

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

VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Spalle

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI0305 005 A

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

File: RS3E50D09CLVI0305005A.docx

n. Esec.: 1247

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

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
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 03 05 005	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=37.0m</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 **VI03** 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 22** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

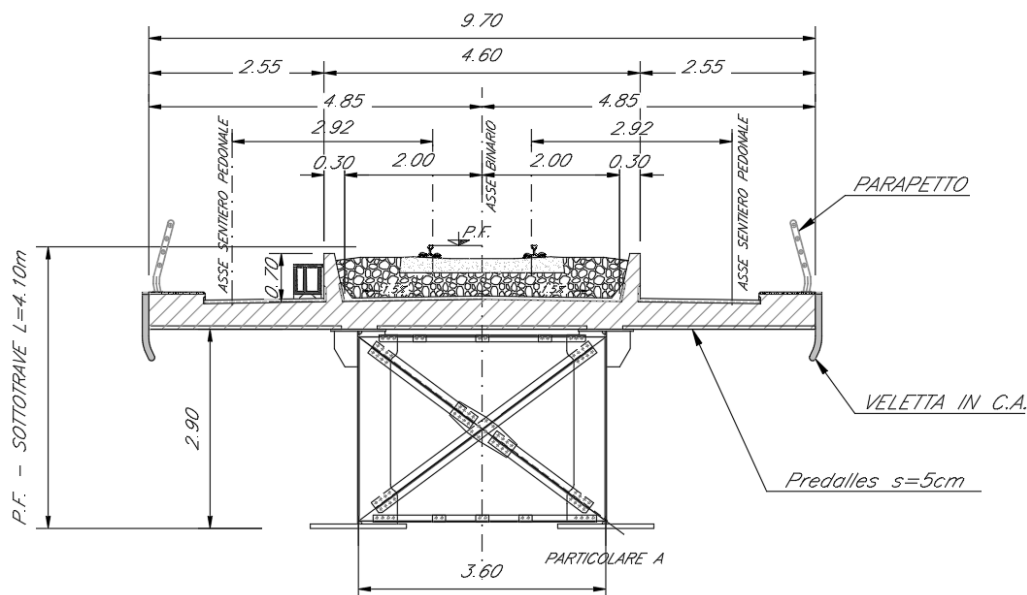
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

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 VI03 ha una lunghezza totale di circa 780 m, è costituito da 18 impalcati in c.a.p da 25m, 7 in sezione mista acciaio/cls di luce 40m ed 1 in sezione mista acciaio/cls di luce 50m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

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



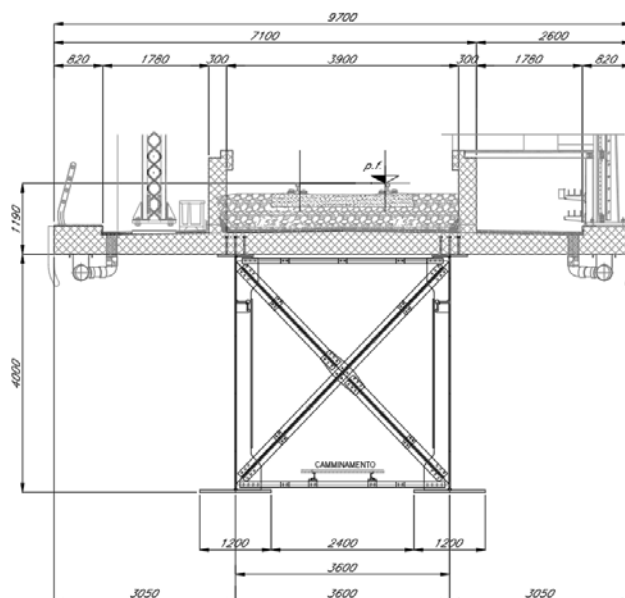
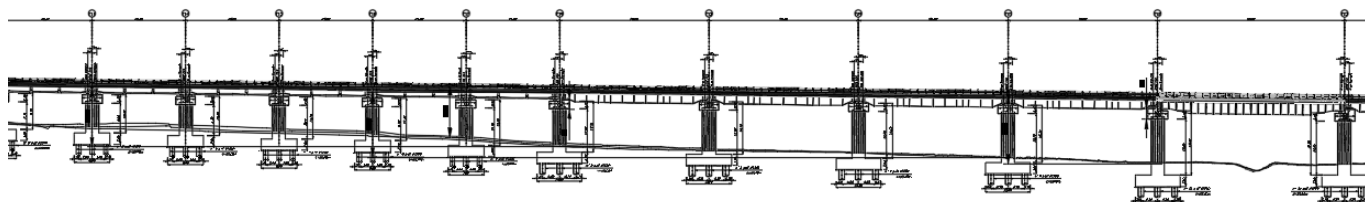
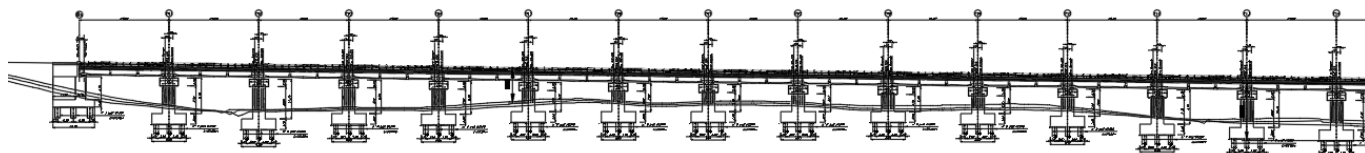


Figura 1: sezione trasversale impalcato sx edx

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.

