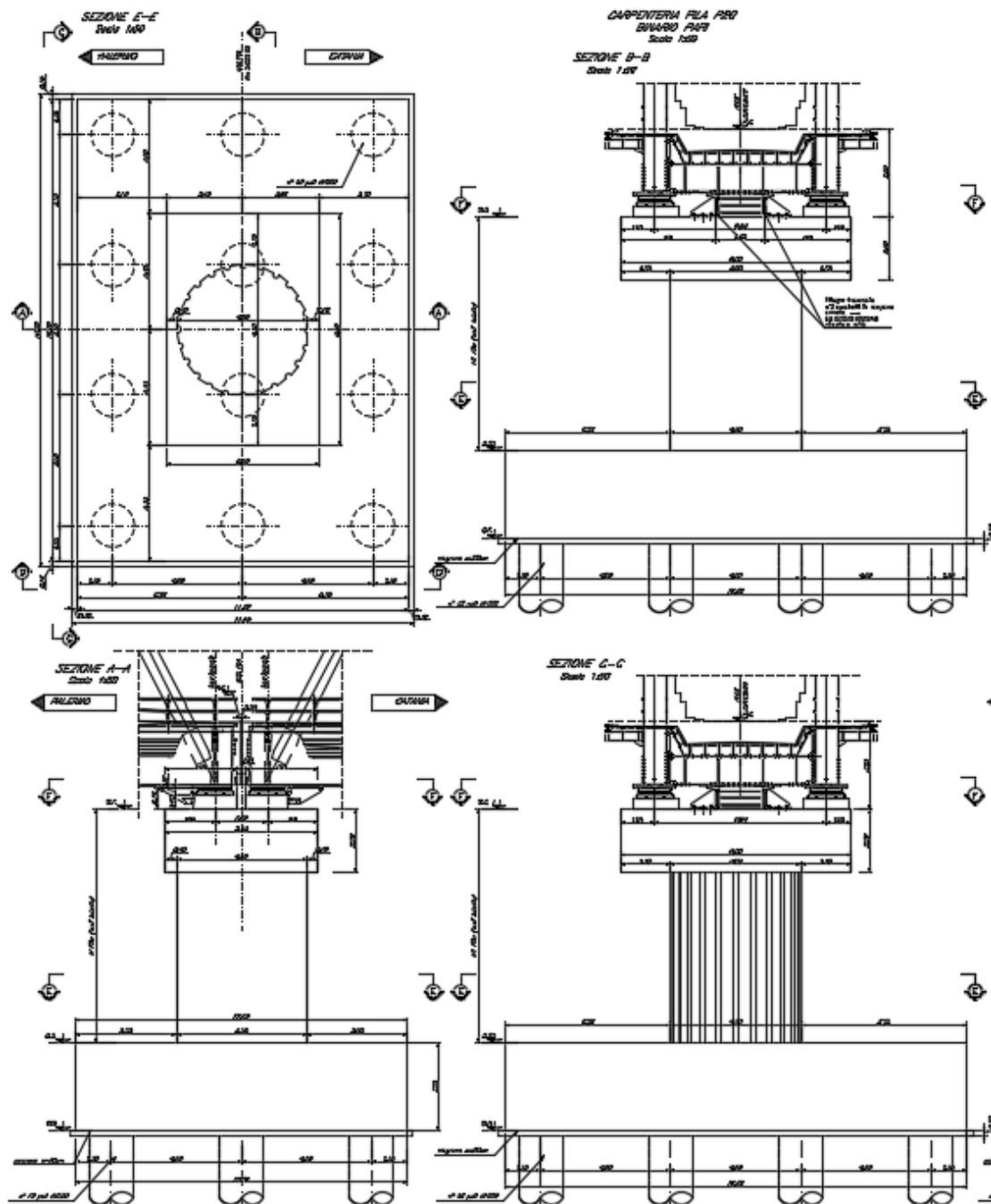
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

