

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA (LOTTO 5)

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI0405 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Redatto	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Abbasciano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vittozzi		

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

File: RS3E50D09CLVI0405001A.docx

n. Elab.: 1264

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	MATERIALI	8
3.1	VERIFICA S.L.E.	9
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	9
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	9
4	ANALISI E VERIFICHE PILA	11
4.1	GENERALITÀ	11
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE	11
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	11
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	15
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA	16
4.6	ANALISI DEI CARICHI	17
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	17
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	17
4.6.3	<i>Azione del Vento</i>	20
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	22
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i>	23
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	23
4.6.7	<i>Azione sismica</i>	25
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	29
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i>	29
4.7	SOLLECITAZIONI	31

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	3 di 51

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i>	32
4.8	PALI DI FONDAZIONE	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	34
4.9.1	<i>Pila</i>	37
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	43
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=32.0m</i>	46

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 **VI04** della tratta ferroviaria Dittaino-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 03** 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 VI04 ha una lunghezza totale di circa 150 m, è costituito da 6 impalcati in c.a.p da 25m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

Pile e spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.

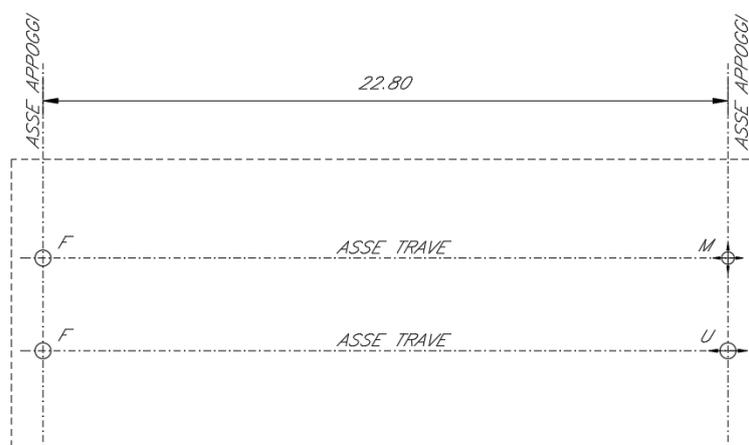


Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx

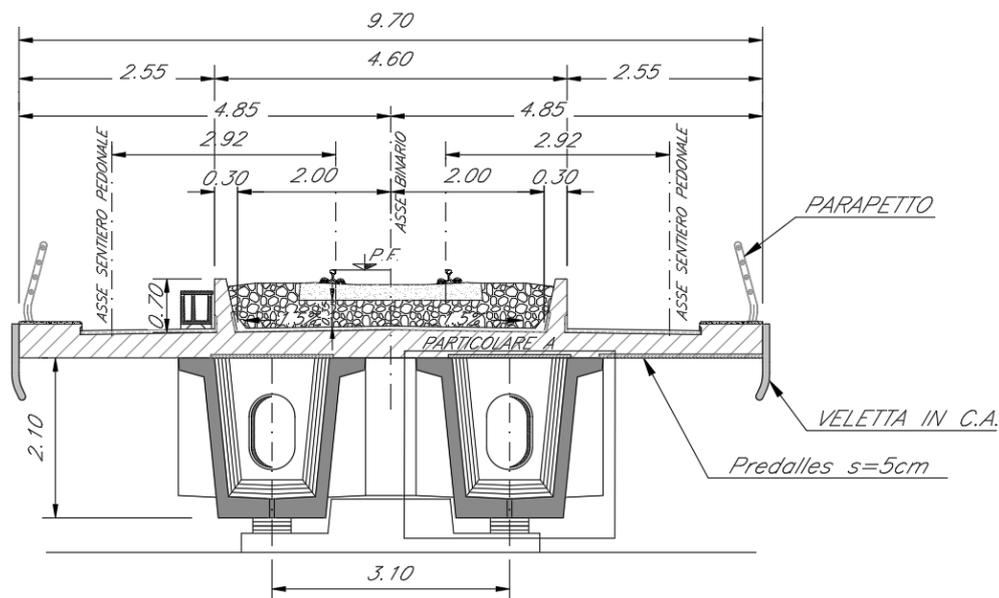
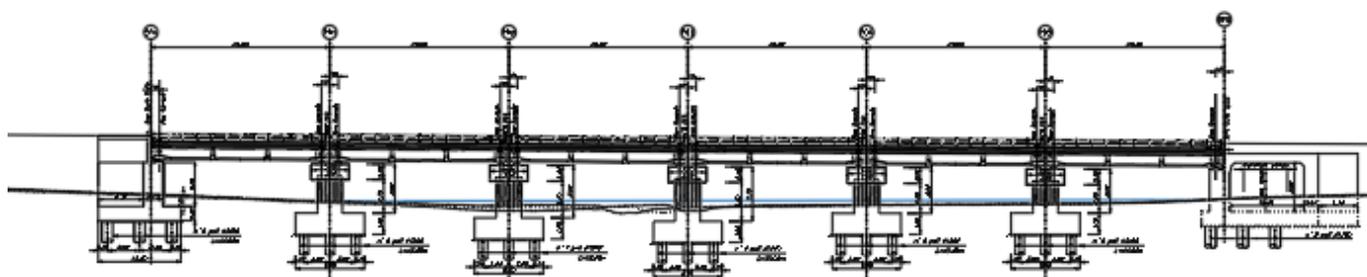


Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

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



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 001	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- o STI 2014 –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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	7 di 51

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

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

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

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

➤ Calcestruzzo fondazioni armate

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

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

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

➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

IN BARRE E RETI ELETTRISALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

3.1 Verifica S.L.E.

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

3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A", 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 $0,75 f_{yk}$.

