

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 1 di 2

SCALA:

-
---

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

RS3E    50    D    09    CL    VI0805    001    A

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

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n° A.20783

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
3	MATERIALI .....	8
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	9
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	9
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	9
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	11
4.1	GENERALITÀ .....	11
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	11
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	11
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	15
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	16
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	17
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	17
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	17
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	20
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	22
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	23
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	23
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	25
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	29
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	29
4.7	SOLLECITAZIONI .....	31

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	32
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	34
4.9.1	<i>Pila</i> .....	37
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	46
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=30.0m</i> .....	49

## 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 05** 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.

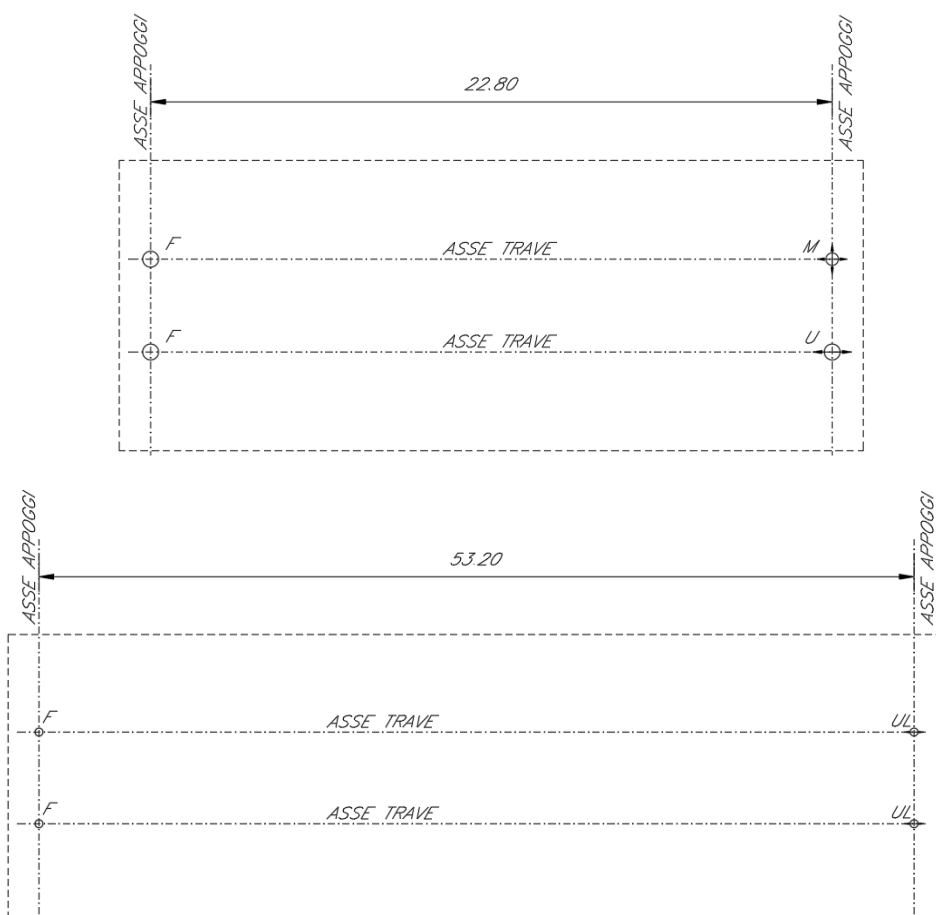


Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx

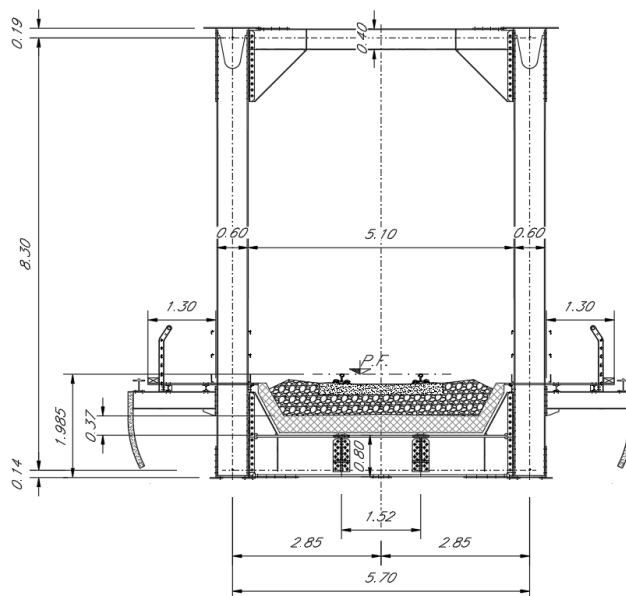
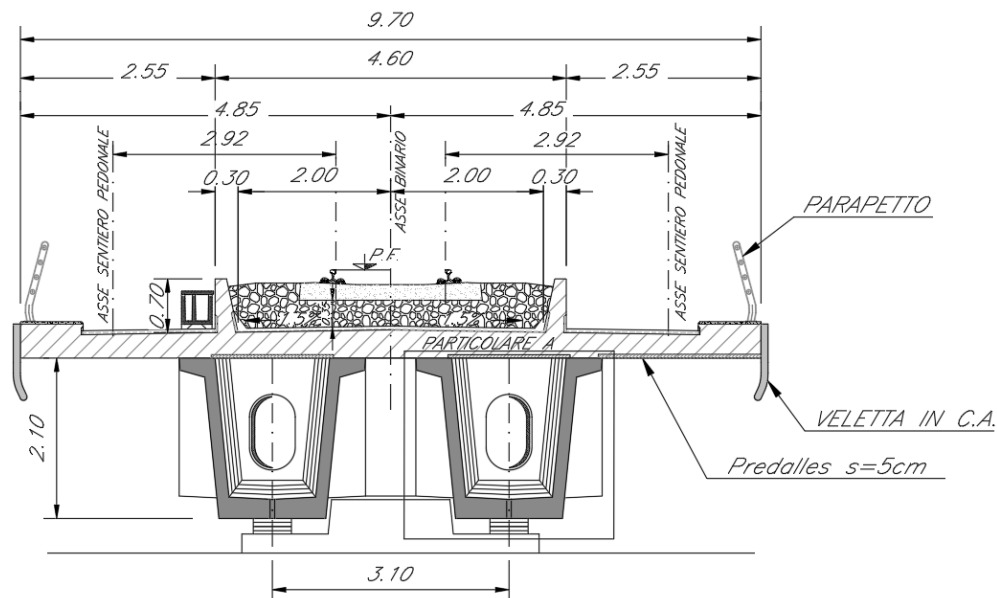