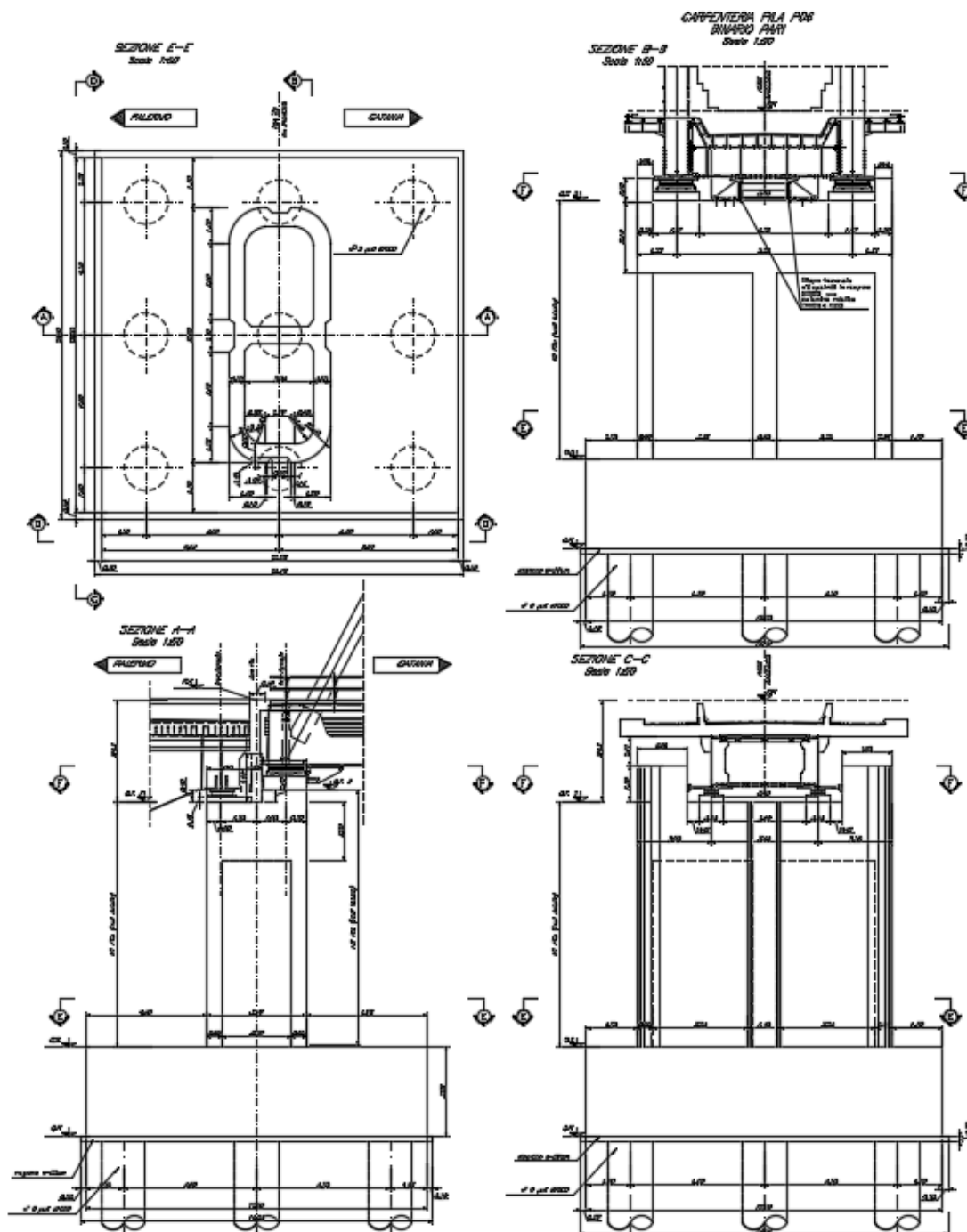
RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	6 di 55

3/0/2009 11:25/7







	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

2.1 Documenti di riferimento

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

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

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

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

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

➤ Calcestruzzo fondazioni armate

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

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

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.50
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO MINIMO = 50mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm


➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

IN BARRE E RETI 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	REV. A

3.1 Verifica S.L.E.

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

3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

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


CALCESTRUZZO

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

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

ACCIAIO

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	REV. A

3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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


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

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

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

– 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 VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	REV. A

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione rettangolare cava di dimensioni 3.4x 8.60m, una altezza complessiva di 11.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.4x8.60m ed altezza 2.00m.

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

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQ ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

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

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

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

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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

4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	53.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{sp}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	14.45	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.60	m
Area Sezione		27.68	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	11.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	8.60	m
Area Sezione		12.70	m ²
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	$K_0 = 0.426$	▼
Sisma			
S_s		1.462	
a_g		0.158	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.231	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

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

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

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	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 impalcati venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	20 di 55

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

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1515			1343			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			84			84	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			128			128	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							4.80
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			181			181	3.15
Vento Ponte Carico			301			301	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		40	40	0.00
q _{1.5}	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1313		1313	2.30
	Sisma verticale	392			392		0.00
q _{1.3,6}	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1448		1448	2.30
	Sisma verticale	392			392		0.00
q ₁	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1970		1970	2.30
	Sisma verticale	392			392		0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1114			988			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			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			181			181	3.15
Vento Ponte Carico			301			301	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		47	47		42	42	0.00
Sisma longitudinale		2597			2597		2.30
Sisma trasversale			1313			1313	2.30
Sisma verticale	392			392			0.00
Sisma longitudinale		2864			2864		2.30
Sisma trasversale			1448			1448	2.30
Sisma verticale	392			392			0.00
Sisma longitudinale		3896			3896		2.30
Sisma trasversale			1970			1970	2.30
Sisma verticale	392			392			0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1)	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	16	16	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.66	2.66	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.66	2.66	
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	17.2	28.6	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.87	3.11	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	17.2	28.6	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	17.2	17.2	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	344	344	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	28.6	28.6	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	572	572	kN/m

Vento su Pila e Pulvino				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	13.00	13	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.52	2.52	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.00	11.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.60	8.60	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.22	2.22	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.95	1.95	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	94.6	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	34	184	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.00	11.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.49	1.49	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.01	1.01	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.8	37.4	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	7	38	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	34	kN	
Pila	F	184	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	13.00	m	
Forza totale	F Tot	218	kN	
Vento y				
Pulvino	F	7	kN	
Pila	F	38	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	13.00	m	
Forza totale	F Tot	44	kN	