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	$\leq w_3$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	10 di 51

		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:

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

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

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

Data la maggior restrittività, 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 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 riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 617/09.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 001	REV. A

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 3.50m, una altezza complessiva di 5.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x 8.00m ed altezza 2.20m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m 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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 04 05 001 A 15 di 51

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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

4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	53.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	8.95	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.00	m
Area Sezione		42.40	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	5.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.50	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	3.50	m
Area Sezione		9.62	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	9.60	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		1.477	
a_g		0.145	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.214	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

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

Impalcato (sx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G ₁	162	kN/m
Permanenti portati	G ₂	120	kN/m
Ballast		0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G1	162	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	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

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 PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 04 05 001 A 18 di 51

sx										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1239	936	1.1	1	1.20	1638	1125	
2	0.470	-1.55	1239	936	1.1	1	1.20	1638	1125	
dx										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1638	2254	
2	0.470	-1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1638	2254	
dx ML max										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1529	1875	1.1	1	1.20	2022	2254	
2	0.470	-1.55	1529	1875	1.1	1	1.20	2022	2254	

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	596			529			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga						0	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio							3.30
Vento Ponte Scanico			60			60	3.30
Vento Ponte Carico			126			126	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		26	26		23	23	0.00
q _{1.5}	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			963		963	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q _{1.36}	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1062		1062	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q ₁	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1445		1445	2.50
	Sisma verticale	281			281		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	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.30
Vento Ponte Scarico			60			60	3.30
Vento Ponte Carico			126			126	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q _v =1.5	Sisma longitudinale		1968		1968		2.50
	Sisma trasversale			963		963	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q _v =1.36	Sisma longitudinale		2171		2171		2.50
	Sisma trasversale			1062		1062	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q _v =1	Sisma longitudinale		2952		2952		2.50
	Sisma trasversale			1445		1445	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005					
		scarico	carico		
Condizione (ponte carico o scarico)					
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	11.5	11.5	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.44	2.44		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	2.6	3.3	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.1	7.3	m	
Rapporto di forma	b/dtot	2.37	1.33		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.79	2.10		
Riepilogo					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.44	2.44		
Coefficiente di forza	cfx	1.79	2.10		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.1	7.3	m	
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	9.6	20.1	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.34	2.75	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	9.6	20.1	kN/m	
Vento impalcato a ponte scarico					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	9.6	9.6	kN/m	
Luce impalcato	L	25	25	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	120	120	kN/m	
Vento impalcato a ponte carico					
Forza statica equivalente	f	20.1	20.1	kN/m	
Luce impalcato	L	25	25	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	251	251	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	7.70	7.7	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.19	2.19	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.20	5.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	3.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	3.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	1.75	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.79	1.26	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.6	19.25	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	49	24	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.20	5.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	3.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	3.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	1.75	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.18	1.26	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	19.25	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	25	24	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	49	kN	
Pila	F	24	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.70	m	
Forza totale	F Tot	73	kN	
Vento y				
Pulvino	F	25	kN	
Pila	F	24	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.70	m	
Forza totale	F Tot	50	kN	

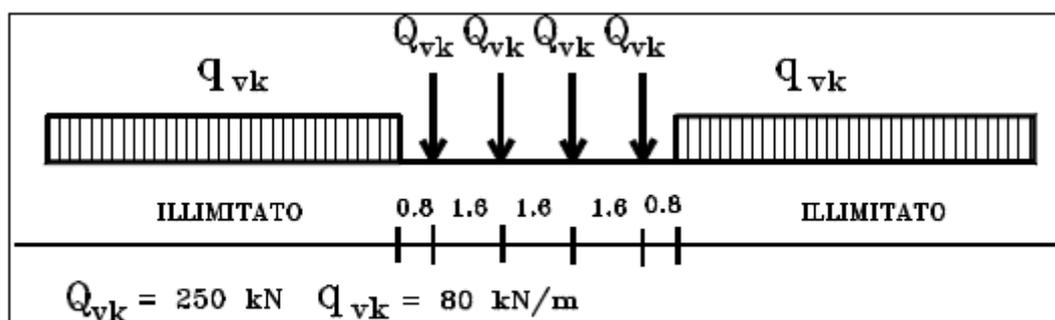
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

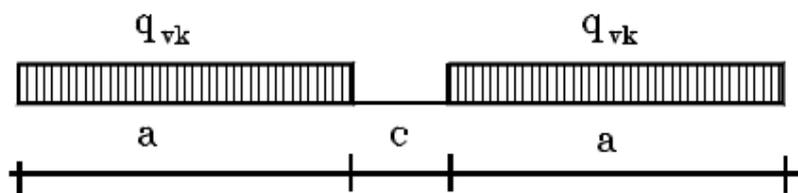
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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	25	m
Lcalc	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Qlb,k	550	per Treno LM 71
Qlb,k	433.4	per Treno SW/0
Qlb,k	875	per SW/2
Qlb,k (filtrata) per Treno LM 71	550	kN
Qlb,k (filtrata) per Treno SW/0	433	kN
Qlb,k (filtrata) per SW/2	875	kN