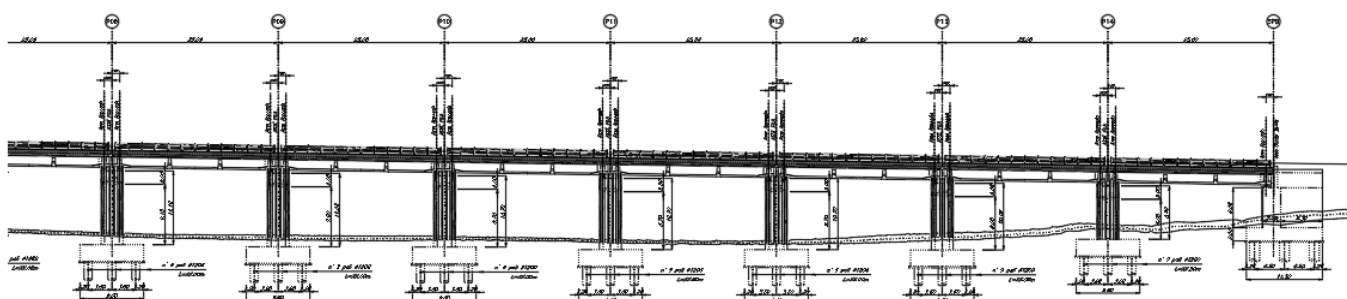
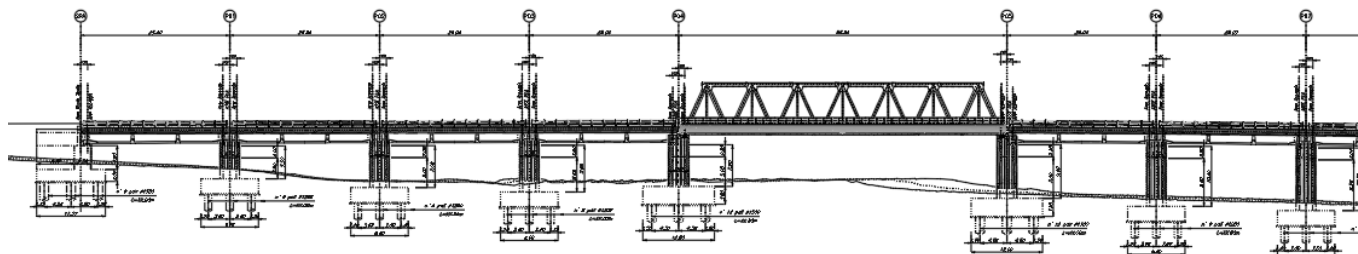
Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

## 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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	6 di 54



## 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 :  $\leq 0.60$
- 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 :  $\leq 0.60$
- 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 :  $\leq 0.50$
- 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  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
  - 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 05 001	A	10 di 54

		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 617/09.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI08 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	11 di 54

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare cava** di dimensioni 3.4x 8.60m, una altezza complessiva di 7.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.4x 8.60m ed altezza 3.00m.

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

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

### 4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

<sup>(2)</sup> 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.

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

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

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	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  $\psi_0$  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 05 001 A 14 di 54

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	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  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  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	0,00	0,00	0,00
Ballast	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	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	0,63	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 Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	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	0,00	1,25	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	0,00	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	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

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

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

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

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

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

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

#### 4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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



#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	10.45	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.60	m
Area Sezione		27.68	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	7.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	8.60	m
Area Sezione		12.70	m <sup>2</sup>
% 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	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	16.50	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	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 ( $\varphi$ )		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/m<sup>3</sup>.

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

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>55</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>126</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>120</b>	kN/m
Ballast	G2	<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1720.8	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1635.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	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 05 001	A	18 di 54

<b>SX</b>										
<b>CAP 25 ML SINGOLO BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1635	2250	
2	0.470	-1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1635	2250	
<b>dx</b>										
<b>RETICOLARE_55ML_SINGOLO_BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	2.85	2442	2441	1.1	1	1.03	2779	2525	
2	0.470	-2.85	2442	2441	1.1	1	1.03	2779	2525	
<b>dx ML max</b>										
<b>RETICOLARE_55ML_SINGOLO_BINARIO</b>										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	ø3	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	2.85	2718	3588	1.1	1	1.03	3093	3712	
2	0.470	-2.85	2718	3588	1.1	1	1.03	3093	3712	

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	1195			1059			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							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.30
Vento Ponte Scanico			44			44	3.30
Vento Ponte Carico			113			113	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
S1	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			1331		1331	2.50
	Sisma verticale	395			395		0.00
S2	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1468		1468	2.50
	Sisma verticale	395			395		0.00
S3	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1997		1997	2.50
	Sisma verticale	395			395		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	1721			1721			0.00
Permanenti G2	1635			1635			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1338			1187			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. Nmax Q centrifuga			194			194	3.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MTmax Qv	1473			1306			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. MTmax Q centrifuga			266			266	3.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MLmax Qv	1967			1745			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. MLmax Q centrifuga			194			194	3.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	2.00
Vento Ponte Scarico			96			96	2.80
Vento Ponte Carico			246			246	3.00
Attrito permanente		101	101		101	101	0.00
Attrito carichi mobili		59	59		52	52	0.00
q <sub>1.5</sub>	Sisma longitudinale		3276		3276		3.50
	Sisma trasversale			1331		1331	3.50
	Sisma verticale	395			395		0.00
q <sub>1.36</sub>	Sisma longitudinale		3613		3613		3.50
	Sisma trasversale			1468		1468	3.50
	Sisma verticale	395			395		0.00
q <sub>1</sub>	Sisma longitudinale		4914		4914		3.50
	Sisma trasversale			1997		1997	3.50
	Sisma verticale	395			395		0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