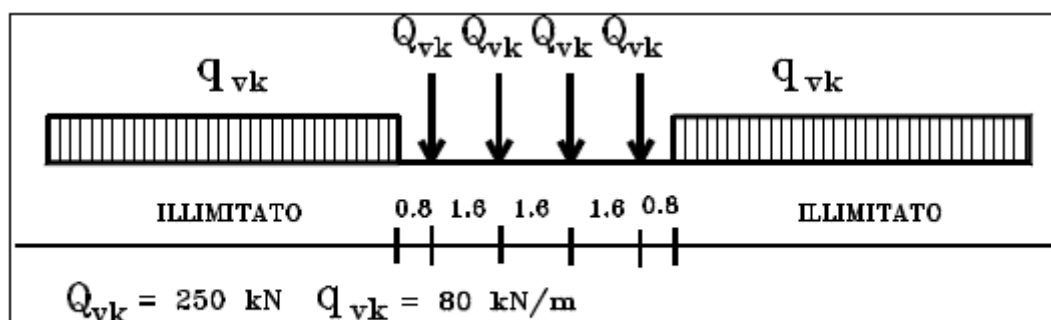
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

➤ Modello di carico LM71

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



Treno di carico LM 71

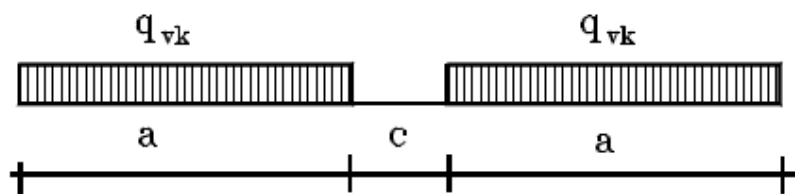
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

➤ Modello di carico SW/2

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



Treno di carico SW

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

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

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

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

4.6.5 Effetti dinamici

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

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

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
Lcalc	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Qlb,k	880	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1155	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	880	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1155	kN

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

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
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	40	m	L ₀	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	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	139	Per V>120 km/h						
	107	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	139		qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
qtk	11	Per V>120 km/h						
	9	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	373	kN	qtk*Lcalc	297	kN	qtk*Lcalc	335	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	256	kN	FT= qtk*Lcalc /2	149		FT= qtk*Lcalc /2	168	

Forza centrifuga dx

L	40	m	L ₀	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	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	139	Per V>120 km/h						
	107	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	139		qtk	10	Per V=100 km/h	qtk	10	Per V=100 km/h
qtk	11	Per V>120 km/h						
	9	Per V<120 km/h						
qtk scelto	11							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	373	kN	qtk*Lcalc	297	kN	qtk*Lcalc	335	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	256	kN	FT= qtk*Lcalc /2	149		FT= qtk*Lcalc /2	168	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	REV. A

4.6.7 Azione sismica

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

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione casuale

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

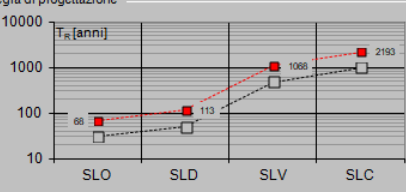
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

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

Elaborazioni

- Grafici parametrizzazione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

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

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

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

Compon. orizzontale

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

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

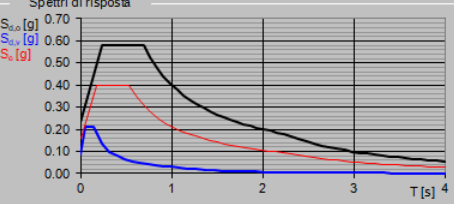
Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

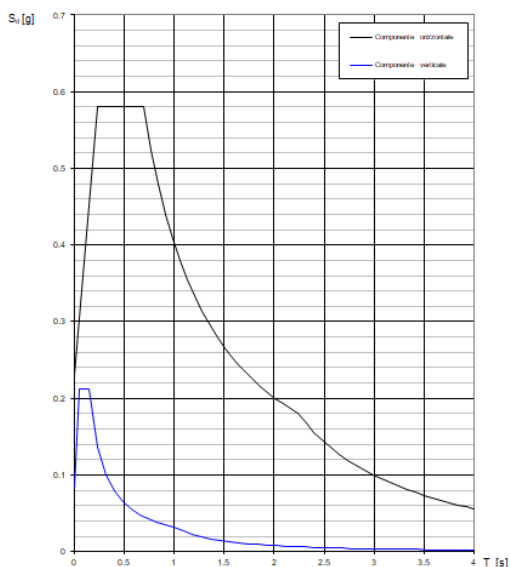
Parametri indipendenti

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

Parametri dipendenti

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

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

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

I Fattori di struttura utilizzati sono:

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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	10881	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2548	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	13428	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2176	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	11032	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	2548	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	13580	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	2206	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	11032	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	2548	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	13580	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2206	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

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
Rigidezza Pila asse y	K _y	525048624.3	N/m
Rigidezza Pila asse x	K _x	2357975605	N/m
rigidezza Pila asse z	K _z	32226276923	N/m
Periodo x	T _x	0.32	s
Periodo y	T _y	0.15	s
Periodo z	T _z	0.04	s

