

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

VI08 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile 2 di 2

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI0805 002 A

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

ITALFER S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 N° 420783

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	MATERIALI	7
3.1	VERIFICA S.L.E.	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	8
4	ANALISI E VERIFICHE PILA	10
4.1	GENERALITÀ	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	14
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i>	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	21
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i>	22
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	22
4.6.7	<i>Azione sismica</i>	24
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	28
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i>	28
4.7	SOLLECITAZIONI	30

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i>	31
4.8	PALI DI FONDAZIONE	32
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	33
4.9.1	<i>Pila</i>	36
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	45
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m</i>	48

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI08** 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 08** 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 VI08 ha una lunghezza totale di circa 405 m, è costituito da 14 impalcati in c.a.p da 25m ed 1 in acciaio di luce 55m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

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

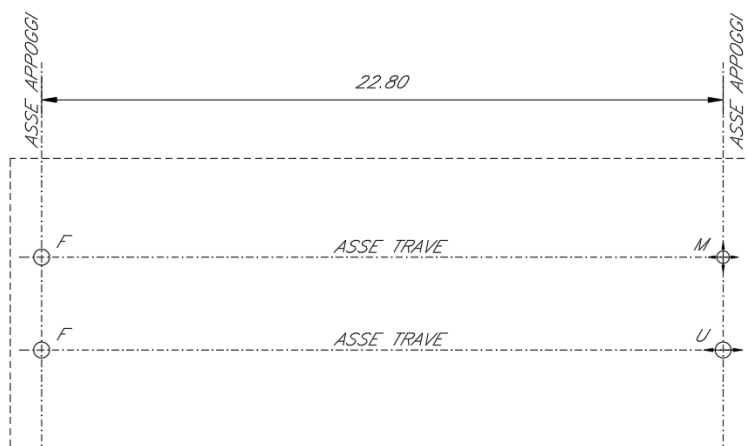


Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx

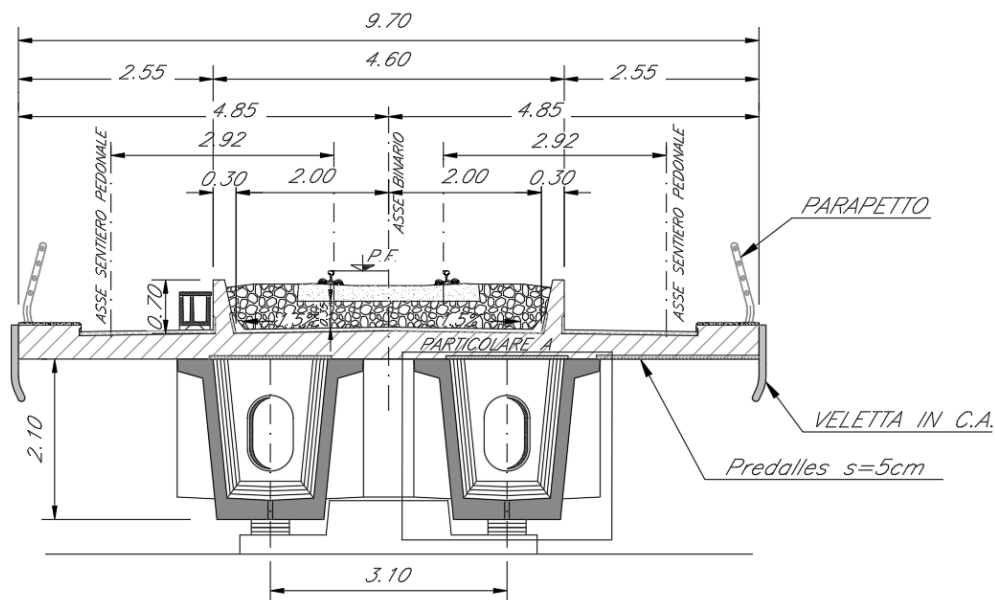
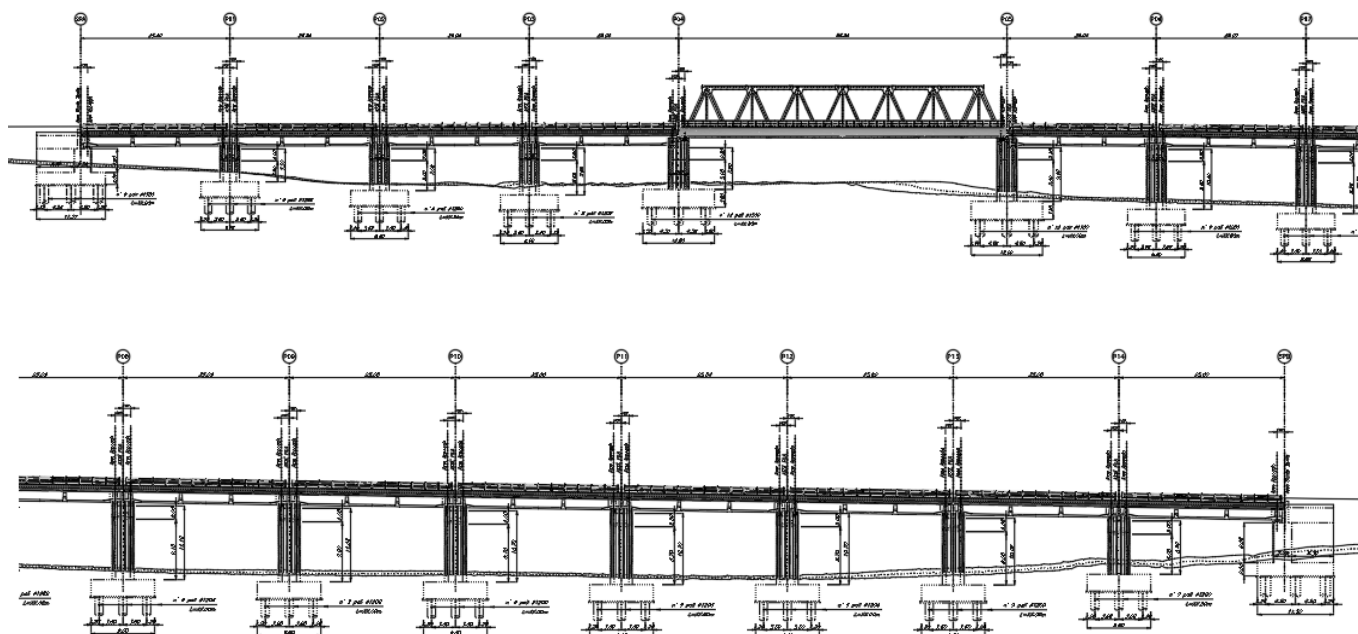


Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

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



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 08 05 002	A	9 di 53

		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 **rettangolare cava** di dimensioni 3.3x 8.60m, una altezza complessiva di 9.10m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.3x 8.60m ed altezza 2.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m collegate in testa da una platea di spessore 2.50m.

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

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

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 08 05 002 A 13 di 53

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

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

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

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

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

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

A1 - S1U G min - N max gr.3	A1 - S1U G min - MT max gr.3	A1 - S1U G min - ML max gr.3	A1 - S1U G min - Vento ponte scarico	S1E min - N max gr.1	S1E min - MT max gr.1	S1E min - ML max gr.1	S1E min - N max gr.3	S1E min - MT max gr.3	S1E min - ML max gr.3	S1E min - Vento ponte scarico	S1E freq - N max gr.1	S1E freq - MT max gr.1	S1E freq - ML max gr.1	S1E freq - N max gr.3	S1E freq - MT max gr.3	S1E freq - ML max gr.3	S1E freq - Vento ponte scarico	S1E quasi permanente	S1V - N max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Qr
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	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	0.80	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	12.05	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.60	m
Area Sezione		26.62	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	9.10	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	8.60	m
Area Sezione		11.88	m ²
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	9.60	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
S_s		1.468	
a_g		0.153	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.225	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

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

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

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G1	162	kN/m
Permanenti portati	G2	120	kN/m
Ballast	G2	0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 08 05 002 A 17 di 53

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

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	596			529			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga						0	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio							3.30
Vento Ponte Scanico			65			65	3.30
Vento Ponte Carico			136			136	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		26	26		23	23	0.00
q _{1.5}	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			946		946	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q _{1.36}	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1043		1043	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q ₁	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1419		1419	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.30
Vento Ponte Scanico			65			65	3.30
Vento Ponte Carico			136			136	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale		1934		1934		2.50
	Sisma trasversale			946		946	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		2133		2133		2.50
	Sisma trasversale			1043		1043	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00
q=1	Sisma longitudinale		2901		2901		2.50
	Sisma trasversale			1419		1419	2.50
	Sisma verticale	281			281		0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
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
	aR	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	15.5	15.5	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.64	2.64	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	2.6	3.3	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.1	7.3	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.37	1.33	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.79	2.10	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.64	2.64	
Coefficiente di forza	cfx	1.79	2.10	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.1	7.3	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	10.4	21.7	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.53	2.97	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	10.4	21.7	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	10.4	10.4	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	130	130	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	21.7	21.7	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	271	271	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	11.10	11.1	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.42	2.42		
		dir.x	dir.x		
Altezza (dir.z)	h	2.00	9.10	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.60	8.60	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.3	3.3	m	
Rapporto di forma	d/b	0.38	0.38		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.21	2.21		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.86	1.86	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	78.26	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	32	146	kN	
		dir.y	dir.y		
Altezza (dir.z)	h	2.00	9.10	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.3	3.3	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m	
Rapporto di forma	d/b	2.61	2.61		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.47	1.47		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.36	0.36		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.95	0.95	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.6	30.03	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	29	kN	
Riepilogo					
Vento x					
Pulvino	F	32	kN		
Pila	F	146	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	11.10	m		
Forza totale	F Tot	178	kN		
Vento y					
Pulvino	F	6	kN		
Pila	F	29	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	11.10	m		
Forza totale	F Tot	35	kN		

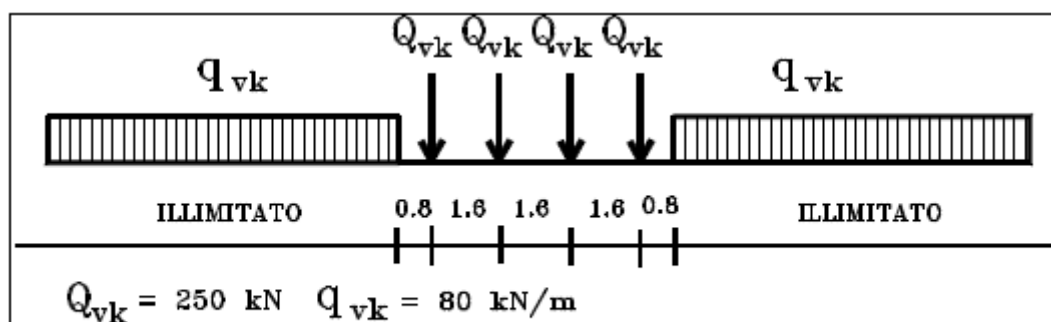
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