Avviamento		
L	25	m
Lcalc	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Qla,k	907.5	per Treno LM 71
Qla,k	715.11	per Treno SW/0
Qla,k	825	per SW/2
Qla,k (filtrata) per Treno LM 71	908	kN
Qla,k (filtrata) per Treno SW/0	715	kN
Qla,k (filtrata) per SW/2	825	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	24 di 51

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	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	σ_3 Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	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	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265		qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
qtk	21	Per V>120 km/h						
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21		L calc	19.7	m	L calc	25	m
L calc= L-6.4m	18.6	m	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
qtk*Lcalc	394	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN						

Forza centrifuga dx

L	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	σ_3 Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	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	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265		qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
qtk	21	Per V>120 km/h						
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21		L calc	19.7	m	L calc	25	m
L calc= L-6.4m	18.6	m	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
qtk*Lcalc	394	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN						

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 001	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 corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

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, a "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_{n1} info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_{r1} 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

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info $S_B = 1.477$ $C_C = 1.286$ info

Categoria topografica 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_i Regol. in altezza info

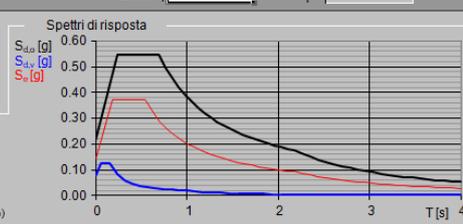
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q_i $\eta_1 = 0.667$ 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, $\xi = 5\%$)

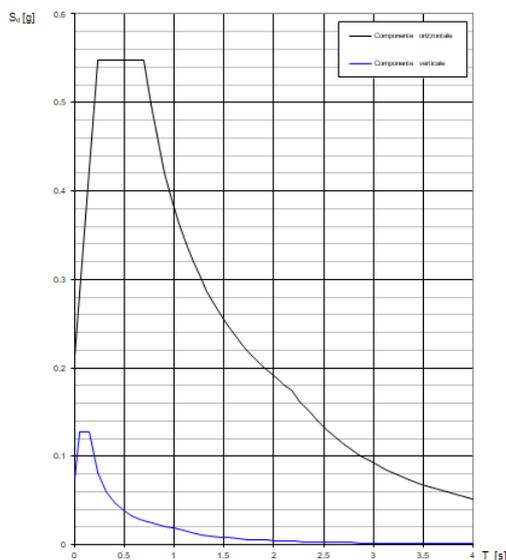
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.145 g
F_n	2.564
T_c^*	0.541 s
S_s	1.477
C_c	1.286
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.477
η	1.000
T_B	0.232 s
T_c	0.696 s
T_D	2.179 s



➤ 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	7952	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2773	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	10725	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	1590	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	7726	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	2773	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	10499	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi _z	7726	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	2773	kN
Massa complessiva dir. Z	mi _z + mp _z	10499	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi _z /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	7.4	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	7.4	m ⁴
Area Pila	A _p	9.62	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	687189880.4	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	687189880.4	N/m
rigidità Pila asse z	K _z	41233403578	N/m
Periodo x	T _x	0.25	s
Periodo y	T _y	0.25	s
Periodo z	T _z	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.55	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.55	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.11	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.37	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.37	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.11	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.40	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.40	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.11	

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	0.1070825	

Condizione Sismica - Taglienti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	3935	kN
Tagliante direzione y	F y	3852	kN
Tagliante direzione z	F z	1124	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	4340	kN
Tagliante direzione y	F y	4249	kN
Tagliante direzione z	F z	1124	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	5903	kN
Tagliante direzione y	F y	5779	kN
Tagliante direzione z	F z	1124	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 001	REV. A

4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

N, M_l, M_t sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata, n è il numero di pali e J_l, J_t sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove H_l, H_t sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

4.6.9 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale N , forza orizzontale T e momento ribaltante M .
- Per i carichi sui pali in termini di N_{\max}, N_{\min}, T ed M .