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

q=1.5

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

q=1.36

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

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.115498	

Condizione Sismica - Taglienti Totali

q=1.5


Tagliante direzione x	F x	5193	kN
Tagliante direzione y	F y	5251	kN
Tagliante direzione z	F z	1568	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	5727	kN
Tagliante direzione y	F y	5792	kN
Tagliante direzione z	F z	1568	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	7789	kN
Tagliante direzione y	F y	7877	kN
Tagliante direzione z	F z	1568	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI12 (ex VI04) - Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 006	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	4875			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		218		0.00	0.00	13.00	0	2833
Vento su pila dir.y			44.5	0.00	0.00	13.00	578	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	4875			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		218		0.00	0.00	16.00	0	3486
Vento su pila dir.y			44.5	0.00	0.00	16.00	711	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		2495		0.00	0.00	1.50	0.00	3742
Plinto sisma y			2495	0.00	0.00	1.50	3742	0
Plinto sisma z	1247			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	265			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	22555	1242	1976	32718	17737	
A2 - SLU - MT max gr.1	21885	1144	2196	36657	17267	
A2 - SLU - ML max gr.1	20055	1411	792	12247	25510	
A2 - SLU - N max gr.3	22555	1964	1734	28371	29622	
A2 - SLU - MT max gr.3	21885	1769	1844	30302	27548	
A2 - SLU - ML max gr.3	20055	2133	656	9816	37385	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16355	301	1300	20426	4051	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	16315	1242	1976	32718	17737	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	15645	1144	2196	36657	17267	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	13815	1411	792	12247	25510	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	16315	1964	1734	28371	29622	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	15645	1769	1844	30302	27548	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	13815	2133	656	9816	37385	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	10115	301	1300	20426	4051	
A1 - SLU - N max gr.1	28047	1498	2343	38622	21344	
A1 - SLU - MT max gr.1	27270	1385	2598	43191	20799	
A1 - SLU - ML max gr.1	25147	1693	976	14976	30348	
A1 - SLU - N max gr.3	28047	2337	2063	33580	35150	
A1 - SLU - MT max gr.3	27270	2111	2191	35820	32742	
A1 - SLU - ML max gr.3	25147	2532	818	12157	44141	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	20855	407	1559	24363	5469	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	17307	1498	2343	38622	21344	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	16530	1385	2598	43191	20799	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	14407	1693	976	14976	30348	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	17307	2337	2063	33580	35150	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	16530	2111	2191	35820	32742	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	14407	2532	818	12157	44141	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	10115	301	1454	22946	4051	
SLE rara - N max gr.1	19875	1054	1611	26481	15000	
SLE rara - MT max gr.1	19339	976	1787	29632	14624	
SLE rara - ML max gr.1	17875	1184	694	10608	21150	
SLE rara - N max gr.3	19875	1632	1418	23004	24508	
SLE rara - MT max gr.3	19339	1476	1506	24549	22849	
SLE rara - ML max gr.3	17875	1761	585	8663	30650	
SLE rara - Vento ponte scarico	14915	301	1070	16647	4051	
SLE freq. - N max gr.1	18883	903	750	11922	12810	
SLE freq. - MT max gr.1	18454	841	890	14443	12509	
SLE freq. - ML max gr.1	17283	903	615	9296	16371	
SLE freq. - N max gr.3	18883	1366	595	9140	20416	
SLE freq. - MT max gr.3	18454	1241	666	10376	19089	
SLE freq. - ML max gr.3	17283	1365	528	7741	23971	
SLE freq. - Vento ponte scarico	14915	301	663	10060	4051	
SLE quasi permanente	14915	301	301	4051	4051	
q = 1,5	SLV - N max	17475	1975	1838	28809	30659
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	16270	1944	5550	87342	30327
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	15977	5611	1805	28153	88811
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	15329	1944	5550	87342	30327
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	15037	5611	1805	28153	88811
q = 1,5	SLV - N min	14339	1975	1838	28809	30659
q = 1,36	SLV - N max	17475	2135	2001	31302	33185
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	16270	2104	6091	95810	32853
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	15977	6145	1967	30707	97232
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	15329	2104	6091	95810	32853
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	15037	6145	1967	30707	97232
q = 1,36	SLV - N min	14339	2135	2001	31302	33185
q = 1	SLV - N max	17475	2754	2626	41217	42929
q = 1	SLV - MT max gr.1	16270	2723	8176	128702	42598
q = 1	SLV - ML max gr.1	15977	8208	2593	40560	129714
q = 1	SLV - MT max gr.3	15329	2723	8176	128702	42598
q = 1	SLV - ML max gr.3	15037	8208	2593	40560	129714
q = 1	SLV - N min	14339	2754	2626	41217	42929