<b>Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005</b>					
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	p	1.25	1.25	kg/mc	
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*p*v <sup>2</sup>	0.54	0.54	kN/mq	
Classe di rugosità del terreno	D	D	D		
Distanza dalla costa		>10	>10	km	
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m	
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II		
<b>Vento su impalcato</b>					
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	14	14	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.57	2.57		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	1.7	2.4	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	3.2	6.4	m	
Rapporto di forma	b/dtot	3.03	1.52		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.59	2.05		
<b>Riepilogo</b>					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.57	2.57		
Coefficiente di forza	cfx	1.59	2.05		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.2	6.4	m	
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	7.0	18.0	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.19	2.82	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	7.0	18.0	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	7.0	7.0	kN/m	
Luce impalcato	L	25	55	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	88	191	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>					
Forza statica equivalente	f	18.0	18.0	kN/m	
Luce impalcato	L	25	55	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	225	491	kN/m	

<b>Vento su Pila e Pulvino</b>					
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	10.00	10	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.35	2.35		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	3.00	7.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.60	8.60	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m	
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.22	2.22		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.82	1.82	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	25.8	60.2	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	47	109	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	3.00	7.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m	
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.49	1.49		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.94	0.94	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	10.2	23.8	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	10	22	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	47	kN		
Pila	F	109	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	10.00	m		
Forza totale	F Tot	156	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	10	kN		
Pila	F	22	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	10.00	m		
Forza totale	F Tot	32	kN		

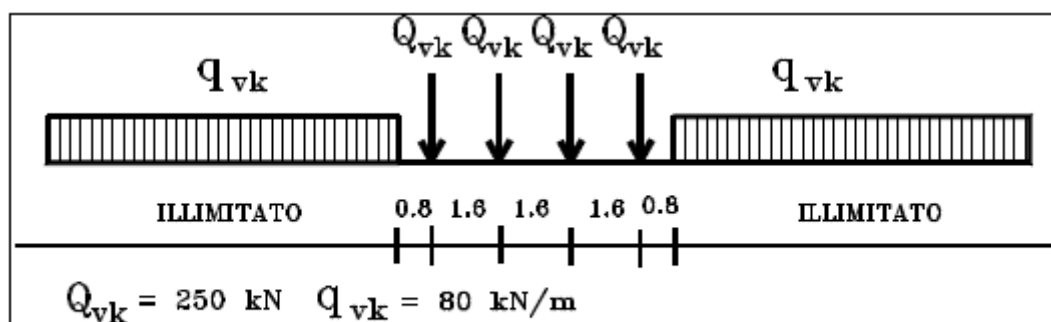
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

➤ *Modello di carico LM71*

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



*Treno di carico LM 71*

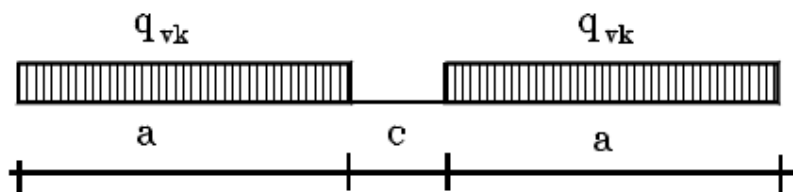
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