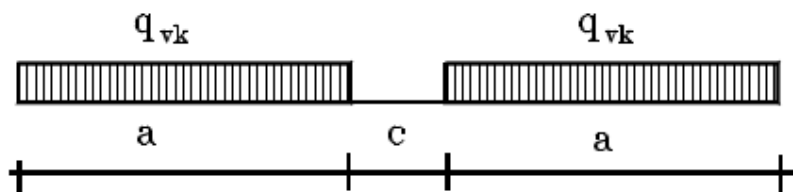
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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	$q_{v,k}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

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

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

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

4.6.5 Effetti dinamici

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

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

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	25	m
L _{calc}	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Q _{lb,k}	550	per Treno LM 71
Q _{lb,k}	433.4	per Treno SW/0
Q _{lb,k}	875	per SW/2
Q _{lb,k} (filtrata) per Treno LM 71	550	kN
Q _{lb,k} (filtrata) per Treno SW/0	433	kN
Q _{lb,k} (filtrata) per SW/2	875	kN

Avviamento		
L	25	m
L _{calc}	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Q _{la,k}	907.5	per Treno LM 71
Q _{la,k}	715.11	per Treno SW/0
Q _{la,k}	825	per SW/2
Q _{la,k} (filtrata) per Treno LM 71	908	kN
Q _{la,k} (filtrata) per Treno SW/0	715	kN
Q _{la,k} (filtrata) per SW/2	825	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	23 di 53

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

Forza centrifuga sx

L	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	o ₃ Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265							
qtk	21	Per V>120 km/h	qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21							
L calc=L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m
qtk*Lcalc	394	kN	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
FT=(qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	

Forza centrifuga dx

L	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	o ₃ Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265							
qtk	21	Per V>120 km/h	qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21							
L calc=L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m
qtk*Lcalc	394	kN	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
FT=(qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	

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:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

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 nodi individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



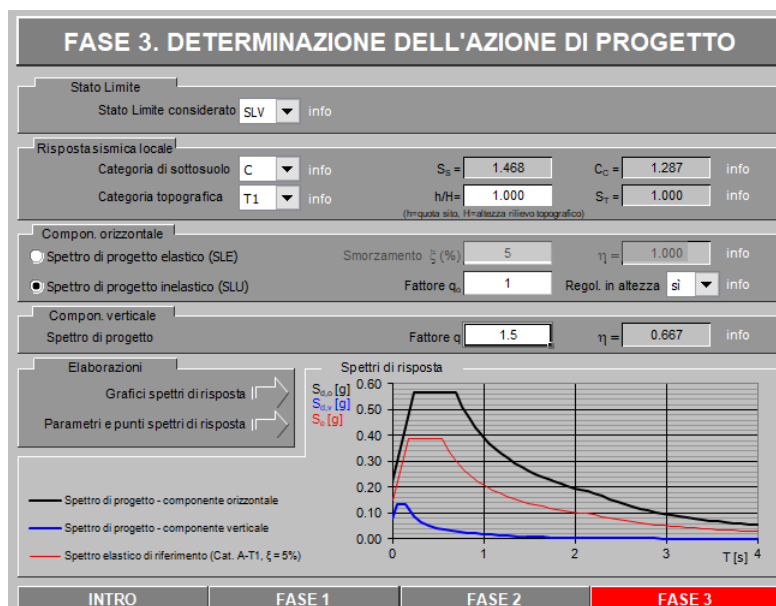
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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



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.



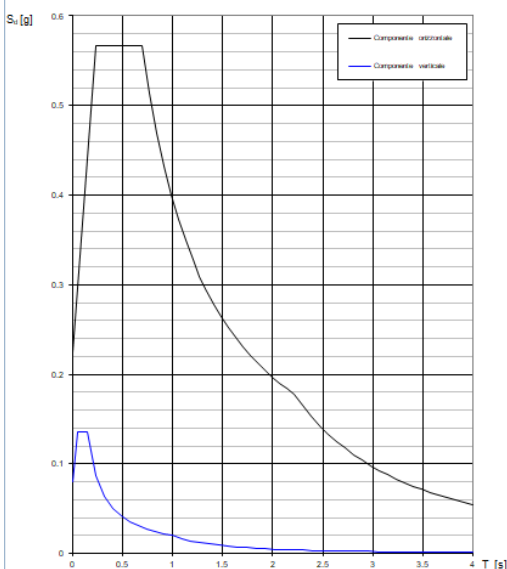
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.153 g
F_n	2.526
T_c^*	0.540 s
S_s	1.468
C_c	1.287
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.468
η	1.000
T_R	0.231 s
T_c	0.694 s
T_D	2.212 s

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

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

I Fattori di struttura utilizzati sono:

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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	7952	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2231	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	10183	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	1590	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	7726	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	2231	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	9957	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi _z	7726	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	2231	kN
Massa complessiva dir. Z	mi _z + mp _z	9957	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi _z /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	16.9	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	77.5	m ⁴
Area Pila	A _p	11.88	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	664357274.7	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	3048859645	N/m
rigidità Pila asse z	K _z	35310594595	N/m
Periodo x	T _x	0.25	s
Periodo y	T _y	0.11	s
Periodo z	T _z	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.57	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.57	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.11	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.38	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.38	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.11	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.42	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.42	
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	0.1125956	

Condizione Sismica - Taglienti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	3868	kN
Tagliante direzione y	F y	3782	kN
Tagliante direzione z	F z	1121	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	4266	kN
Tagliante direzione y	F y	4171	kN
Tagliante direzione z	F z	1121	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	5802	kN
Tagliante direzione y	F y	5673	kN
Tagliante direzione z	F z	1121	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI08 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 08 05 002	REV. A