SPICCATO PILA: condizione statica

Descrizione carico	F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3655			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		73		0.00	0.00	7.70	0	565
Vento su pila dir. y			49.7	0.00	0.00	7.70	382	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	3655			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	6912			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	1598			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		73		0.00	0.00	10.70	0	785
Vento su pila dir. y			49.7	0.00	0.00	10.70	531	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		1480		0.00	0.00	1.50	0.00	2220
Plinto sisma y			1480	0.00	0.00	1.50	2220	0
Plinto sisma z	740			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	171			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	15829	905	1447	16843	10876	
A2 - SLU - MT max gr.1	15700	905	1677	19877	9182	
A2 - SLU - ML max gr.1	14422	962	717	7834	13004	
A2 - SLU - N max gr.3	15829	1452	1118	12543	17144	
A2 - SLU - MT max gr.3	15700	1452	1233	14053	15451	
A2 - SLU - ML max gr.3	14422	1510	537	5505	19273	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11605	212	588	5793	1724	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	11929	905	1447	16843	10876	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	11800	905	1677	19877	9182	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	10522	962	717	7834	13004	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	11929	1452	1118	12543	17144	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	11800	1452	1233	14053	15451	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	10522	1510	537	5505	19273	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7705	212	588	5793	1724	
A1 - SLU - N max gr.1	19801	1090	1716	19835	12943	
A1 - SLU - MT max gr.1	19652	1090	1983	23354	10979	
A1 - SLU - ML max gr.1	18170	1156	872	9415	15409	
A1 - SLU - N max gr.3	19801	1726	1334	14847	20225	
A1 - SLU - MT max gr.3	19652	1726	1468	16599	18261	
A1 - SLU - ML max gr.3	18170	1792	664	6714	22691	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	14902	286	720	7022	2327	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	12604	1090	1716	19835	12943	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	12455	1090	1983	23354	10979	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	10973	1156	872	9415	15409	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	12604	1726	1334	14847	20225	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	12455	1726	1468	16599	18261	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	10973	1792	664	6714	22691	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7705	212	646	6419	1724	
SLE rara - N max gr.1	14084	766	1186	13667	9045	
SLE rara - MT max gr.1	13981	766	1370	16094	7690	
SLE rara - ML max gr.1	12959	810	616	6612	10734	
SLE rara - N max gr.3	14084	1204	923	10227	14060	
SLE rara - MT max gr.3	13981	1204	1015	11436	12706	
SLE rara - ML max gr.3	12959	1248	472	4749	15749	
SLE rara - Vento ponte scarico	10705	212	501	4854	1724	
SLE freq. - N max gr.1	13408	655	726	8240	7581	
SLE freq. - MT max gr.1	13326	655	873	10182	6497	
SLE freq. - ML max gr.1	12508	655	535	5634	8661	
SLE freq. - N max gr.3	13408	1006	515	5489	11593	
SLE freq. - MT max gr.3	13326	1006	589	6455	10509	
SLE freq. - ML max gr.3	12508	1006	420	4144	12673	
SLE freq. - Vento ponte scarico	10705	212	332	3098	1724	
SLE quasi permanente	10705	212	212	1724	1724	
q = 1,5	SLV - N max	12505	1485	1390	14798	15905
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	11697	1485	4123	44000	15634
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	11493	4240	1342	14147	45518
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	11023	1485	4123	44000	15634
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	10819	4240	1342	14147	45518
q = 1,5	SLV - N min	10257	1485	1390	14798	15905
q = 1,36	SLV - N max	12505	1607	1509	16044	17199
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	11697	1607	4520	48193	16928
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	11493	4645	1461	15414	49833
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	11023	1607	4520	48193	16928
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	10819	4645	1461	15414	49833
q = 1,36	SLV - N min	10257	1607	1509	16044	17199
q = 1	SLV - N max	12505	2076	1968	20952	22192
q = 1	SLV - MT max gr.1	11697	2076	6049	64512	21922
q = 1	SLV - ML max gr.1	11493	6208	1920	20300	66477
q = 1	SLV - MT max gr.3	11023	2076	6049	64512	21922
q = 1	SLV - ML max gr.3	10819	6208	1920	20300	66477
q = 1	SLV - N min	10257	2076	1968	20952	22192

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 INTRADOSO FONDAZIONE						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	24818	905	1447	21183	13590	
A2 - SLU - MT max gr.1	24690	905	1677	24907	11897	
A2 - SLU - ML max gr.1	23412	962	717	9987	15890	
A2 - SLU - N max gr.3	24818	1452	1118	15897	21502	
A2 - SLU - MT max gr.3	24690	1452	1233	17753	19808	
A2 - SLU - ML max gr.3	23412	1510	537	7118	23802	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	20595	212	588	7557	2358	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	18841	905	1447	21183	13590	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	18712	905	1677	24907	11897	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	17434	962	717	9987	15890	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	18841	1452	1118	15897	21502	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	18712	1452	1233	17753	19808	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	17434	1510	537	7118	23802	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14617	212	588	7557	2358	
A1 - SLU - N max gr.1	31530	1090	1716	24982	16213	
A1 - SLU - MT max gr.1	31380	1090	1983	29302	14249	
A1 - SLU - ML max gr.1	29898	1156	872	12032	18877	
A1 - SLU - N max gr.3	31530	1726	1334	18851	25403	
A1 - SLU - MT max gr.3	31380	1726	1468	21003	23438	
A1 - SLU - ML max gr.3	29898	1792	664	8705	28067	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	26630	286	720	9182	3184	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	19516	1090	1716	24982	16213	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	19367	1090	1983	29302	14249	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	17885	1156	872	12032	18877	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	19516	1726	1334	18851	25403	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	19367	1726	1468	21003	23438	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	17885	1792	664	8705	28067	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14617	212	646	8357	2358	
SLE rara - N max gr.1	22594	766	1186	17227	11344	
SLE rara - MT max gr.1	22491	766	1370	20206	9989	
SLE rara - ML max gr.1	21469	810	616	8461	13165	
SLE rara - N max gr.3	22594	1204	923	12998	17673	
SLE rara - MT max gr.3	22491	1204	1015	14482	16318	
SLE rara - ML max gr.3	21469	1248	472	6166	19494	
SLE rara - Vento ponte scarico	19215	212	501	6357	2358	
SLE freq. - N max gr.1	21918	655	726	10417	9547	
SLE freq. - MT max gr.1	21836	655	873	12801	8463	
SLE freq. - ML max gr.1	21018	655	535	7240	10627	
SLE freq. - N max gr.3	21918	1006	515	7034	14610	
SLE freq. - MT max gr.3	21836	1006	589	8222	13526	
SLE freq. - ML max gr.3	21018	1006	420	5404	15690	
SLE freq. - Vento ponte scarico	19215	212	332	4092	2358	
SLE quasi permanente	19215	212	212	2358	2358	
SLV - N max	21926	1929	1834	19634	21026	
SLV - MT max gr.1	20481	1929	5603	58590	20755	
SLV - ML max gr.1	20276	5721	1786	18840	60459	
SLV - MT max gr.3	19260	1929	5603	58590	20755	
SLV - ML max gr.3	19055	5721	1786	18840	60459	
SLV - N min	17856	1929	1834	19634	21026	
SLV - N max	21926	2051	1953	21237	22685	
SLV - MT max gr.1	20481	2051	6000	63972	22414	
SLV - ML max gr.1	20276	6126	1905	20464	65990	
SLV - MT max gr.3	19260	2051	6000	63972	22414	
SLV - ML max gr.3	19055	6126	1905	20464	65990	
SLV - N min	17856	2051	1953	21237	22685	
SLV - N max	21926	2520	2412	27521	29085	
SLV - MT max gr.1	20481	2520	7529	84880	28814	
SLV - ML max gr.1	20276	7689	2364	26727	87322	
SLV - MT max gr.3	19260	2520	7529	84880	28814	
SLV - ML max gr.3	19055	7689	2364	26727	87322	
SLV - N min	17856	2520	2412	27521	29085	