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	36339	1242	1976	38645	21462	
A2 - SLU - MT max gr.1	35669	1144	2196	43244	20700	
A2 - SLU - ML max gr.1	33839	1411	792	14622	29744	
A2 - SLU - N max gr.3	36339	1964	1734	33575	35515	
A2 - SLU - MT max gr.3	35669	1769	1844	35836	32856	
A2 - SLU - ML max gr.3	33839	2133	656	11783	43784	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	30139	301	1300	24327	4955	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	27115	1242	1976	38645	21462	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	26445	1144	2196	43244	20700	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	24615	1411	792	14622	29744	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	27115	1964	1734	33575	35515	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	26445	1769	1844	35836	32856	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	24615	2133	656	11783	43784	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20915	301	1300	24327	4955	
A1 - SLU - N max gr.1	46070	1498	2343	45651	25838	
A1 - SLU - MT max gr.1	45293	1385	2598	50985	24953	
A1 - SLU - ML max gr.1	43170	1693	976	17903	35427	
A1 - SLU - N max gr.3	46070	2337	2063	39769	42161	
A1 - SLU - MT max gr.3	45293	2111	2191	42392	39074	
A1 - SLU - ML max gr.3	43170	2532	818	14610	51737	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	38878	407	1559	29041	6689	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	28107	1498	2343	45651	25838	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	27330	1385	2598	50985	24953	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	25207	1693	976	17903	35427	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	28107	2337	2063	39769	42161	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	27330	2111	2191	42392	39074	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	25207	2532	818	14610	51737	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20915	301	1454	27307	4955	
SLE rara - N max gr.1	32970	1054	1611	31313	18161	
SLE rara - MT max gr.1	32434	976	1787	34992	17551	
SLE rara - ML max gr.1	30970	1184	694	12689	24702	
SLE rara - N max gr.3	32970	1632	1418	27257	29403	
SLE rara - MT max gr.3	32434	1476	1506	29066	27276	
SLE rara - ML max gr.3	30970	1761	585	10418	35935	
SLE rara - Vento ponte scarico	28010	301	1070	19856	4955	
SLE freq.-N max gr.1	31978	903	750	14171	15520	
SLE freq.-MT max gr.1	31549	841	890	17114	15032	
SLE freq.-ML max gr.1	30378	903	615	11142	19079	
SLE freq.-N max gr.3	31978	1366	595	10926	24513	
SLE freq.-MT max gr.3	31549	1241	666	12373	22812	
SLE freq.-ML max gr.3	30378	1365	528	9325	28065	
SLE freq.- Vento ponte scarico	28010	301	663	12050	4955	
SLE quasi permanente	28010	301	301	4955	4955	
q = 1.5						
SLV - N max	32083	2723	2587	35447	37706	
SLV - MT max gr.1	29819	2692	8045	107734	37280	
SLV - ML max gr.1	29526	8105	2553	34689	109385	
SLV - MT max gr.3	27971	2692	8045	107734	37280	
SLV - ML max gr.3	27678	8105	2553	34689	109385	
SLV - N min	25922	2723	2587	35447	37706	
q = 1.36						
SLV - N max	32083	2884	2749	38426	40713	
SLV - MT max gr.1	29819	2853	8585	117824	40288	
SLV - ML max gr.1	29526	8640	2715	37730	119410	
SLV - MT max gr.3	27971	2853	8585	117824	40288	
SLV - ML max gr.3	27678	8640	2715	37730	119410	
SLV - N min	25922	2884	2749	38426	40713	
q = 1						
SLV - N max	32083	3502	3375	50218	52314	
SLV - MT max gr.1	29819	3471	10671	156972	51889	
SLV - ML max gr.1	29526	10702	3341	49461	158078	
SLV - MT max gr.3	27971	3471	10671	156972	51889	
SLV - ML max gr.3	27678	10702	3341	49461	158078	
SLV - N min	25922	3502	3375	50218	52314	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	46070	1498	2343	45651	25838	7767	2471	309
Al - SLU - MT max gr.1	45293	1385	2598	50985	24953	7845	2220	327
Al - SLU - ML max gr.1	43170	1693	976	17903	35427	6772	2821	217
Al - SLU - N max gr.3	46070	2337	2063	39769	42161	8153	2084	346
Al - SLU - MT max gr.3	45293	2111	2191	42392	39074	8050	2015	338
Al - SLU - ML max gr.3	43170	2532	818	14610	51737	7254	2339	296
Al - SLU - Vento ponte scarico	38878	407	1559	29041	6689	5643	2996	179
Al - SLU Gmin - N max gr.1	28107	1498	2343	45651	25838	5771	475	309
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	27330	1385	2598	50985	24953	5849	224	327
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	25207	1693	976	17903	35427	4776	826	217
Al - SLU Gmin - N max gr.3	28107	2337	2063	39769	42161	6157	89	346
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	27330	2111	2191	42392	39074	6054	19	338
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	25207	2532	818	14610	51737	5258	343	296
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20915	301	1454	27307	4955	3519	1129	165
						8153	19	346

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	32083	3502	3375	50218	52314	7362	-233	540
SLV - MT max gr.1	29819	3471	10671	156972	51889	11049	-4422	1247
SLV - ML max gr.1	29526	10702	3341	49461	158078	10967	-4406	1246
SLV - MT max gr.3	27971	3471	10671	156972	51889	10843	-4628	1247
SLV - ML max gr.3	27678	10702	3341	49461	158078	10762	-4611	1246
SLV - N min	25922	3502	3375	50218	52314	6678	-917	540
						11049	-4628	1247