4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	29 di 53

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	4033			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		178		0.00	0.00	11.10	0	1973
Vento su pila dir. y			34.8	0.00	0.00	11.10	387	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	4033			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	5760			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	1276			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		178		0.00	0.00	13.60	0	2417
Vento su pila dir. y			34.8	0.00	0.00	13.60	474	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		1297		0.00	0.00	1.25	0.00	1621
Plinto sisma y			1297	0.00	0.00	1.25	1621	0
Plinto sisma z	649			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	144			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	16207	905	1466	22108	13952	
A2 - SLU - MT max gr.1	16078	905	1696	25924	12259	
A2 - SLU - ML max gr.1	14800	1044	717	10274	17179	
A2 - SLU - N max gr.3	16207	1452	1138	16691	22083	
A2 - SLU - MT max gr.3	16078	1452	1253	18592	20389	
A2 - SLU - ML max gr.3	14800	1591	537	7333	25309	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11983	212	595	7965	2443	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	12307	905	1466	22108	13952	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	12178	905	1696	25924	12259	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	10900	1044	717	10274	17179	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	12307	1452	1138	16691	22083	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	12178	1452	1253	18592	20389	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	10900	1591	537	7333	25309	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	8083	212	595	7965	2443	
A1 - SLU - N max gr.1	20311	1090	1738	26068	16649	
A1 - SLU - MT max gr.1	20162	1090	2005	30494	14684	
A1 - SLU - ML max gr.1	18680	1250	872	12381	20382	
A1 - SLU - N max gr.3	20311	1726	1357	19784	26093	
A1 - SLU - MT max gr.3	20162	1726	1491	21989	24129	
A1 - SLU - ML max gr.3	18680	1886	664	8970	29826	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	15412	286	728	9669	3298	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	12982	1090	1738	26068	16649	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	12833	1090	2005	30494	14684	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	11351	1250	872	12381	20382	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	12982	1726	1357	19784	26093	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	12833	1726	1491	21989	24129	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	11351	1886	664	8970	29826	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	8083	212	654	8814	2443	
SLE rara - N max gr.1	14462	766	1202	17967	11651	
SLE rara - MT max gr.1	14359	766	1386	21020	10296	
SLE rara - ML max gr.1	13337	873	616	8707	14184	
SLE rara - N max gr.3	14462	1204	939	13633	18155	
SLE rara - MT max gr.3	14359	1204	1031	15154	16800	
SLE rara - ML max gr.3	13337	1311	472	6355	20688	
SLE rara - Vento ponte scarico	11083	212	506	6691	2443	
SLE freq. - N max gr.1	13786	655	726	10708	9809	
SLE freq. - MT max gr.1	13704	655	873	13150	8725	
SLE freq. - ML max gr.1	12886	655	535	7454	10889	
SLE freq. - N max gr.3	13786	1006	515	7241	15012	
SLE freq. - MT max gr.3	13704	1006	589	8457	13929	
SLE freq. - ML max gr.3	12886	1006	420	5572	16092	
SLE freq. - Vento ponte scarico	11083	212	342	4373	2443	
SLE quasi permanente	11083	212	212	2443	2443	
q = 1,5	SLV - N max	12883	1465	1370	19237	20667
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	12075	1465	4055	57063	20396
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	11871	4172	1322	18424	58979
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	11401	1465	4055	57063	20396
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	11196	4172	1322	18424	58979
q = 1,5	SLV - N min	10635	1465	1370	19237	20667
q = 1,36	SLV - N max	12883	1584	1486	20858	22346
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	12075	1584	4445	62506	22075
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	11871	4570	1439	20066	64574
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	11401	1584	4445	62506	22075
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	11196	4570	1439	20066	64574
q = 1,36	SLV - N min	10635	1584	1486	20858	22346
q = 1	SLV - N max	12883	2045	1937	27212	28819
q = 1	SLV - MT max gr.1	12075	2045	5947	83646	28548
q = 1	SLV - ML max gr.1	11871	6106	1890	26399	86152
q = 1	SLV - MT max gr.3	11401	2045	5947	83646	28548
q = 1	SLV - ML max gr.3	11196	6106	1890	26399	86152
q = 1	SLV - N min	10635	2045	1937	27212	28819