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	31530	1090	1716	24982	16213	5410	1596	226
Al - SLU - MT max gr.1	31380	1090	1983	29302	14249	5503	1470	251
Al - SLU - ML max gr.1	29898	1156	872	12032	18877	4753	1891	161
Al - SLU - N max gr.3	31530	1726	1334	18851	25403	5552	1455	242
Al - SLU - MT max gr.3	31380	1726	1468	21003	23438	5544	1429	252
Al - SLU - ML max gr.3	29898	1792	664	8705	28067	5024	1620	212
Al - SLU - Vento ponte scarico	26630	286	720	9182	3184	3531	2386	86
Al - SLU Gmin - N max gr.1	19516	1090	1716	24982	16213	4076	261	226
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	19367	1090	1983	29302	14249	4168	136	251
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	17885	1156	872	12032	18877	3418	556	161
Al - SLU Gmin - N max gr.3	19516	1726	1334	18851	25403	4217	120	242
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	19367	1726	1468	21003	23438	4209	94	252
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	17885	1792	664	8705	28067	3690	285	212
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14617	212	646	8357	2358	2120	1128	76
						5552	94	252

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	21926	2051	1953	21237	22685	4470	403	315
SLV - MT max gr.1	20481	2051	6000	63972	22414	6275	-1724	705
SLV - ML max gr.1	20276	6126	1905	20464	65990	6255	-1750	713
SLV - MT max gr.3	19260	2051	6000	63972	22414	6139	-1859	705
SLV - ML max gr.3	19055	6126	1905	20464	65990	6120	-1885	713
SLV - N min	17856	2051	1953	21237	22685	4017	-49	315
						6275	-1885	713

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

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	21926	2520	2412	27521	29085	5057	-184	388
SLV - MT max gr.1	20481	2520	7529	84880	28814	7539	-2988	882
SLV - ML max gr.1	20276	7689	2364	26727	87322	7533	-3027	894
SLV - MT max gr.3	19260	2520	7529	84880	28814	7404	-3124	882
SLV - ML max gr.3	19055	7689	2364	26727	87322	7397	-3163	894
SLV - N min	17856	2520	2412	27521	29085	4605	-637	388
						7539	-3163	894

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C. n°	N kN	T _x kN	T _y kN	M _x kNm	M _y kNm	N _{max/palo} kN	N _{min/palo} kN	T _{/palo} kN
SLE rara - N max gr.1	22594	766	1186	17227	11344	3833	1188	157
SLE rara - MT max gr.1	22491	766	1370	20206	9989	3897	1101	174
SLE rara - ML max gr.1	21469	810	616	8461	13165	3387	1384	113
SLE rara - N max gr.3	22594	1204	923	12998	17673	3930	1091	169
SLE rara - MT max gr.3	22491	1204	1015	14482	16318	3925	1073	175
SLE rara - ML max gr.3	21469	1248	472	6166	19494	3573	1197	148
SLE rara - Vento ponte scarico	19215	212	501	6357	2358	2539	1732	60
						3930	1073	175