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	32083	2884	2749	38426	40713	6496	634	443
SLV - MT max gr.1	29819	2853	8585	117824	40288	9169	-2543	1005
SLV - ML max gr.1	29526	8640	2715	37730	119410	9101	-2539	1006
SLV - MT max gr.3	27971	2853	8585	117824	40288	8964	-2748	1005
SLV - ML max gr.3	27678	8640	2715	37730	119410	8895	-2745	1006
SLV - N min	25922	2884	2749	38426	40713	5811	-51	443
						9169	-2748	1006

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C. n°	N kN	T _x kN	T _y kN	M _x kNm	M _y kNm	N _{max/palo} kN	N _{min/palo} kN	T _{palo} kN
SLE rara - N max gr.1	32970	1054	1611	31313	18161	5496	1831	214
SLE rara - MT max gr.1	32434	976	1787	34992	17551	5550	1658	226
SLE rara - ML max gr.1	30970	1184	694	12689	24702	4826	2056	152
SLE rara - N max gr.3	32970	1632	1418	27257	29403	5762	1565	240
SLE rara - MT max gr.3	32434	1476	1506	29066	27276	5691	1517	234
SLE rara - ML max gr.3	30970	1761	585	10418	35935	5158	1724	206
SLE rara - Vento ponte scarico	28010	301	1070	19856	4955	4031	2193	123
						5762	1517	240

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	22555	1242	1976	32718	17737
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	20055	2133	656	9816	37385
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	21885	1144	2196	36657	17267
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	21885	1144	2196	36657	17267
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	20055	2133	656	9816	37385
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	28047	1498	2343	38622	21344
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	25147	2532	818	12157	44141
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	27270	1385	2598	43191	20799
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	27270	1385	2598	43191	20799
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	25147	2532	818	12157	44141
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	19875	1054	1611	26481	15000
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	17875	1761	585	8663	30650
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	19339	976	1787	29632	14624
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	19339	976	1787	29632	14624
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	17875	1761	585	8663	30650
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	18883	903	750	11922	12810
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	18883	1366	595	9140	20416
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	18454	841	890	14443	12509
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	18454	841	890	14443	12509
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	17283	1365	528	7741	23971
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	14915	301	301	4051	4051
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	17475	1975	1838	28809	30659
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	15977	5611	1805	28153	88811
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	1944	5550	87342	30327
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	1944	5550	87342	30327
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	15977	5611	1805	28153	88811
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	17475	2135	2001	31302	33185
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	15977	6145	1967	30707	97232
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	2104	6091	95810	32853
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	2104	6091	95810	32853
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	15977	6145	1967	30707	97232
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	17475	2754	2626	41217	42929
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	15977	8208	2593	40560	129714
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	2723	8176	128702	42598
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16270	2723	8176	128702	42598
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	15037	8208	2593	40560	129714

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	M_{xx} [kNm]	M_{yy} [kNm]	
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	A2 - SLU - N max gr.1	36339	1242	1976	38645	21462
	$T_{x,A_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	33839	2133	656	11783	43784
	$T_{y,A_{max}}$	A2 - SLU - MT max gr.1	35669	1144	2196	43244	20700
	$M_{xx_{max}}$	A2 - SLU - MT max gr.1	35669	1144	2196	43244	20700
	$M_{yy_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	33839	2133	656	11783	43784
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	A1 - SLU - N max gr.1	46070	1498	2343	45651	25838
	$T_{x,A_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	43170	2532	818	14610	51737
	$T_{y,A_{max}}$	A1 - SLU - MT max gr.1	45293	1385	2598	50985	24953
	$M_{xx_{max}}$	A1 - SLU - MT max gr.1	45293	1385	2598	50985	24953
	$M_{yy_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	43170	2532	818	14610	51737
SLE RARA	$N_{z,A_{max}}$	SLE rara - N max gr.1	32970	1054	1611	31313	18161
	$T_{x,A_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	30970	1761	585	10418	35935
	$T_{y,A_{max}}$	SLE rara - MT max gr.1	32434	976	1787	34992	17551
	$M_{xx_{max}}$	SLE rara - MT max gr.1	32434	976	1787	34992	17551
	$M_{yy_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	30970	1761	585	10418	35935
SLE FREQUENTE	$N_{z,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.1	31978	903	750	14171	15520
	$T_{x,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.3	31978	1366	595	10926	24513
	$T_{y,A_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	31549	841	890	17114	15032
	$M_{xx_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	31549	841	890	17114	15032
	$M_{yy_{max}}$	SLE freq.- ML max gr.3	30378	1365	528	9325	28065
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	28010	301	301	4955	4955
SLV q=1.5	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	32083	2723	2587	35447	37706
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	8105	2553	34689	109385
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	2692	8045	107734	37280
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	2692	8045	107734	37280
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	8105	2553	34689	109385
SLV q=1.36	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	32083	2884	2749	38426	40713
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	8640	2715	37730	119410
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	2853	8585	117824	40288
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	2853	8585	117824	40288
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	8640	2715	37730	119410
SLV q=1	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	32083	3502	3375	50218	52314
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	10702	3341	49461	158078
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	3471	10671	156972	51889
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	29819	3471	10671	156972	51889
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.1	29526	10702	3341	49461	158078