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

4.7.1 Plinto di fondazione

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSO FONDAZIONE					
	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	23625	905	1466	25774	16215
A2 - SLU - MT max gr.1	23496	905	1696	30165	14521
A2 - SLU - ML max gr.1	22219	1044	717	12067	19788
A2 - SLU - N max gr.3	23625	1452	1138	19535	25714
A2 - SLU - MT max gr.3	23496	1452	1253	21724	24020
A2 - SLU - ML max gr.3	22219	1591	537	8676	29287
A2 - SLU - Vento ponte scarico	19401	212	595	9452	2972
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	18067	905	1466	25774	16215
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	17938	905	1696	30165	14521
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	16660	1044	717	12067	19788
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	18067	1452	1138	19535	25714
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	17938	1452	1253	21724	24020
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	16660	1591	537	8676	29287
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13843	212	595	9452	2972
A1 - SLU - N max gr.1	30001	1090	1738	30414	19374
A1 - SLU - MT max gr.1	29851	1090	2005	35508	17409
A1 - SLU - ML max gr.1	28370	1250	872	14563	23507
A1 - SLU - N max gr.3	30001	1726	1357	23176	30408
A1 - SLU - MT max gr.3	29851	1726	1491	25715	28443
A1 - SLU - ML max gr.3	28370	1886	664	10629	34541
A1 - SLU - Vento ponte scarico	25101	286	728	11489	4012
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	18742	1090	1738	30414	19374
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	18593	1090	2005	35508	17409
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	17111	1250	872	14563	23507
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	18742	1726	1357	23176	30408
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	18593	1726	1491	25715	28443
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	17111	1886	664	10629	34541
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13843	212	654	10449	2972
SLE rara - N max gr.1	21497	766	1202	20971	13566
SLE rara - MT max gr.1	21394	766	1386	24484	12211
SLE rara - ML max gr.1	20372	873	616	10248	16366
SLE rara - N max gr.3	21497	1204	939	15980	21165
SLE rara - MT max gr.3	21394	1204	1031	17731	19811
SLE rara - ML max gr.3	20372	1311	472	7535	23966
SLE rara - Vento ponte scarico	18118	212	506	7956	2972
SLE freq. - N max gr.1	20822	655	726	12522	11447
SLE freq. - MT max gr.1	20739	655	873	15332	10363
SLE freq. - ML max gr.1	19922	655	535	8793	12527
SLE freq. - N max gr.3	20822	1006	515	8529	17527
SLE freq. - MT max gr.3	20739	1006	589	9930	16443
SLE freq. - ML max gr.3	19922	1006	420	6623	18607
SLE freq. - Vento ponte scarico	18118	212	342	5227	2972
SLE quasi permanente	18118	212	212	2972	2972
q = 1.5					
SLV - N max	20710	1854	1759	23147	24816
SLV - MT max gr.1	19349	1854	5352	68823	24545
SLV - ML max gr.1	19144	5469	1711	22215	71031
SLV - MT max gr.3	18199	1854	5352	68823	24545
SLV - ML max gr.3	17994	5469	1711	22215	71031
SLV - N min	16878	1854	1759	23147	24816
q = 1.36					
SLV - N max	20710	1973	1875	25061	26793
SLV - MT max gr.1	19349	1973	5742	75239	26522
SLV - ML max gr.1	19144	5868	1828	24149	77621
SLV - MT max gr.3	18199	1973	5742	75239	26522
SLV - ML max gr.3	17994	5868	1828	24149	77621
SLV - N min	16878	1973	1875	25061	26793
q = 1					
SLV - N max	20710	2434	2326	32541	34418
SLV - MT max gr.1	19349	2434	7244	100135	34147
SLV - ML max gr.1	19144	7403	2279	31609	103039
SLV - MT max gr.3	18199	2434	7244	100135	34147
SLV - ML max gr.3	17994	7403	2279	31609	103039
SLV - N min	16878	2434	2326	32541	34418

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	30001	1090	1738	30414	19374	5428	1239	228
Al - SLU - MT max gr.1	29851	1090	2005	35508	17409	5732	901	254
Al - SLU - ML max gr.1	28370	1250	872	14563	23507	4603	1701	169
Al - SLU - N max gr.3	30001	1726	1357	23176	30408	5186	1481	244
Al - SLU - MT max gr.3	29851	1726	1491	25715	28443	5156	1478	253
Al - SLU - ML max gr.3	28370	1886	664	10629	34541	5346	959	222
Al - SLU - Vento ponte scarico	25101	286	728	11489	4012	3561	2017	87
Al - SLU Gmin - N max gr.1	18742	1090	1738	30414	19374	4177	-12	228
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	18593	1090	2005	35508	17409	4481	-349	254
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	17111	1250	872	14563	23507	3353	450	169
Al - SLU Gmin - N max gr.3	18742	1726	1357	23176	30408	3935	230	244
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	18593	1726	1491	25715	28443	3905	227	253
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	17111	1886	664	10629	34541	4095	-292	222
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13843	212	654	10449	2972	2237	840	76
						5732	-349	254

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	20710	1973	1875	25061	26793	4088	514	302
SLV - MT max gr.1	19349	1973	5742	75239	26522	7209	-2909	675
SLV - ML max gr.1	19144	5868	1828	24149	77621	7055	-2801	683
SLV - MT max gr.3	18199	1973	5742	75239	26522	7081	-3037	675
SLV - ML max gr.3	17994	5868	1828	24149	77621	6927	-2928	683
SLV - N min	16878	1973	1875	25061	26793	3662	88	302
						7209	-3037	683

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	20710	2434	2326	32541	34418	4619	-17	374
SLV - MT max gr.1	19349	2434	7244	100135	34147	8877	-4577	849
SLV - ML max gr.1	19144	7403	2279	31609	103039	8671	-4417	861
SLV - MT max gr.3	18199	2434	7244	100135	34147	8749	-4705	849
SLV - ML max gr.3	17994	7403	2279	31609	103039	8543	-4545	861
SLV - N min	16878	2434	2326	32541	34418	4193	-443	374
						8877	-4705	861

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	21497	766	1202	20971	13566	3834	943	158
SLE rara - MT max gr.1	21394	766	1386	24484	12211	4044	711	176
SLE rara - ML max gr.1	20372	873	616	10248	16366	3273	1254	119
SLE rara - N max gr.3	21497	1204	939	15980	21165	3679	1098	170
SLE rara - MT max gr.3	21394	1204	1031	17731	19811	3646	1108	176
SLE rara - ML max gr.3	20372	1311	472	7535	23966	3785	743	155
SLE rara - Vento ponte scarico	18118	212	506	7956	2972	2549	1477	61
						4044	711	176

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	16207	905	1466	22108	13952
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	14800	1591	537	7333	25309
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	16078	905	1696	25924	12259
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	16078	905	1696	25924	12259
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	14800	1591	537	7333	25309
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	20311	1090	1738	26068	16649
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	18680	1886	664	8970	29826
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	20162	1090	2005	30494	14684
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	20162	1090	2005	30494	14684
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	18680	1886	664	8970	29826
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	14462	766	1202	17967	11651
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	13337	1311	472	6355	20688
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	14359	766	1386	21020	10296
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	14359	766	1386	21020	10296
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	13337	1311	472	6355	20688
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	13786	655	726	10708	9809
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	13786	1006	515	7241	15012
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	13704	655	873	13150	8725
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	13704	655	873	13150	8725
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	12886	1006	420	5572	16092
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	11083	212	212	2443	2443
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	12883	1465	1370	19237	20667
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	4172	1322	18424	58979
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	1465	4055	57063	20396
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	1465	4055	57063	20396
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	4172	1322	18424	58979
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	12883	1584	1486	20858	22346
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	4570	1439	20066	64574
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	1584	4445	62506	22075
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	1584	4445	62506	22075
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	4570	1439	20066	64574
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	12883	2045	1937	27212	28819
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	6106	1890	26399	86152
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	2045	5947	83646	28548
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	12075	2045	5947	83646	28548
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	11871	6106	1890	26399	86152