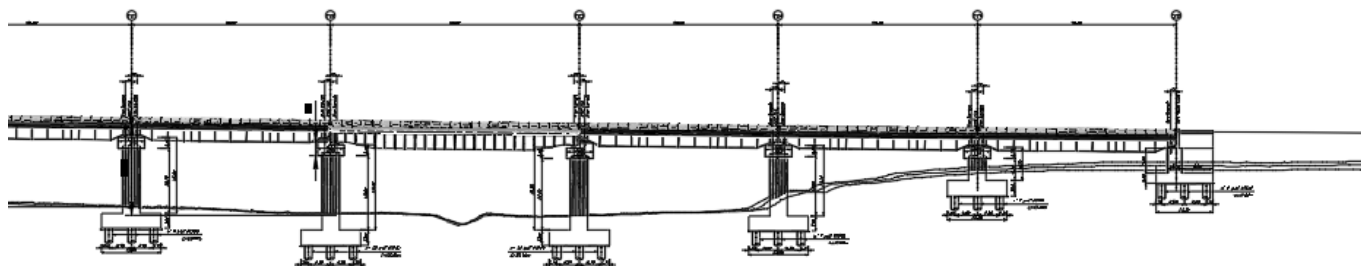




DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	6 di 51



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 005	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- 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;

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 03 05 005	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.

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 4.5m, una altezza complessiva di 15.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x 8.00m ed altezza 3.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50 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 03 05 005 A 14 di 51

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

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 005 A 15 di 51

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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

4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	53.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	18.45	m
Pulvino			
Altezza	H_p	3.00	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	15.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	4.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	4.50	m
Area Sezione		15.90	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	16.50	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	3.00	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		Ko = 0.426	
Sisma			
S_s		1.477	
a_g		0.145	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.214	

Tabella 2 – Dati di input

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	17 di 51

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

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

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

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

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

sx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2211	2858
2	0.470	-1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2211	2858
dx									
SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423
2	0.470	-1.8	2241	2305	1.1	1	1.05	2591	2423
dx ML max									
SEZIONE MISTA 50 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470
2	0.470	-1.8	2540	3302	1.1	1	1.05	2936	3470

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1515			1343			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1039			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			217			217	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			183			183	3.15
Vento Ponte Carico			305			305	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		40	40	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1617		1617	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1783		1783	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			2426		2426	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1688			1688			0.00
Permanenti G2	1500			1500			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1284			1139			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			178			178	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1373			1218			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			251			251	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1839			1631			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		753			753		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			178			178	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			229			229	3.15
Vento Ponte Carico			381			381	3.50
Attrito permanente		96	96		96	96	0.00
Attrito carichi mobili		55	55		49	49	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale		3465		3465		2.30
	Sisma trasversale			1617		1617	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		3822		3822		2.30
	Sisma trasversale			1783		1783	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00
q=1	Sisma longitudinale		5198		5198		2.30
	Sisma trasversale			2426		2426	2.30
	Sisma verticale	472			472		0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$qb=0.5*\rho*vb^2$	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	20.5	20.5	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.83	2.83	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.83	2.83	
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	18.3	30.4	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	3.05	3.31	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	18.3	30.4	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	18.3	18.3	kN/m
Luce impalcato	L	40	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	366	458	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	30.4	30.4	kN/m
Luce impalcato	L	40	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	609	761	kN/m

Vento su Pila e Pulvino				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	18.00	18	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.74	2.74	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	3.00	15.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	4.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.49	1.58	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	24	67.5	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	84	106	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	3.00	15.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.72	1.58	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	15.9	67.5	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	43	106	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	84	kN	
Pila	F	106	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.00	m	
Forza totale	F Tot	190	kN	
Vento y				
Pulvino	F	43	kN	
Pila	F	106	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.00	m	
Forza totale	F Tot	150	kN	

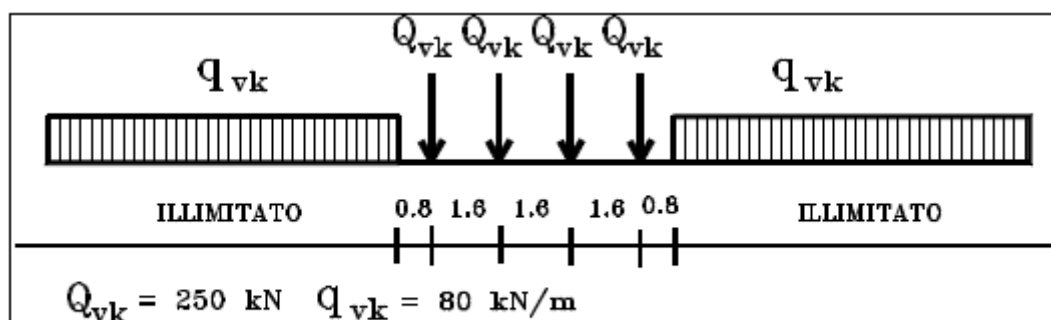
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