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	15.8	15.8	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	8208	8176	kN
Momento agente (q=1)	M	129714	128702	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5611	5550	kN
Momento agente (con q)	MEd	88811	87342	kN*m
Momento Resistente	MRd	195281	351489	kN*m
Rapporto di sovraresistenza	MRd/MEd	2.20	4.02	
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	8208	8176	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12337	22334	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	8208	8176	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	8208	8176	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	
	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	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	40 di 55

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 flk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	41 di 55

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

DOMINIO N° 2

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

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

DOMINIO N° 3

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

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

DATI BARRE ISOLATE

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	42 di 55

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	43 di 55

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

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	28047.00	21344.00	38622.00	0.00	0.00
2	25147.00	44141.00	12157.00	0.00	0.00
3	27270.00	20799.00	43191.00	0.00	0.00
4	27270.00	20799.00	43191.00	0.00	0.00
5	25147.00	44141.00	12157.00	0.00	0.00
6	17475.00	30659.00	28809.00	0.00	0.00
7	15977.00	88811.00	28153.00	8208.00	0.00
8	16270.00	30327.00	87342.00	0.00	8176.00
9	16270.00	30327.00	87342.00	0.00	0.00
10	15977.00	88811.00	28153.00	0.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	44 di 55

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

N° Comb.	N	Mx	My
1	19875.00	15000.00	26481.00
2	17875.00	30650.00	8663.00
3	19339.00	14624.00	29632.00
4	19339.00	14624.00	29632.00
5	17875.00	30650.00	8663.00

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	18883.00	12810.00 (421692.40)	11922.00 (392460.32)
2	18883.00	20416.00 (92506.40)	9140.00 (41414.01)
3	18454.00	12509.00 (188068.24)	14443.00 (217145.23)
4	18454.00	12509.00 (188068.24)	14443.00 (217145.23)
5	17283.00	23971.00 (68448.94)	7741.00 (22104.34)

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	14915.00	4051.00 (0.00)	4051.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.5 cm

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	45 di 55

My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	28047.00	21344.00	38622.00	28046.78	162093.05	294528.68	7.623096.0(380.9)	
2	S	25147.00	44141.00	12157.00	25147.10	206282.01	57011.16	4.673096.0(380.9)	
3	S	27270.00	20799.00	43191.00	27270.14	153072.24	314269.08	7.293096.0(380.9)	
4	S	27270.00	20799.00	43191.00	27270.14	153072.24	314269.08	7.293096.0(380.9)	
5	S	25147.00	44141.00	12157.00	25147.10	206282.01	57011.16	4.673096.0(380.9)	
6	S	17475.00	30659.00	28809.00	17474.89	184369.82	171685.14	5.993096.0(380.9)	
7	S	15977.00	88811.00	28153.00	15976.74	195281.30	61739.90	2.203096.0(380.9)	
8	S	16270.00	30327.00	87342.00	16270.14	121974.18	351489.16	4.023096.0(380.9)	
9	S	16270.00	30327.00	87342.00	16270.14	121974.18	351489.16	4.023096.0(380.9)	
10	S	15977.00	88811.00	28153.00	15976.74	195281.30	61739.90	2.203096.0(380.9)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	365.0	157.0	0.00331	360.6	147.8	-0.00660	-360.6	-147.8
2	0.00350	310.0	170.0	0.00306	308.8	160.0	-0.01215	-308.8	-160.0
3	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00655	-360.6	-147.8
4	0.00350	365.0	157.0	0.00332	360.6	147.8	-0.00655	-360.6	-147.8
5	0.00350	310.0	170.0	0.00306	308.8	160.0	-0.01215	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00320	308.8	160.0	-0.00915	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00304	308.8	160.0	-0.01313	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00333	360.6	147.8	-0.00717	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00333	360.6	147.8	-0.00717	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00304	308.8	160.0	-0.01313	-308.8	-160.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006674	0.000017263	-0.001646111	----	----
2	0.000002035	0.000043602	-0.004543035	----	----
3	0.000007094	0.000016094	-0.001615841	----	----
4	0.000007094	0.000016094	-0.001615841	----	----
5	0.000002035	0.000043602	-0.004543035	----	----
6	0.000004758	0.000029417	-0.002975838	----	----
7	0.000002274	0.000046119	-0.005045167	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	46 di 55