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	23625	905	1466	25774	16215
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	22219	1591	537	8676	29287
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	23496	905	1696	30165	14521
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	23496	905	1696	30165	14521
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	22219	1591	537	8676	29287
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	30001	1090	1738	30414	19374
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	28370	1886	664	10629	34541
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	29851	1090	2005	35508	17409
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	29851	1090	2005	35508	17409
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	28370	1886	664	10629	34541
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	21497	766	1202	20971	13566
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	20372	1311	472	7535	23966
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	21394	766	1386	24484	12211
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	21394	766	1386	24484	12211
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	20372	1311	472	7535	23966
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	20822	655	726	12522	11447
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	20822	1006	515	8529	17527
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	20739	655	873	15332	10363
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	20739	655	873	15332	10363
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	19922	1006	420	6623	18607
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	18118	212	212	2972	2972
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	20710	1854	1759	23147	24816
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	5469	1711	22215	71031
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	1854	5352	68823	24545
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	1854	5352	68823	24545
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	5469	1711	22215	71031
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	20710	1973	1875	25061	26793
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	5868	1828	24149	77621
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	1973	5742	75239	26522
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	1973	5742	75239	26522
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	5868	1828	24149	77621
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	20710	2434	2326	32541	34418
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	7403	2279	31609	103039
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	2434	7244	100135	34147
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	19349	2434	7244	100135	34147
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	19144	7403	2279	31609	103039

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	36 di 53

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy, Tx)	Trasv(Mxx, Ty)	
Altezza pila	H	14.1	14.1	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	6106	5947	kN
Momento agente (q=1)	M	86152	83646	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4172	4055	kN
Momento agente (con q)	MEd	58979	57063	kN*m
Momento Resistente	MRd	145245	273938	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	2.46	4.80	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	6106	5947	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	10275	19467	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	6106	5947	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	6106	5947	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.23	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	37 di 53

Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	310.0	165.0
2	365.0	152.0
3	402.0	123.0
4	426.0	77.0
5	430.0	40.0
6	413.0	25.0
7	413.0	-25.0
8	430.0	-40.0
9	426.0	-77.0
10	402.0	-123.0
11	365.0	-152.0
12	310.0	-165.0
13	-310.0	-165.0
14	-365.0	-152.0
15	-402.0	-123.0
16	-426.0	-77.0
17	-430.0	-40.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	38 di 53

18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	77.0
22	-402.0	123.0
23	-365.0	152.0
24	-310.0	165.0

DOMINIO N° 2

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	30.0	110.0
2	300.0	110.0
3	335.0	100.0
4	358.0	73.0
5	365.0	45.0
6	365.0	-45.0
7	358.0	-73.0
8	335.0	-100.0
9	300.0	-110.0
10	30.0	-110.0

DOMINIO N° 3

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	-110.0
2	-300.0	-110.0
3	-335.0	-100.0
4	-358.0	-73.0
5	-365.0	-45.0
6	-365.0	45.0
7	-358.0	73.0
8	-335.0	100.0
9	-300.0	110.0
10	-30.0	110.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	155.0	26
2	360.6	142.8	26
3	394.1	116.5	26
4	416.3	74.0	26
5	419.5	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.5	-44.1	26
9	416.3	-74.0	26
10	394.1	-116.5	26
11	360.6	-142.8	26
12	308.8	-155.0	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	39 di 53

13	-308.8	-155.0	26
14	-360.6	-142.8	26
15	-394.1	-116.5	26
16	-416.3	-74.0	26
17	-419.5	-44.1	26
18	-403.0	-29.5	26
19	-403.0	29.5	26
20	-419.5	44.1	26
21	-416.3	74.0	26
22	-394.1	116.5	26
23	-360.6	142.8	26
24	-308.8	155.0	26
25	20.0	120.0	26
26	301.4	120.0	26
27	340.7	108.8	26
28	367.1	77.7	26
29	375.0	46.2	26
30	375.0	-46.2	26
31	367.1	-77.7	26
32	340.7	-108.8	26
33	301.4	-120.0	26
34	20.0	-120.0	26
35	-20.0	-120.0	26
36	-301.4	-120.0	26
37	-340.7	-108.8	26
38	-367.1	-77.7	26
39	-375.0	-46.2	26
40	-375.0	46.2	26
41	-367.1	77.7	26
42	-340.7	108.8	26
43	-301.4	120.0	26
44	-20.0	120.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	40 di 53

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 4.0 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	20311.43	16648.95	26067.90	0.00	0.00
2	18680.18	29826.21	8970.18	0.00	0.00
3	20162.08	14684.49	30494.38	0.00	0.00
4	20162.08	14684.49	30494.38	0.00	0.00
5	18680.18	29826.21	8970.18	0.00	0.00
6	12882.67	20667.43	19237.20	0.00	0.00
7	11870.87	58979.21	18423.89	6106.00	0.00
8	12075.27	20396.47	57063.39	0.00	5947.00
9	12075.27	20396.47	57063.39	0.00	0.00
10	11870.87	58979.21	18423.89	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 08 05 002	A	41 di 53