➤ *Modello di carico LM71*

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



Treno di carico LM 71

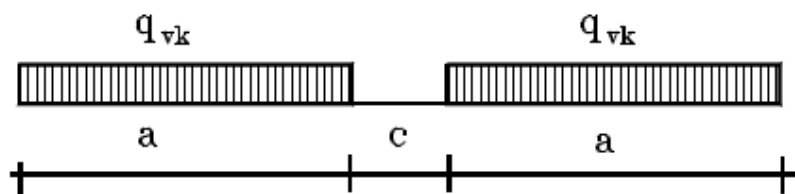
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

➤ *Modello di carico SW/2*

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



Treno di carico SW

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

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

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

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

4.6.5 Effetti dinamici

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

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

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	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	40	m	L ₀	38	m
velocità di progetto	160	km/h	σ_3 Coeff. Dinamico	1.092	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.80	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	235	Per V>120 km/h						
	182	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	235							
qtk	19	Per V>120 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h
	15	Per V<120 km/h						
qtk scelto	19							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	631	kN	qtk*Lcalc	503	kN	qtk*Lcalc	568	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	433	kN	FT= qtk*Lcalc /2	252		FT= qtk*Lcalc /2	284	

Forza centrifuga dx

L	50	m	L ₀	48	m
velocità di progetto	160	km/h	σ_3 Coeff. Dinamico	1.051	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.79	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	224	Per V>120 km/h						
	175	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	224							
qtk	18	Per V>120 km/h	qtk	16	Per V=100 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h
	14	Per V<120 km/h						
qtk scelto	18							
L calc= L-6.4m	43.6	m	L calc	30	m	L calc	43	m
qtk*Lcalc	780	kN	qtk*Lcalc	484	kN	qtk*Lcalc	712	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	502	kN	FT= qtk*Lcalc /2	242		FT= qtk*Lcalc /2	356	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 005	REV. A

4.6.7 Azione sismica

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

➤ Valori di progetto

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

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, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_{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

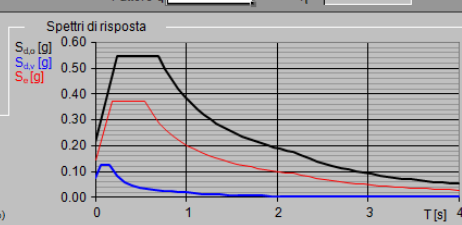
Compon. verticale

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, $\xi = 5\%$)

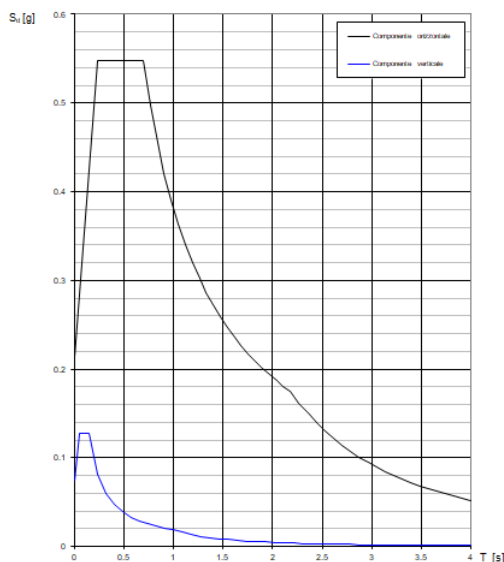
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

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	13719	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	5168	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	18887	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2744	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	12451	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	5168	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	17619	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	2490	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi _z	12451	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	5168	kN
Massa complessiva dir. Z	mi _z + mp _z	17619	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi _z /5	2490	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	20.1	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	20.1	m ⁴
Area Pila	A _p	15.90	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	238213864.5	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	238213864.5	N/m
rigidità Pila asse z	K _z	29157906816	N/m
Periodo x	T _x	0.56	s
Periodo y	T _y	0.54	s
Periodo z	T _z	0.05	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	0.107	

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	6930	kN
Tagliante direzione y	F y	6465	kN
Tagliante direzione z	F z	1887	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	7644	kN
Tagliante direzione y	F y	7131	kN
Tagliante direzione z	F z	1887	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	10396	kN
Tagliante direzione y	F y	9698	kN
Tagliante direzione z	F z	1887	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 005	REV. A