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	15829	905	1447	16843	10876
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	14422	1510	537	5505	19273
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	15700	905	1677	19877	9182
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	15700	905	1677	19877	9182
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	14422	1510	537	5505	19273
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	19801	1090	1716	19835	12943
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	18170	1792	664	6714	22691
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	19652	1090	1983	23354	10979
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	19652	1090	1983	23354	10979
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	18170	1792	664	6714	22691
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	14084	766	1186	13667	9045
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	12959	1248	472	4749	15749
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	13981	766	1370	16094	7690
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	13981	766	1370	16094	7690
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	12959	1248	472	4749	15749
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	13408	655	726	8240	7581
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	13408	1006	515	5489	11593
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	13326	655	873	10182	6497
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	13326	655	873	10182	6497
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	12508	1006	420	4144	12673
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	10705	212	212	1724	1724
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	12505	1485	1390	14798	15905
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	4240	1342	14147	45518
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	1485	4123	44000	15634
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	1485	4123	44000	15634
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	4240	1342	14147	45518
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	12505	1607	1509	16044	17199
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	4645	1461	15414	49833
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	1607	4520	48193	16928
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	1607	4520	48193	16928
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	4645	1461	15414	49833
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	12505	2076	1968	20952	22192
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	6208	1920	20300	66477
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	2076	6049	64512	21922
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	11697	2076	6049	64512	21922
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11493	6208	1920	20300	66477

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	A2 - SLU - N max gr.1	24818	905	1447	21183	13590
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	23412	1510	537	7118	23802
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	24690	905	1677	24907	11897
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	24690	905	1677	24907	11897
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	23412	1510	537	7118	23802
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	31530	1090	1716	24982	16213
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	29898	1792	664	8705	28067
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	31380	1090	1983	29302	14249
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	31380	1090	1983	29302	14249
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	29898	1792	664	8705	28067
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	22594	766	1186	17227	11344
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	21469	1248	472	6166	19494
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	22491	766	1370	20206	9989
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	22491	766	1370	20206	9989
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	21469	1248	472	6166	19494
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	21918	655	726	10417	9547
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	21918	1006	515	7034	14610
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	21836	655	873	12801	8463
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	21836	655	873	12801	8463
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	21018	1006	420	5404	15690
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	19215	212	212	2358	2358
SLV q=1,5	Nz,A _{max}	SLV - N max	21926	1929	1834	19634	21026
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	5721	1786	18840	60459
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	1929	5603	58590	20755
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	1929	5603	58590	20755
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	5721	1786	18840	60459
SLV q=1,36	Nz,A _{max}	SLV - N max	21926	2051	1953	21237	22685
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	6126	1905	20464	65990
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	2051	6000	63972	22414
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	2051	6000	63972	22414
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	6126	1905	20464	65990
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	21926	2520	2412	27521	29085
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	7689	2364	26727	87322
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	2520	7529	84880	28814
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	20481	2520	7529	84880	28814
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	20276	7689	2364	26727	87322

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	37 di 51

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	10.7	10.7	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	6208	6049	kN
Momento agente (q=1)	M	66477	64512	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4240	4123	kN
Momento agente (con q)	MEd	45518	44000	kN*m
Momento Resistente	MRd	56320	55765	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.24	1.27	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	6208	6049	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	5247	5226	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	5247	5226	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.07	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.07	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	5247	5226	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.04	1.07	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	38 di 51

Coef. Aderenza differito $B1 \cdot B2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 175.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	160.0	80	26
2	0.0	0.0	150.0	80	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 3.2 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	19801.17	12943.20	19834.92	0.00	0.00
2	18169.92	22691.08	6713.85	0.00	0.00
3	19651.82	10978.74	23354.28	0.00	0.00
4	19651.82	10978.74	23354.28	0.00	0.00
5	18169.92	22691.08	6713.85	0.00	0.00
6	12504.71	15904.70	14798.15	0.00	0.00
7	11492.91	45517.58	14146.68	5247.00	0.00
8	11697.31	15633.74	44000.24	0.00	5226.00
9	11697.31	15633.74	44000.24	0.00	0.00
10	11492.91	45517.58	14146.68	0.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	39 di 51

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	14084.00	13667.00	9045.00
2	12959.00	4749.00	15749.00
3	13981.00	16094.00	7690.00
4	13981.00	16094.00	7690.00
5	12959.00	4749.00	15749.00

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	13408.00	8240.00 (26296.18)	7581.00 (24193.12)
2	13408.00	5489.00 (13170.71)	11593.00 (27817.09)
3	13326.00	10182.00 (27393.20)	6497.00 (17479.24)
4	13326.00	10182.00 (27393.20)	6497.00 (17479.24)
5	12508.00	4144.00 (8714.32)	12673.00 (26649.77)

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	10705.00	1724.00 (0.00)	1724.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 13.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 12.7 cm