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	14462.00	11651.00	17967.00
2	13337.00	20688.00	6355.00
3	14359.00	10296.00	21020.00
4	14359.00	10296.00	21020.00
5	13337.00	20688.00	6355.00

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	13786.00	9809.00 (126601.55)	10708.00 (138204.65)
2	13786.00	15012.00 (73633.59)	7241.00 (35516.98)
3	13704.00	8725.00 (103182.02)	13150.00 (155512.16)
4	13704.00	8725.00 (103182.02)	13150.00 (155512.16)
5	12886.00	16092.00 (66234.73)	5572.00 (22934.37)

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	11083.00	2443.00 (0.00)	2443.00 (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: 4.9 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.7 cm

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	42 di 53

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	20311.43	16648.95	26067.90	20311.51	132868.16	207400.03	7.962325.5(375.1)	
2	S	18680.18	29826.21	8970.18	18680.29	153434.17	45650.08	5.142325.5(375.1)	
3	S	20162.08	14684.49	30494.38	20162.23	119458.88	249015.32	8.162325.5(375.1)	
4	S	20162.08	14684.49	30494.38	20162.23	119458.88	249015.32	8.162325.5(375.1)	
5	S	18680.18	29826.21	8970.18	18680.29	153434.17	45650.08	5.142325.5(375.1)	
6	S	12882.67	20667.43	19237.20	12882.80	138985.92	128430.52	6.702325.5(375.1)	
7	S	11870.87	58979.21	18423.89	11871.12	145245.63	45642.10	2.462325.5(375.1)	
8	S	12075.27	20396.47	57063.39	12075.25	97959.61	273938.32	4.802325.5(375.1)	
9	S	12075.27	20396.47	57063.39	12075.25	97959.61	273938.32	4.802325.5(375.1)	
10	S	11870.87	58979.21	18423.89	11871.12	145245.63	45642.10	2.462325.5(375.1)	

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	365.0	152.0	0.00325	360.6	142.8	-0.00834	-360.6	-142.8
2	0.00350	310.0	165.0	0.00297	308.8	155.0	-0.01466	-308.8	-155.0
3	0.00350	365.0	152.0	0.00329	360.6	142.8	-0.00769	-360.6	-142.8
4	0.00350	365.0	152.0	0.00329	360.6	142.8	-0.00769	-360.6	-142.8
5	0.00350	310.0	165.0	0.00297	308.8	155.0	-0.01466	-308.8	-155.0
6	0.00350	310.0	165.0	0.00312	308.8	155.0	-0.01124	-308.8	-155.0
7	0.00350	310.0	165.0	0.00294	308.8	155.0	-0.01582	-308.8	-155.0
8	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00827	-360.6	-142.8
9	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00827	-360.6	-142.8
10	0.00350	310.0	165.0	0.00294	308.8	155.0	-0.01582	-308.8	-155.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006477	0.000024230	-0.002547156	----	----
2	0.000002075	0.000052726	-0.005843234	----	----
3	0.000007603	0.000019264	-0.002203213	----	----
4	0.000007603	0.000019264	-0.002203213	----	----
5	0.000002075	0.000052726	-0.005843234	----	----
6	0.000004691	0.000036983	-0.004056319	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	43 di 53

7	0.000002187	0.000056142	-0.006441268	---	---
8	0.000009408	0.000016786	-0.002485265	---	---
9	0.000009408	0.000016786	-0.002485265	---	---
10	0.000002187	0.000056142	-0.006441268	---	---

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 4.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	17192.14	1697.20120.4	110.4	304.8	1.000	1.086	0.0	39.3(0.0)
2	S	0.00	28013.83	2897.32198.6	188.6	292.8	1.000	1.079	0.0	39.3(0.0)
3	S	0.00	15413.12	1345.73100.1	87.6	344.9	1.000	1.086	0.0	39.3(0.0)
4	S	0.00	15413.12	1345.73100.1	87.6	344.9	1.000	1.086	0.0	39.3(0.0)
5	S	0.00	28013.83	2897.32198.6	188.6	292.8	1.000	1.079	0.0	39.3(0.0)
6	S	0.00	21953.45	2283.10158.6	148.6	298.0	1.000	1.055	0.0	39.3(0.0)
7	S	6101.37	18659.54	7216.63197.9	187.9	291.7	2.500	1.050	33.2	39.3(0.0)
8	S	2907.53	8826.91	2947.92 91.1	76.7	337.5	2.500	1.051	38.7	39.3(0.0)
9	S	0.00	12799.02	1179.17 91.1	76.7	337.5	1.000	1.051	0.0	39.3(0.0)
10	S	0.00	27056.33	2886.65197.9	187.9	291.7	1.000	1.050	0.0	39.3(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	2.40	365.0	152.0	-9.4	-360.6	-142.8	4678	90.3
2	S	2.85	310.0	165.0	-27.7	-308.8	-155.0	19026	408.8
3	S	2.42	365.0	152.0	-10.0	-360.6	-142.8	4842	95.6
4	S	2.42	365.0	152.0	-10.0	-360.6	-142.8	4842	95.6
5	S	2.85	310.0	165.0	-27.7	-308.8	-155.0	19026	408.8

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 08 05 002	A	44 di 53

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 $A_c \text{ eff}$ [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	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	525	0.015 (0.20)	51128.22	78844.80
2	S	-0.00015	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	502	0.042 (0.20)	52645.24	16171.72
3	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	520	0.016 (0.20)	43405.87	88616.10
4	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	520	0.016 (0.20)	43405.87	88616.10
5	S	-0.00015	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	502	0.042 (0.20)	52645.24	16171.72