4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	30 di 51

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	9144			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		190		0.00	0.00	18.00	0	3424
Vento su pila dir.y			149.7	0.00	0.00	18.00	2695	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	9144			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	14850			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	10665			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		190		0.00	0.00	21.00	0	3994
Vento su pila dir.y			149.7	0.00	0.00	21.00	3145	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		3180		0.00	0.00	1.50	0.00	4771
Plinto sisma y			3180	0.00	0.00	1.50	4771	0
Plinto sisma z	1590			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	1142			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	28761	1520	2629	56932	32066	
A2 - SLU - MT max gr.1	28163	1520	2999	65469	33289	
A2 - SLU - ML max gr.1	26498	1669	1087	22841	40594	
A2 - SLU - N max gr.3	28761	2462	2197	46962	52256	
A2 - SLU - MT max gr.3	28163	2462	2382	51198	53479	
A2 - SLU - ML max gr.3	26498	2610	833	16997	60784	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	22160	342	1608	32950	8151	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	21741	1520	2629	56932	31130	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	21143	1520	2999	65469	32353	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	19478	1669	1087	22841	39658	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	21741	2462	2197	46962	51320	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	21143	2462	2382	51198	52543	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	19478	2610	833	16997	59848	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15140	342	1608	32950	7215	
A1 - SLU - N max gr.1	36197	1829	3107	67082	38562	
A1 - SLU - MT max gr.1	35502	1829	3536	76986	39980	
A1 - SLU - ML max gr.1	33571	2000	1326	27694	48438	
A1 - SLU - N max gr.3	36197	2922	2607	55517	62015	
A1 - SLU - MT max gr.3	35502	2922	2821	60431	63433	
A1 - SLU - ML max gr.3	33571	3093	1031	20915	71891	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	28539	462	1922	39256	10820	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	22798	1829	3107	67082	37165	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	22103	1829	3536	76986	38583	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	20172	2000	1326	27694	47041	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	22798	2922	2607	55517	60617	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	22103	2922	2821	60431	62035	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	20172	3093	1031	20915	70493	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15140	342	1803	37049	7215	
SLE rara - N max gr.1	25821	1285	2135	46020	27067	
SLE rara - MT max gr.1	25342	1285	2431	52850	28045	
SLE rara - ML max gr.1	24010	1399	938	19534	33808	
SLE rara - N max gr.3	25821	2038	1790	38044	43219	
SLE rara - MT max gr.3	25342	2038	1938	41432	44197	
SLE rara - ML max gr.3	24010	2152	735	14859	49959	
SLE rara - Vento ponte scarico	20540	342	1316	26802	7935	
SLE freq. - N max gr.1	24765	1096	1046	22328	23241	
SLE freq. - MT max gr.1	24382	1096	1283	27792	24023	
SLE freq. - ML max gr.1	23316	1096	819	16889	26990	
SLE freq. - N max gr.3	24765	1699	770	15947	36162	
SLE freq. - MT max gr.3	24382	1699	888	18658	36945	
SLE freq. - ML max gr.3	23316	1699	656	13149	39911	
SLE freq. - Vento ponte scarico	20540	342	754	15207	7935	
SLE quasi permanente	20540	342	342	6308	7935	
q = 1.5	SLV - N max	23484	2589	2287	47422	54977
q = 1.5	SLV - MT max gr.1	22067	2589	6874	142736	55173
q = 1.5	SLV - ML max gr.1	21801	7440	2231	46062	156573
q = 1.5	SLV - MT max gr.3	20934	2589	6874	142736	55173
q = 1.5	SLV - ML max gr.3	20668	7440	2231	46062	156573
q = 1.5	SLV - N min	19708	2589	2287	47422	54977
q = 1.36	SLV - N max	23484	2803	2487	51505	59418
q = 1.36	SLV - MT max gr.1	22067	2803	7540	156504	59614
q = 1.36	SLV - ML max gr.1	21801	8153	2430	50207	171375
q = 1.36	SLV - MT max gr.3	20934	2803	7540	156504	59614
q = 1.36	SLV - ML max gr.3	20668	8153	2430	50207	171375
q = 1.36	SLV - N min	19708	2803	2487	51505	59418
q = 1	SLV - N max	23484	3629	3258	67554	76547
q = 1	SLV - MT max gr.1	22067	3629	10108	209841	76742
q = 1	SLV - ML max gr.1	21801	10905	3201	66194	228471
q = 1	SLV - MT max gr.3	20934	3629	10108	209841	76742
q = 1	SLV - ML max gr.3	20668	10905	3201	66194	228471
q = 1	SLV - N min	19708	3629	3258	67554	76547