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

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	40 di 51

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	19801.17	12943.20	19834.92	19801.42	36453.94	55848.10	2.82849.5(288.6)	
2	S	18169.92	22691.08	6713.85	18170.01	62571.36	18520.51	2.76849.5(288.6)	
3	S	19651.82	10978.74	23354.28	19652.05	28312.43	60239.42	2.58849.5(288.6)	
4	S	19651.82	10978.74	23354.28	19652.05	28312.43	60239.42	2.58849.5(288.6)	
5	S	18169.92	22691.08	6713.85	18170.01	62571.36	18520.51	2.76849.5(288.6)	
6	S	12504.71	15904.70	14798.15	12504.44	43905.35	40854.37	2.76849.5(288.6)	
7	S	11492.91	45517.58	14146.68	11492.65	56320.39	17498.15	1.24849.5(288.6)	
8	S	11697.31	15633.74	44000.24	11697.44	19818.11	55765.37	1.27849.5(288.6)	
9	S	11697.31	15633.74	44000.24	11697.44	19818.11	55765.37	1.27849.5(288.6)	
10	S	11492.91	45517.58	14146.68	11492.65	56320.39	17498.15	1.24849.5(288.6)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min 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	146.6	123.7	0.00296	136.4	83.6	-0.00843	-136.4	-83.6
2	0.00350	49.7	74.9	0.00295	49.4	152.2	-0.00876	-49.4	-152.2
3	0.00350	158.4	147.5	0.00296	142.6	72.6	-0.00846	-142.6	-72.6
4	0.00350	158.4	147.5	0.00296	142.6	72.6	-0.00846	-142.6	-72.6
5	0.00350	49.7	54.4	0.00295	49.4	152.2	-0.00876	-49.4	-152.2
6	0.00350	119.2	128.1	0.00289	113.1	113.1	-0.01010	-113.1	-113.1
7	0.00350	51.9	167.1	0.00288	49.4	152.2	-0.01038	-49.4	-152.2
8	0.00350	164.9	58.6	0.00288	152.2	49.4	-0.01031	-152.2	-49.4
9	0.00350	164.9	58.6	0.00288	152.2	49.4	-0.01031	-152.2	-49.4
10	0.00350	51.9	167.1	0.00288	49.4	152.2	-0.01038	-49.4	-152.2

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	0.000029818	0.000019458	-0.002730968	----	----
2	0.000010386	0.000035101	-0.002905999	----	----
3	0.000032305	0.000015186	-0.002746841	----	----
4	0.000032305	0.000015186	-0.002746841	----	----
5	0.000010386	0.000035101	-0.002905999	----	----
6	0.000027655	0.000029723	-0.003604765	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	41 di 51

7	0.000012293	0.000039555	-0.003748710	----	----
8	0.000038860	0.000013807	-0.003717010	----	----
9	0.000038860	0.000013807	-0.003717010	----	----
10	0.000012293	0.000039555	-0.003748710	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 3.2 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	41138.65	9631.70289.4	258.7	305.0	1.000	1.109	0.0	95.1(0.0)
2	S	0.00	40831.78	9685.78289.9	260.2	303.4	1.000	1.100	0.0	95.1(0.0)
3	S	0.00	41124.38	9636.30289.4	258.8	305.0	1.000	1.109	0.0	95.2(0.0)
4	S	0.00	41124.38	9636.30289.4	258.8	305.0	1.000	1.109	0.0	95.2(0.0)
5	S	0.00	40831.78	9685.78289.9	260.2	303.4	1.000	1.100	0.0	95.1(0.0)
6	S	0.00	39481.01	9904.74292.4	266.0	295.4	1.000	1.069	0.0	95.2(0.0)
7	S	5010.58	39213.78	9940.02293.0	267.1	293.7	1.000	1.064	47.9	95.1(0.0)
8	S	4924.39	39233.16	9937.48293.0	266.9	293.7	1.000	1.065	47.1	95.1(0.0)
9	S	0.00	39233.16	9937.48293.0	266.9	293.7	1.000	1.065	0.0	95.1(0.0)
10	S	0.00	39213.78	9940.02293.0	267.1	293.7	1.000	1.064	0.0	95.1(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.37	96.6	0.0	-53.7	-83.6	-136.4	7859	164.6
2	S	5.44	167.5	0.0	-62.1	-152.2	-49.4	8447	180.5
3	S	5.90	75.4	0.0	-67.9	-72.6	-142.6	8480	180.5
4	S	5.90	75.4	0.0	-67.9	-72.6	-142.6	8480	180.5
5	S	5.44	167.5	0.0	-62.1	-152.2	-49.4	8447	180.5

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	42 di 51

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00030	0	0.500	26.0	137	0.00016 (0.00016)	677	0.109 (0.20)	21946.96	14524.78
2	S	-0.00034	0	0.500	26.0	137	0.00019 (0.00019)	673	0.125 (0.20)	7196.85	23866.76
3	S	-0.00037	0	0.500	26.0	137	0.00020 (0.00020)	673	0.137 (0.20)	22426.60	10715.83
4	S	-0.00037	0	0.500	26.0	137	0.00020 (0.00020)	673	0.137 (0.20)	22426.60	10715.83
5	S	-0.00034	0	0.500	26.0	137	0.00019 (0.00019)	673	0.125 (0.20)	7196.85	23866.76

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	3.66	118.5	0.0	-18.3	-103.9	-121.7	4380	106.2
2	S	4.16	158.2	0.0	-28.8	-142.6	-72.6	5947	138.0
3	S	3.93	94.1	0.0	-24.1	-83.6	-136.4	5424	127.4
4	S	3.93	94.1	0.0	-24.1	-83.6	-136.4	5424	127.4
5	S	4.34	166.3	0.0	-37.3	-152.2	-49.4	7151	154.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	0	0.500	26.0	137	0.00005 (0.00005)	648	0.036 (0.20)	26296.18	24193.12
2	S	-0.00016	0	0.500	26.0	137	0.00009 (0.00009)	656	0.057 (0.20)	13170.71	27817.09
3	S	-0.00014	0	0.500	26.0	137	0.00007 (0.00007)	654	0.047 (0.20)	27393.20	17479.24
4	S	-0.00014	0	0.500	26.0	137	0.00007 (0.00007)	654	0.047 (0.20)	27393.20	17479.24
5	S	-0.00021	0	0.500	26.0	137	0.00011 (0.00011)	671	0.075 (0.20)	8714.32	26649.77