➤ *Modello di carico SW/2*

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



*Treno di carico SW*

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

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

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

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

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

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	55	m
Lcalc	54.5	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	47.5	per SW/2
Qlb,k	1199	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1662.5	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	1199	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1663	kN

Avviamento		
L	54.5	m
Lcalc	54.5	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	47.5	per SW/2
Qla,k	1978.35	per Treno LM 71
Qla,k	1089	per Treno SW/0
Qla,k	1567.5	per SW/2
Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	1000	kN
Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	24 di 54

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
<b>Treno LM 71</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/0</b>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<b>Treno SW/2</b>		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

Forza centrifuga sx

L	25	m	L <sub>0</sub>	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	o <sub>3</sub> 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	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265		qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
qtk	21	Per V>120 km/h						
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21							
L calc=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	55	m	L <sub>0</sub>	53.2	m
velocità di progetto	160	km/h	o <sub>3</sub> Coeff. Dinamico	1.034	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.79	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	219	Per V>120 km/h						
	172	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	219		qtk	16	Per V=100 km/h	qtk	16	Per V=100 km/h
qtk	18	Per V>120 km/h						
	14	Per V<120 km/h						
qtk scelto	18							
L calc=L-6.4m	48.1	m	L calc	30	m	L calc	47.5	m
qtk*Lcalc	845	kN	qtk*Lcalc	477	kN	qtk*Lcalc	774	kN
FT=(qtk*Lcalc + qtk)/2	532	kN	FT= qtk*Lcalc /2	238		FT= qtk*Lcalc /2	387	



#### 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

media ponderata



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

Nodi del reticolo intorno al sito



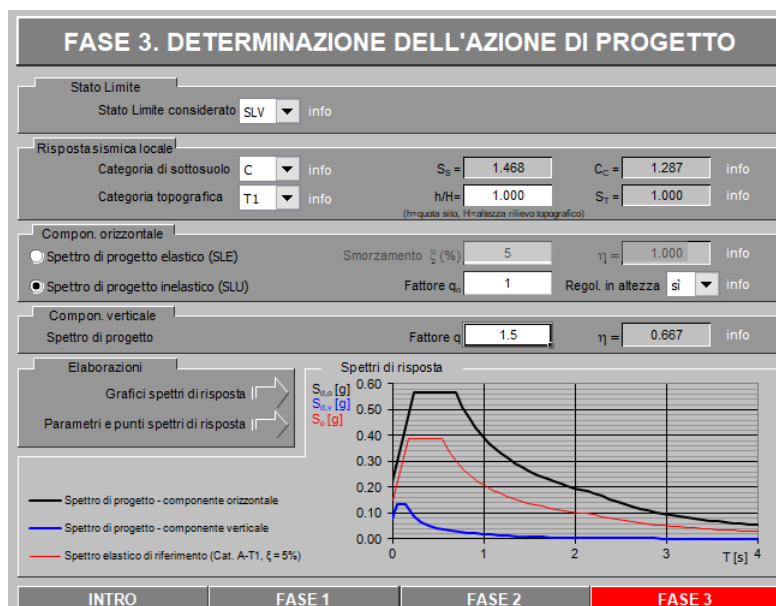
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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.



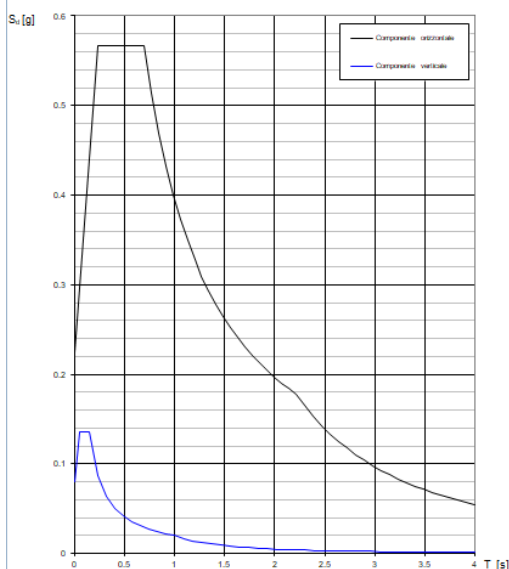
**Parametri indipendenti**

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
$\eta$	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 spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5 delle NTC