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

4.7.1 Plinto di fondazione

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	57476	1520	2629	64818	36628	
A2 - SLU - MT max gr.1	56877	1520	2999	74465	37850	
A2 - SLU - ML max gr.1	55212	1669	1087	26101	45601	
A2 - SLU - N max gr.3	57476	2462	2197	53554	59641	
A2 - SLU - MT max gr.3	56877	2462	2382	58345	60864	
A2 - SLU - ML max gr.3	55212	2610	833	19496	68614	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	50875	342	1608	37773	9177	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	36591	1520	2629	64818	35692	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	35993	1520	2999	74465	36914	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	34328	1669	1087	26101	44665	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	36591	2462	2197	53554	58705	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	35993	2462	2382	58345	59928	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	34328	2610	833	19496	67678	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29990	342	1608	37773	8241	
A1 - SLU - N max gr.1	72242	1829	3107	76403	44048	
A1 - SLU - MT max gr.1	71547	1829	3536	87594	45466	
A1 - SLU - ML max gr.1	69616	2000	1326	31670	54438	
A1 - SLU - N max gr.3	72242	2922	2607	63337	70781	
A1 - SLU - MT max gr.3	71547	2922	2821	68894	72199	
A1 - SLU - ML max gr.3	69616	3093	1031	24009	81170	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	64584	462	1922	45023	12205	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	37648	1829	3107	76403	42651	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	36953	1829	3536	87594	44069	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	35022	2000	1326	31670	53040	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	37648	2922	2607	63337	69383	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	36953	2922	2821	68894	70801	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	35022	3093	1031	24009	79773	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29990	342	1803	42456	8241	
SLE rara - N max gr.1	51336	1285	2135	52424	30921	
SLE rara - MT max gr.1	50857	1285	2431	60142	31899	
SLE rara - ML max gr.1	49525	1399	938	22347	38004	
SLE rara - N max gr.3	51336	2038	1790	43413	49332	
SLE rara - MT max gr.3	50857	2038	1938	47246	50310	
SLE rara - ML max gr.3	49525	2152	735	17064	56415	
SLE rara - Vento ponte scarico	46055	342	1316	30748	8961	
SLE freq. - N max gr.1	50280	1096	1046	25465	26529	
SLE freq. - MT max gr.1	49897	1096	1283	31640	27312	
SLE freq. - ML max gr.1	48831	1096	819	19345	30278	
SLE freq. - N max gr.3	50280	1699	770	18256	41258	
SLE freq. - MT max gr.3	49897	1699	888	21323	42040	
SLE freq. - ML max gr.3	48831	1699	656	15118	45007	
SLE freq. - Vento ponte scarico	46055	342	754	17469	8961	
SLE quasi permanente	46055	342	342	7333	8961	
q = 1,5						
SLV - N max	51732	3543	3241	55715	64176	
SLV - MT max gr.1	48402	3543	10054	168129	64371	
SLV - ML max gr.1	48135	10620	3185	54185	183663	
SLV - MT max gr.3	45629	3543	10054	168129	64371	
SLV - ML max gr.3	45363	10620	3185	54185	183663	
SLV - N min	42491	3543	3241	55715	64176	
q = 1,36						
SLV - N max	51732	3757	3441	60397	69258	
SLV - MT max gr.1	48402	3757	10720	183894	69454	
SLV - ML max gr.1	48135	11334	3384	58929	200606	
SLV - MT max gr.3	45629	3757	10720	183894	69454	
SLV - ML max gr.3	45363	11334	3384	58929	200606	
SLV - N min	42491	3757	3441	60397	69258	
q = 1						
SLV - N max	51732	4583	4212	78758	88864	
SLV - MT max gr.1	48402	4583	13288	244936	89059	
SLV - ML max gr.1	48135	14085	4155	77227	265957	
SLV - MT max gr.3	45629	4583	13288	244936	89059	
SLV - ML max gr.3	45363	14085	4155	77227	265957	
SLV - N min	42491	4583	4212	78758	88864	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	72242	1829	3107	76403	44048	8942	3099	300
AI - SLU - MT max gr.1	71547	1829	3536	87594	45466	9172	2753	332
AI - SLU - ML max gr.1	69616	2000	1326	31670	54438	8017	3585	200
AI - SLU - N max gr.3	72242	2922	2607	63337	70781	9394	2647	326
AI - SLU - MT max gr.3	71547	2922	2821	68894	72199	9499	2426	338
AI - SLU - ML max gr.3	69616	3093	1031	24009	81170	8590	3013	272
AI - SLU - Vento ponte scarico	64584	462	1922	45023	12205	6722	4042	165
AI - SLU Gmin - N max gr.1	37648	1829	3107	76403	42651	6020	255	300
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	36953	1829	3536	87594	44069	6250	-91	332
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	35022	2000	1326	31670	53040	5096	741	200
AI - SLU Gmin - N max gr.3	37648	2922	2607	63337	69383	6472	-197	326
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	36953	2922	2821	68894	70801	6577	-418	338
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	35022	3093	1031	24009	79773	5668	169	272
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	29990	342	1803	42456	8241	3672	1327	153
						9499	-418	338

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	51732	3757	3441	60397	69258	7577	1045	425
SLV - MT max gr.1	48402	3757	10720	183894	69454	10049	-1982	947
SLV - ML max gr.1	48135	11334	3384	58929	200606	10893	-2871	986
SLV - MT max gr.3	45629	3757	10720	183894	69454	9818	-2213	947
SLV - ML max gr.3	45363	11334	3384	58929	200606	10662	-3102	986
SLV - N min	42491	3757	3441	60397	69258	6807	275	425
						10893	-3102	986

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	51732	4583	4212	78758	88864	8530	92	519
SLV - MT max gr.1	48402	4583	13288	244936	89059	11950	-3883	1171
SLV - ML max gr.1	48135	14085	4155	77227	265957	13115	-5093	1224
SLV - MT max gr.3	45629	4583	13288	244936	89059	11719	-4114	1171
SLV - ML max gr.3	45363	14085	4155	77227	265957	12884	-5324	1224
SLV - N min	42491	4583	4212	78758	88864	7760	-678	519
						13115	-5324	1224

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	51336	1285	2135	52424	30921	7541	2427	208
SLE rara - MT max gr.1	50857	1285	2431	60142	31899	7850	2247	229
SLE rara - ML max gr.1	49525	1399	938	22347	38004	6438	2419	140
SLE rara - N max gr.3	51336	2038	1790	43413	49332	7859	1866	226
SLE rara - MT max gr.3	50857	2038	1938	47246	50310	8010	1738	234
SLE rara - ML max gr.3	49525	2152	735	17064	56415	6906	1808	189
SLE rara - Vento ponte scarico	46055	342	1316	30748	8961	5412	3092	113
						8010	1738	234