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	1.46	123.7	0.0	8.2	-113.1	-113.1	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	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 :

$$N_{\max} = 5552 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 6275 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 713 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

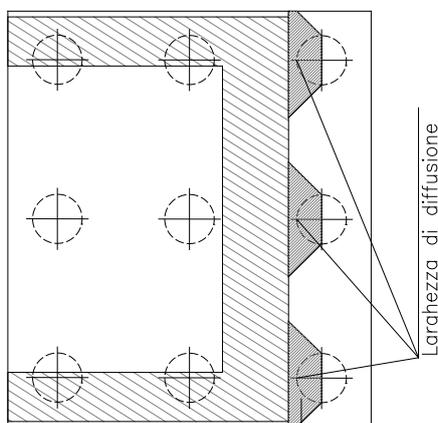


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

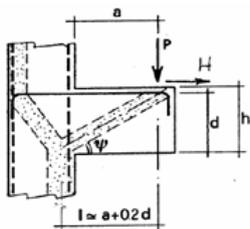
Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	44 di 51

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	45 di 51

Dati di progetto

$b(m) =$	4.20	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	6275.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	713.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	3.40	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	3.98	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.52		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$ 1.00

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	42.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	19000.34	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	19000.34
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 2 =$	42.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	19000.34	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	19000.34
Registro tipo	R3						
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=32.0m$

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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.6$ (vedi relazione geotecnica)

$$N_{\max} = 7539 \text{ kN} \quad T = 894 \text{ kN} \quad M = 894 * 2.6 = 2352 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -3163 \text{ kN} \quad T = 894 \text{ kN} \quad M = 894 * 2.6 = 2352 \text{ kNm}$$

$$N = -3163 \text{ kN} \quad T = 894 \text{ kN} \quad M_{\max} = 894 * 2.6 = 2352 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\varnothing 120 \text{ cm}$

$A_s = 26+26 \phi 26$ 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
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	47 di 51

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 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	50.0	26	26
2	0.0	0.0	45.0	26	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	5552.00	655.00	0.00	252.00	0.00
2	94.00	655.00	0.00	252.00	0.00
3	7539.00	2352.00	0.00	894.00	0.00
4	-3163.00	2352.00	0.00	894.00	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	3930.00	455.00	0.00
2	1073.00	455.00	0.00



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	48 di 51

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	3437.00	336.00 (1859.05)	0.00 (0.00)
2	1359.00	336.00 (1804.09)	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: 2.4 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	5552.00	655.00	0.00	5551.75	4835.93	0.00	7.38	276.1(33.9)
2	S	94.00	655.00	0.00	94.11	4135.77	0.00	6.31	276.1(33.9)
3	S	7539.00	2352.00	0.00	7538.93	4812.74	0.00	2.05	276.1(33.9)
4	S	-3163.00	2352.00	0.00	-3163.30	3234.69	0.00	1.38	276.1(33.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	60.0	0.00290	0.0	50.0	-0.00312	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00261	0.0	50.0	-0.00633	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00296	0.0	50.0	-0.00244	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00227	0.0	50.0	-0.00999	0.0	-50.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	49 di 51

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	0.000000000	0.000060211	-0.000112659	----	----
2	0.000000000	0.000089375	-0.001862472	----	----
3	0.000000000	0.000054032	0.000258110	----	----
4	0.000000000	0.000122593	-0.003855609	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y 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 $L=lungh.legat.proietta-$
 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	252.00	2422.99	2787.43	91.8 73.1	108.7	2.500	1.250	3.5	39.0(0.0)
2	S	252.00	2130.73	3092.29	93.3 81.1	107.0	2.500	1.006	3.2	39.0(0.0)
3	S	894.00	2325.60	2697.01	91.8 70.7	107.8	2.500	1.250	12.9	39.0(0.0)
4	S	894.00	2122.68	3325.23	97.2 87.2	99.8	2.500	1.000	10.5	39.0(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	4.38	0.0	0.0	15.2	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.86	0.0	0.0	-22.6	0.0	-50.0	897	31.9

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 04 05 001	A	50 di 51

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

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
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
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00040	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1877.25	0.00
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	420	0.028 (0.20)	1019.74	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.58	0.0	0.0	16.4	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.29	0.0	0.0	-5.1	0.0	-50.0	341	5.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00040	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1859.05	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	579	0.009 (0.20)	1804.09	0.00

5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi in forma tabellare delle sollecitazioni massime sui pali e delle verifiche geotecniche per il viadotto in oggetto, con relativi coefficienti di sicurezza.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SOLLECITAZIONI										
viadot to	spalla pila	D[m m]	npali[-]	Lpalo [m]	SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE		TAGLI E MOMENTI						
					Nmax,c [kN]	Nmin[k N]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]	senza scalzamento			con scalzamento			
									Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	
VI04	spalla 1	1500	9	31.0	7391	-	5196		1504	3.3	4993	-	-	-	
VI04	spalla 2	1500	12	28.0	6185	-	4115		987	3.3	3277	-	-	-	
VI04	pila 3	1200	9	32.0	6275	-1885	3930		894	2.6	2351	-	-	-	

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1771.5	1.18	7931	-	1.07	-	-
1390	1.41	6663	-	1.08	-	-
972	1.09	6795	-	1.08	5618	2.98