8	0.000008796	0.000014054	-0.001916934	----	----
9	0.000008796	0.000014054	-0.001916934	----	----
10	0.000002274	0.000046119	-0.005045167	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	17247.33	2202.24102.1	86.0	381.9	1.000	1.118	0.0	65.4(0.0)
2	S	0.00	29309.31	4948.95203.2	193.2	291.9	1.000	1.105	0.0	65.4(0.0)
3	S	0.00	16344.19	2051.72 98.2	80.1	389.6	1.000	1.114	0.0	65.4(0.0)
4	S	0.00	16344.19	2051.72 98.2	80.1	389.6	1.000	1.114	0.0	65.4(0.0)
5	S	0.00	29309.31	4948.95203.2	193.2	291.9	1.000	1.105	0.0	65.4(0.0)
6	S	0.00	22221.27	3836.67159.8	149.8	294.1	1.000	1.073	0.0	65.4(0.0)
7	S	8198.04	19357.63	12348.03202.9	192.9	290.2	2.500	1.067	43.5	65.4(0.0)
8	S	4337.39	9089.71	4456.51 88.8	69.6	377.2	2.500	1.068	63.7	65.4(0.0)
9	S	0.00	13180.08	1782.60 88.8	69.6	377.2	1.000	1.068	0.0	65.4(0.0)
10	S	0.00	28068.56	4939.21202.9	192.9	290.2	1.000	1.067	0.0	65.4(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)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.98	365.0	157.0	-10.6	-360.6	-147.8	4634	113.1
2	S	3.63	310.0	170.0	-35.7	-308.8	-160.0	21808	600.8
3	S	3.07	365.0	157.0	-13.5	-360.6	-147.8	5502	127.2
4	S	3.07	365.0	157.0	-13.5	-360.6	-147.8	5502	127.2
5	S	3.63	310.0	170.0	-35.7	-308.8	-160.0	21808	600.8

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	47 di 55

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	498	0.016 (0.20)	55517.72	98010.98
2	S	-0.00019	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	474	0.051 (0.20)	56452.78	15955.97
3	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	510	0.021 (0.20)	45815.04	92833.10
4	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	510	0.021 (0.20)	45815.04	92833.10
5	S	-0.00019	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	474	0.051 (0.20)	56452.78	15955.97

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	2.25	310.0	170.0	-0.3	-308.8	-160.0	662	21.2
2	S	2.73	310.0	170.0	-8.3	-308.8	-160.0	4195	141.4
3	S	2.28	365.0	157.0	-1.6	-360.6	-147.8	339	7.1
4	S	2.28	365.0	157.0	-1.6	-360.6	-147.8	339	7.1
5	S	2.96	310.0	170.0	-19.0	-308.8	-160.0	11769	325.2

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	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	448	0.000 (0.20)	421692.40	392460.32
2	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	440	0.011 (0.20)	92506.40	41414.01
3	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	534	0.002 (0.20)	188068.24	217145.23
4	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	534	0.002 (0.20)	188068.24	217145.23
5	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	474	0.027 (0.20)	68448.94	22104.34

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.23	310.0	170.0	7.5	-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 :

$$N_{\max} = 8153 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 9169 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1006 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

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

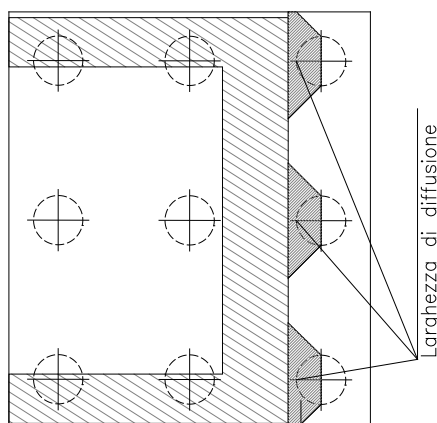
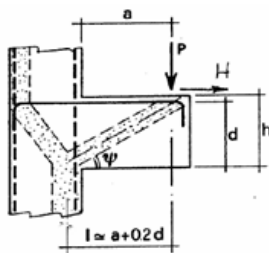


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 617 del 02-02-09.

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

P_r : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	50 di 55

Dati di progetto

$b(m) =$	3.75	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	9169.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	1006.00	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 compressive 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	$\phi 1(mm) =$	26.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 1 =$	37.5	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	19909.83	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	19909.83
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	37.5	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	16964.59	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	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	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=32.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 11049 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -4628 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

$$N = -4628 \text{ kN} \quad T = 1247 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1247 * 3.34 = 4165 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

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

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO



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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	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
2	0.0	0.0	59.0	40	26

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	11049.00	4165.00	0.00	1247.00	0.00
2	-4628.00	4165.00	0.00	1247.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	5762.00	802.00	0.00
2	1517.00	802.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	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	4866.00	907.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	1991.00	907.00 (2312.13)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	11049.00	4165.00	0.00	11049.00	9667.77	0.00	2.32	424.7(53.0)
2	S	-4628.00	4165.00	0.00	-4627.80	6546.46	0.00	1.57	424.7(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00306	0.0	65.0	-0.00268	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00249	0.0	65.0	-0.01062	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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	54 di 55

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000044178	0.000186626	----	----
2	0.000000000	0.000100863	-0.004064706	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1247.00	3779.89	3494.37117.3	91.2	135.8	2.500	1.250	14.0	39.2(0.0)
2	S	1247.00	3381.02	4293.90122.6	112.1	123.5	2.500	1.000	11.4	39.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.02	0.0	0.0	14.9	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.51	0.0	0.0	-19.9	0.0	-65.0	1343	63.7

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]
k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 6/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 006	A	55 di 55

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00012	0	0.500	26.0	87	0.00006 (0.00006)	389	0.023 (0.20)	2075.41	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	3.86	0.0	0.0	6.5	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.88	0.0	0.0	-18.2	0.0	-65.0	1105	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00011	0	0.500	26.0	87	0.00005 (0.00005)	388	0.021 (0.20)	2312.13	0.00