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	28761	1520	2629	56932	32066
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	26498	2610	833	16997	60784
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	28163	1520	2999	65469	33289
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	28163	1520	2999	65469	33289
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	26498	2610	833	16997	60784
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	36197	1829	3107	67082	38562
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	33571	3093	1031	20915	71891
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	35502	1829	3536	76986	39980
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	35502	1829	3536	76986	39980
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	33571	3093	1031	20915	71891
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	25821	1285	2135	46020	27067
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	24010	2152	735	14859	49959
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	25342	1285	2431	52850	28045
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	25342	1285	2431	52850	28045
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	24010	2152	735	14859	49959
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	24765	1096	1046	22328	23241
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	24765	1699	770	15947	36162
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	24382	1096	1283	27792	24023
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	24382	1096	1283	27792	24023
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	23316	1699	656	13149	39911
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	20540	342	342	6308	7935
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	23484	2589	2287	47422	54977
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	7440	2231	46062	156573
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	2589	6874	142736	55173
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	2589	6874	142736	55173
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	7440	2231	46062	156573
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	23484	2803	2487	51505	59418
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	8153	2430	50207	171375
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	2803	7540	156504	59614
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	2803	7540	156504	59614
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	8153	2430	50207	171375
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	23484	3629	3258	67554	76547
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	10905	3201	66194	228471
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	3629	10108	209841	76742
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	22067	3629	10108	209841	76742
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	21801	10905	3201	66194	228471

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	57476	1520	2629	64818	36628
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	55212	2610	833	19496	68614
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	56877	1520	2999	74465	37850
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	56877	1520	2999	74465	37850
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	55212	2610	833	19496	68614
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	72242	1829	3107	76403	44048
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	69616	3093	1031	24009	81170
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	71547	1829	3536	87594	45466
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	71547	1829	3536	87594	45466
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	69616	3093	1031	24009	81170
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	51336	1285	2135	52424	30921
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	49525	2152	735	17064	56415
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	50857	1285	2431	60142	31899
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	50857	1285	2431	60142	31899
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	49525	2152	735	17064	56415
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	50280	1096	1046	25465	26529
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	50280	1699	770	18256	41258
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	49897	1096	1283	31640	27312
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	49897	1096	1283	31640	27312
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	48831	1699	656	15118	45007
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	46055	342	342	7333	8961
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	51732	3543	3241	55715	64176
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	10620	3185	54185	183663
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	3543	10054	168129	64371
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	3543	10054	168129	64371
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	10620	3185	54185	183663
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	51732	3757	3441	60397	69258
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	11334	3384	58929	200606
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	3757	10720	183894	69454
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	3757	10720	183894	69454
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	11334	3384	58929	200606
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	51732	4583	4212	78758	88864
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	14085	4155	77227	265957
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	4583	13288	244936	89059
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	48402	4583	13288	244936	89059
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	48135	14085	4155	77227	265957

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	37 di 51

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	20.8	20.8	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	10905	10108	kN
Momento agente (q=1)	M	228471	209841	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	7440	6874	kN
Momento agente (con q)	MEd	156573	142736	kN*m
Momento Resistente	MRd	186053	181164	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.19	1.27	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	10905	10108	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	8841	8725	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	8841	8725	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	8841	8725	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.00	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:
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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	38 di 51

Coeff. Aderenza differito $B1 * B2$: 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.: 225.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della 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	210.0	120	30
2	0.0	0.0	200.0	120	30
3	0.0	0.0	190.0	120	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 1.9 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	36196.61	38562.07	67082.37	0.00	0.00
2	33570.66	71890.73	20915.34	0.00	0.00
3	35502.06	39980.17	76985.58	0.00	0.00
4	35502.06	39980.17	76985.58	0.00	0.00
5	33570.66	71890.73	20915.34	0.00	0.00
6	23484.32	54977.14	47422.27	0.00	0.00
7	21800.52	156572.59	46062.43	8841.00	0.00
8	22066.92	55172.74	142735.93	0.00	8725.00
9	22066.92	55172.74	142735.93	0.00	0.00
10	21800.52	156572.59	46062.43	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 03 05 005	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	25821.00	46020.00	27067.00
2	24010.00	14859.00	49959.00
3	25342.00	52850.00	28045.00
4	25342.00	52850.00	28045.00
5	24010.00	14859.00	49959.00

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	24765.00	22328.00 (51083.70)	23241.00 (53172.53)
2	24765.00	15947.00 (25406.55)	36162.00 (57612.82)
3	24382.00	27792.00 (49529.37)	24023.00 (42812.46)
4	24382.00	27792.00 (49529.37)	24023.00 (42812.46)
5	23316.00	13149.00 (18347.14)	39911.00 (55688.84)

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	20540.00	6308.00 (0.00)	7935.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	13.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.9 cm
Copriferro netto minimo staffe:	12.5 cm