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	14433	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2816	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	17250	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2887	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	11192	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	2816	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	14009	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2238	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi <sub>z</sub>	11192	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	2816	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	14009	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi <sub>z</sub> /5	2238	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	19.0	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	85.3	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	12.70	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	962817063.2	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	4323978851	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	41894160000	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.27	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.11	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.57	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.57	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.11	

**q=1.5**

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.38	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.38	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.11	

**q=1.36**

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.42	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.42	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.11	

**q=1**

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.1125956	

**Condizione Sismica - Taglienti Totali**

**q=1.5**

Tagliante direzione x	F x	6552	kN
Tagliante direzione y	F y	5321	kN
Tagliante direzione z	F z	1577	kN

**q=1.36**

Tagliante direzione x	F x	7226	kN
Tagliante direzione y	F y	5869	kN
Tagliante direzione z	F z	1577	kN

**q=1**

Tagliante direzione x	F x	9828	kN
Tagliante direzione y	F y	7981	kN
Tagliante direzione z	F z	1577	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI08 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 08 05 001	REV. A

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

**SPICCATO PILA: condizione statica**

Descrizione carico	$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	4297			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		156		0.00	0.00	10.00	0	1564
Vento su pila dir. y			31.9	0.00	0.00	10.00	319	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	4297			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	14850			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	3375			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		156		0.00	0.00	13.00	0	2033
Vento su pila dir. y			31.9	0.00	0.00	13.00	415	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		3344		0.00	0.00	1.50	0.00	5016
Plinto sisma y			3344	0.00	0.00	1.50	5016	0
Plinto sisma z	1672			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	380			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	21939	1571	1961	26601	23363	
A2 - SLU - MT max gr.1	21486	1571	2256	30937	24668	
A2 - SLU - ML max gr.1	20605	1693	1078	14027	29744	
A2 - SLU - N max gr.3	21939	2611	1538	20423	36311	
A2 - SLU - MT max gr.3	21486	2611	1686	22583	37616	
A2 - SLU - ML max gr.3	20605	2733	805	10183	42692	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	15965	307	713	8504	7670	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	15738	1571	1961	26601	20602	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	15285	1571	2256	30937	21907	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	14404	1693	1078	14027	26983	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	15738	2611	1538	20423	33550	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	15285	2611	1686	22583	34855	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	14404	2733	805	10183	39931	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	9764	307	713	8504	4909	
A1 - SLU - N max gr.1	27266	1881	2329	31418	28017	
A1 - SLU - MT max gr.1	26741	1881	2671	36448	29530	
A1 - SLU - ML max gr.1	25719	2021	1309	16882	35411	
A1 - SLU - N max gr.3	27266	3089	1839	24251	43057	
A1 - SLU - MT max gr.3	26741	3089	2010	26757	44571	
A1 - SLU - ML max gr.3	25719	3229	992	12422	50452	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	20336	415	882	10442	9813	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	16694	1881	2329	31418	24236	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	16169	1881	2671	36448	25749	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	15146	2021	1309	16882	31630	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	16694	3089	1839	24251	39276	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	16169	3089	2010	26757	40790	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	15146	3229	992	12422	46671	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	9764	307	775	9319	4909	
SLE rara - N max gr.1	19313	1318	1612	21679	19587	
SLE rara - MT max gr.1	18951	1318	1848	25149	20631	
SLE rara - ML max gr.1	18246	1412	924	11864	24655	
SLE rara - N max gr.3	19313	2150	1274	16737	29946	
SLE rara - MT max gr.3	18951	2150	1392	18465	30990	
SLE rara - ML max gr.3	18246	2244	705	8788	35013	
SLE rara - Vento ponte scarico	14534	307	619	7282	7033	
SLE freq. - N max gr.1	18357	1116	991	13126	17076	
SLE freq. - MT max gr.1	18068	1116	1180	15902	17912	
SLE freq. - ML max gr.1	17504	1116	801	10133	20380	
SLE freq. - N max gr.3	18357	1781	721	9172	25363	
SLE freq. - MT max gr.3	18068	1781	815	10555	26198	
SLE freq. - ML max gr.3	17504	1781	625	7672	28666	
SLE freq. - Vento ponte scarico	14534	307	447	5086	7033	
SLE quasi permanente	14534	307	307	3209	7033	
q = 1,5	SLV - N max	17070	2488	1922	25566	37431
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	15891	2488	5696	76386	37640
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	15750	7074	1874	24818	102237
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	14943	2488	5696	76386	37640
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	14802	7074	1874	24818	102237
q = 1,5	SLV - N min	13910	2488	1922	25566	37431
q = 1,36	SLV - N max	17070	2690	2086	27735	40254
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	15891	2690	6244	83727	40463
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	15750	7749	2039	27029	111646
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	14943	2690	6244	83727	40463
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	14802	7749	2039	27029	111646
q = 1,36	SLV - N min	13910	2690	2086	27735	40254
q = 1	SLV - N max	17070	3471	2720	36307	51141
q = 1	SLV - MT max gr.1	15891	3471	8358	112189	51350
q = 1	SLV - ML max gr.1	15750	10350	2673	35559	147938
q = 1	SLV - MT max gr.3	14943	3471	8358	112189	51350
q = 1	SLV - ML max gr.3	14802	10350	2673	35559	147938
q = 1	SLV - N min	13910	3471	2720	36307	51141