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.90	310.0	165.0	-2.1	-308.8	-155.0	1217	31.9
2	S	2.26	310.0	165.0	-8.6	-308.8	-155.0	5402	127.4
3	S	1.91	365.0	152.0	-2.4	-360.6	-142.8	1269	31.9
4	S	1.91	365.0	152.0	-2.4	-360.6	-142.8	1269	31.9
5	S	2.29	310.0	165.0	-13.0	-308.8	-155.0	9535	217.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	465	0.003 (0.20)	126601.55	138204.65
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	483	0.013 (0.20)	73633.59	35516.98
3	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	472	0.003 (0.20)	103182.02	155512.16
4	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	472	0.003 (0.20)	103182.02	155512.16
5	S	-0.00007	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	489	0.019 (0.20)	66234.73	22934.37

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.94	310.0	165.0	6.8	-308.8	-155.0	----	----

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

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

4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 5732 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 7209 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 683 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

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

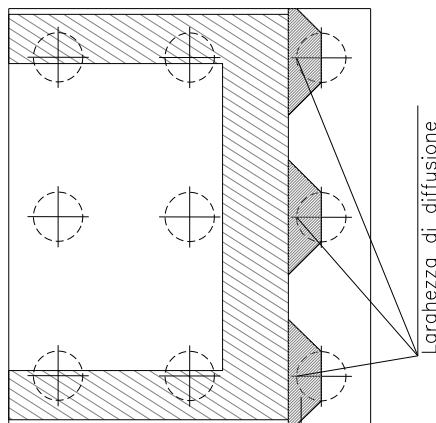
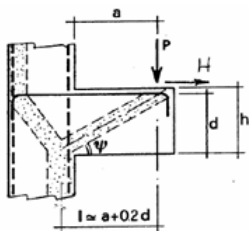


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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

VERIFICA MENSOLE TOZZE - MECCANISMO TIRANTE 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 08 05 002	A	47 di 53

Dati di progetto

$b(m) =$	4.50	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	7209.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	683.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	3.50	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.50	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.40	m	altezza utile
$l(m) =$	3.98	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.84		$\lambda = ctg\psi \approx l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$ **1.00**

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	45.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	20357.50	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	20357.50
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	45.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	20357.50	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	20357.50
Registro tipo	R3						
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=35.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.5 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 8877 \text{ kN} \quad T = 861 \text{ kN} \quad M = 861 * 2.5 = 2127 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -4705 \text{ kN} \quad T = 861 \text{ kN} \quad M = 861 * 2.5 = 2127 \text{ kNm}$$

$$N = -4705 \text{ kN} \quad T = 861 \text{ kN} \quad M_{\max} = 861 * 2.5 = 2127 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

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

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50		
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	49 di 53

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.0	26	26
2	0.0	0.0	45.0	26	26

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	5732.00	635.00	0.00	254.00	0.00
2	-349.00	635.00	0.00	254.00	0.00
3	8877.00	2127.00	0.00	861.00	0.00
4	-4705.00	2127.00	0.00	861.00	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	4044.00	440.00	0.00
2	711.00	440.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	50 di 53

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	3409.00	323.00 (1882.13)	0.00 (0.00)
2	1037.00	323.00 (1306.89)	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:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5732.00	635.00	0.00	5732.02	4840.65	0.00	7.62	276.1(33.9)
2	S	-349.00	635.00	0.00	-348.84	4034.30	0.00	6.35	276.1(33.9)
3	S	8877.00	2127.00	0.00	8877.13	4695.59	0.00	2.21	276.1(33.9)
4	S	-4705.00	2127.00	0.00	-4705.06	2690.57	0.00	1.26	276.1(33.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00290	0.0	50.0	-0.00305	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00257	0.0	50.0	-0.00673	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00299	0.0	50.0	-0.00209	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00202	0.0	50.0	-0.01274	0.0	-50.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	51 di 53

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	0.000059587	-0.000075208	----	----
2	0.000000000	0.000093037	-0.002082239	----	----
3	0.000000000	0.000050805	0.000451710	----	----
4	0.000000000	0.000147645	-0.005358714	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e D_{med} .
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 $L=lungh.legat.proiettata$
 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	254.00	2414.07	2779.11	91.8 72.8	108.6	2.500	1.250	3.6	39.0(0.0)
2	S	254.00	2135.16	3114.73	93.3 81.6	107.1	2.500	1.000	3.2	39.0(0.0)
3	S	861.00	2019.94	2640.66	92.1 69.2	107.3	2.500	1.114	12.7	39.0(0.0)
4	S	861.00	2084.92	3445.18	100.3 90.3	94.6	2.500	1.000	9.7	39.0(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.39	0.0	0.0	17.1	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.71	0.0	0.0	-31.7	0.0	-50.0	1185	42.5

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 002	A	52 di 53

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00053	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	1906.93	0.00
2	S	-0.00019	0	0.500	26.0	87	0.00009 (0.00009)	419	0.040 (0.20)	855.93	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	3.51	0.0	0.0	16.8	0.0	-50.0	---	---
2	S	2.10	0.0	0.0	-9.6	0.0	-50.0	565	15.9

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	-0.00053	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	1882.13	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	453	0.013 (0.20)	1306.89	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	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	
VI08	spalla 1	1500	9	30.0	7251	-	5099		1530	3.1	4697	-	-	-	
VI08	spalla 2	1500	9	32.0	7251	-	5099		1530	3.1	4697	-	-	-	
VI08	Pila 5	1500	12	30.0	7500	-1915	4859		1182	3.1	3629	-	-	-	
VI08	Pila 8	1200	9	37.0	7209	-3037	4044		861	2.5	2127	-	-	-	

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1532.7	1.00	7735	-	1.07	-	-
1532.7	1.00	7802	-	1.08	-	-
1369.3	1.16	7893	-	1.05	6850	3.58
952.3	1.11	7731	-	1.07	6415	2.11