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	40 di 51

N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	36196.61	38562.07	67082.37	36196.40	103621.44	180266.21	2.692544.7(477.1)	
2	S	33570.66	71890.73	20915.34	33570.38	197340.20	57404.86	2.742544.7(477.1)	
3	S	35502.06	39980.17	76985.58	35502.27	95558.23	183968.88	2.392544.7(477.1)	
4	S	35502.06	39980.17	76985.58	35502.27	95558.23	183968.88	2.392544.7(477.1)	
5	S	33570.66	71890.73	20915.34	33570.38	197340.20	57404.86	2.742544.7(477.1)	
6	S	23484.32	54977.14	47422.27	23484.57	148182.24	127803.59	2.702544.7(477.1)	
7	S	21800.52	156572.59	46062.43	21800.77	186053.37	54733.74	1.192544.7(477.1)	
8	S	22066.92	55172.74	142735.93	22066.94	70028.36	181164.55	1.272544.7(477.1)	
9	S	22066.92	55172.74	142735.93	22066.94	70028.36	181164.55	1.272544.7(477.1)	
10	S	21800.52	156572.59	46062.43	21800.77	186053.37	54733.74	1.192544.7(477.1)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	195.1	140.0	0.00314	181.9	105.0	-0.00693	-181.9	-105.0
2	0.00350	62.9	90.8	0.00313	54.4	202.8	-0.00713	-54.4	-202.8
3	0.00350	199.7	170.2	0.00314	187.1	95.3	-0.00698	-187.1	-95.3
4	0.00350	199.7	170.2	0.00314	187.1	95.3	-0.00698	-187.1	-95.3
5	0.00350	62.9	70.4	0.00313	54.4	202.8	-0.00713	-54.4	-202.8
6	0.00350	147.0	170.4	0.00310	140.5	156.1	-0.00798	-140.5	-156.1
7	0.00350	63.5	215.9	0.00310	54.4	202.8	-0.00814	-54.4	-202.8
8	0.00350	209.9	81.1	0.00310	196.1	75.3	-0.00811	-196.1	-75.3
9	0.00350	209.9	81.1	0.00310	196.1	75.3	-0.00811	-196.1	-75.3
10	0.00350	63.5	215.9	0.00310	54.4	202.8	-0.00814	-54.4	-202.8

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	0.000020792	0.000011952	-0.001895989	----	----
2	0.000006828	0.000023469	-0.001999414	----	----
3	0.000021388	0.000011107	-0.001922491	----	----
4	0.000021388	0.000011107	-0.001922491	----	----
5	0.000006828	0.000023469	-0.001999414	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	41 di 51

6	0.000017239	0.000019986	-0.002438601	----	----
7	0.000007550	0.000025665	-0.002519277	----	----
8	0.000024895	0.000009623	-0.002505234	----	----
9	0.000024895	0.000009623	-0.002505234	----	----
10	0.000007550	0.000025665	-0.002519277	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 1.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	69498.60	30081.26371.9	325.5	405.3	1.000	1.121	0.0	236.2(0.0)
2	S	0.00	69044.88	30222.21372.4	326.9	404.0	1.000	1.112	0.0	236.3(0.0)
3	S	0.00	69266.41	30144.12372.4	326.1	403.9	1.000	1.119	0.0	236.2(0.0)
4	S	0.00	69266.41	30144.12372.4	326.1	403.9	1.000	1.119	0.0	236.2(0.0)
5	S	0.00	69044.88	30222.21372.4	326.9	404.0	1.000	1.112	0.0	236.3(0.0)
6	S	0.00	67036.44	30789.63374.8	333.0	397.1	1.000	1.079	0.0	236.3(0.0)
7	S	8481.58	66659.13	30894.26375.3	334.1	395.6	1.000	1.073	64.9	236.3(0.0)
8	S	8138.19	66689.29	30874.25375.3	334.0	395.6	1.000	1.074	62.3	236.2(0.0)
9	S	0.00	66689.29	30874.25375.3	334.0	395.6	1.000	1.074	0.0	236.2(0.0)
10	S	0.00	66659.13	30894.26375.3	334.1	395.6	1.000	1.073	0.0	236.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.79	114.1	0.0	-85.4	-105.0	-181.9	14686	565.5
2	S	6.63	215.7	0.0	-87.2	-199.7	-64.9	14966	558.4
3	S	7.60	105.5	0.0	-107.4	-95.3	-187.1	15453	586.7
4	S	7.60	105.5	0.0	-107.4	-95.3	-187.1	15453	586.7
5	S	6.63	215.7	0.0	-87.2	-199.7	-64.9	14966	558.4

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	42 di 51

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a 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; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00046	0	0.500	30.0	135	0.00026 (0.00026)	591	0.152 (0.20)	47307.98	27824.54
2	S	-0.00047	0	0.500	30.0	135	0.00026 (0.00026)	596	0.156 (0.20)	15330.14	51543.06
3	S	-0.00058	0	0.500	30.0	135	0.00032 (0.00032)	593	0.191 (0.20)	46000.37	24410.23
4	S	-0.00058	0	0.500	30.0	135	0.00032 (0.00032)	593	0.191 (0.20)	46000.37	24410.23
5	S	-0.00047	0	0.500	30.0	135	0.00026 (0.00026)	596	0.156 (0.20)	15330.14	51543.06

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.19	162.3	0.0	-28.0	-148.5	-148.5	9493	395.8
2	S	5.06	205.9	0.0	-47.1	-191.8	-85.4	12444	480.7
3	S	4.72	147.1	0.0	-40.4	-140.5	-156.1	11816	466.5
4	S	4.72	147.1	0.0	-40.4	-140.5	-156.1	11816	466.5
5	S	5.36	213.7	0.0	-58.3	-199.7	-64.9	13634	523.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	0.500	30.0	135	0.00008 (0.00008)	581	0.049 (0.20)	51083.70	53172.53
2	S	-0.00026	0	0.500	30.0	135	0.00014 (0.00014)	591	0.084 (0.20)	25406.55	57612.82
3	S	-0.00022	0	0.500	30.0	135	0.00012 (0.00012)	588	0.071 (0.20)	49529.37	42812.46
4	S	-0.00022	0	0.500	30.0	135	0.00012 (0.00012)	588	0.071 (0.20)	49529.37	42812.46
5	S	-0.00032	0	0.500	30.0	135	0.00017 (0.00017)	592	0.103 (0.20)	18347.14	55688.84

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	1.86	176.1	0.0	4.1	-163.2	-132.2	----	----

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

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

4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 9499 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 10893 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 986 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

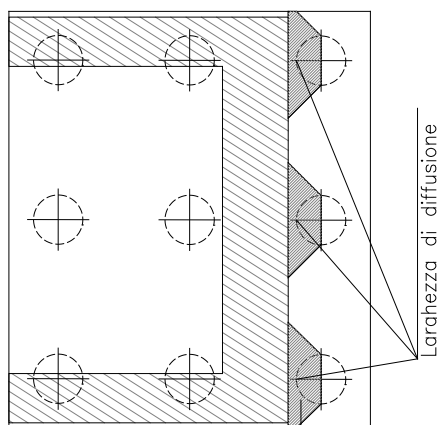


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

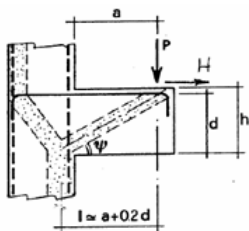
Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni 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 03 05 005	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 03 05 005	A	45 di 51

Dati di progetto

$b(m) =$	5.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	10893.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	986.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	5.80	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	6.38	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	2.44		$\lambda = ctg\psi \geq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

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

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{Rs} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=37.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.2 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 13115 \text{ kN} \quad T = 1224 \text{ kN} \quad M = 1224 * 3.2 = 3966 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -5324 \text{ kN} \quad T = 1224 \text{ kN} \quad M = 1224 * 3.2 = 3966 \text{ kNm}$$

$$N = -5324 \text{ kN} \quad T = 1224 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1224 * 3.2 = 3966 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 36 + 36 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a $L = 37.00m$

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
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	A	47 di 51

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	36	26
2	0.0	0.0	59.0	36	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	9499.00	1082.00	0.00	338.00	0.00
2	-418.00	1082.00	0.00	338.00	0.00
3	13115.00	3966.00	0.00	1224.00	0.00
4	-5324.00	3966.00	0.00	1224.00	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	8010.00	749.00	0.00
2	1738.00	749.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	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	6577.00	512.00 (1977.98)	0.00 (0.00)
2	2199.00	512.00 (10066.89)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	9499.00	1082.00	0.00	9499.20	9086.34	0.00	8.40	382.3(53.0)
2	S	-418.00	1082.00	0.00	-418.14	7353.46	0.00	6.80	382.3(53.0)
3	S	13115.00	3966.00	0.00	13115.26	8924.06	0.00	2.25	382.3(53.0)
4	S	-5324.00	3966.00	0.00	-5324.17	5421.73	0.00	1.37	382.3(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00303	0.0	65.0	-0.00304	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00272	0.0	65.0	-0.00747	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00309	0.0	65.0	-0.00225	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00235	0.0	65.0	-0.01256	0.0	-65.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 005	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	0.000046720	-0.000003977	----	----
2	0.000000000	0.000078343	-0.002375717	----	----
3	0.000000000	0.000041042	0.000421870	----	----
4	0.000000000	0.000114705	-0.005102849	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 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	338.00	3858.80	3553.62117.3	92.8	136.3	2.500	1.250	3.7	39.2(0.0)
2	S	338.00	3430.64	4050.10119.6	105.7	132.9	2.500	1.000	3.3	39.2(0.0)
3	S	1224.00	3492.18	3411.46117.5	89.1	135.0	2.500	1.190	14.0	39.2(0.0)
4	S	1224.00	3320.57	4404.92125.0	115.0	118.3	2.500	1.000	10.9	39.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.99	0.0	0.0	31.0	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.49	0.0	0.0	-14.7	0.0	-65.0	1027	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 03 05 005	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	-0.00043	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2018.06	0.00
2	S	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	438	0.019 (0.20)	2331.72	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	3.88	0.0	0.0	28.2	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.01	0.0	0.0	0.1	0.0	-65.0	0	0.0

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	-0.00044	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1977.98	0.00
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	0	0.002 (0.20)	10066.89	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 ax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax ax
VI03	spalla 1	1500	9	31.0	7614	-	5351	-	1553	3.3	5094	-	-	-
VI03	spalla 2	1500	9	30.0	7510	-	5279	-	1369	3.3	4490	-	-	-
VI03	Pila 5	1200	9	32.0	6537	-1941	4084	-	896	2.6	2348	-	-	-
VI03	Pila 17	1200	9	36.0	7836	-3199	4544	-	917	2.6	2403	-	-	-
VI03	Pila 18	1500	9	35.0	9756	-3171	5995	-	1271	3.2	4118	-	-	-
VI03	Pila 21	1500	9	37.0	10558	-3504	6470	-	1284	3.2	4160	-	-	-
VI03	Pila 22	1500	9	37.0	10893	-3102	8010	6577	1224	3.2	3966	160	3.2	518. 4

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1932.6	1.24	7989	-	1.05	-	-
1648.2	1.20	8404	-	1.12	-	-
960.5	1.07	7082	-	1.08	5838	3.01
960.5	1.05	8169	-	1.04	6784	2.12
1470.2	1.16	10322	-	1.06	8370	2.64
1470.2	1.15	11022	-	1.04	8972	2.56
1470.2	1.20	11022	11019	1.01	8972	2.89