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	41177	1571	1961	32483	28075	
A2 - SLU - MT max gr.1	40724	1571	2256	37704	29380	
A2 - SLU - ML max gr.1	39843	1693	1078	17262	34822	
A2 - SLU - N max gr.3	41177	2611	1538	25037	44143	
A2 - SLU - MT max gr.3	40724	2611	1686	27640	45448	
A2 - SLU - ML max gr.3	39843	2733	805	12596	50890	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	35203	307	713	10642	8592	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	30588	1571	1961	32483	25314	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	30135	1571	2256	37704	26619	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	29254	1693	1078	17262	32061	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	30588	2611	1538	25037	41382	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	30135	2611	1686	27640	42687	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	29254	2733	805	12596	48129	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24614	307	713	10642	5831	
A1 - SLU - N max gr.1	52376	1881	2329	38406	33658	
A1 - SLU - MT max gr.1	51851	1881	2671	44463	35172	
A1 - SLU - ML max gr.1	50829	2021	1309	20809	41475	
A1 - SLU - N max gr.3	52376	3089	1839	29769	52323	
A1 - SLU - MT max gr.3	51851	3089	2010	32788	53837	
A1 - SLU - ML max gr.3	50829	3229	992	15397	60140	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	45447	415	882	13089	11057	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	31544	1881	2329	38406	29877	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	31019	1881	2671	44463	31391	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	29996	2021	1309	20809	37694	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	31544	3089	1839	29769	48542	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	31019	3089	2010	32788	50056	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	29996	3229	992	15397	56359	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24614	307	775	11644	5831	
SLE rara - N max gr.1	37538	1318	1612	26515	23541	
SLE rara - MT max gr.1	37176	1318	1848	30693	24585	
SLE rara - ML max gr.1	36471	1412	924	14636	28890	
SLE rara - N max gr.3	37538	2150	1274	20559	36396	
SLE rara - MT max gr.3	37176	2150	1392	22641	37440	
SLE rara - ML max gr.3	36471	2244	705	10903	41745	
SLE rara - Vento ponte scarico	32759	307	619	9139	7955	
SLE freq. - N max gr.1	36582	1116	991	16100	20424	
SLE freq. - MT max gr.1	36293	1116	1180	19441	21259	
SLE freq. - ML max gr.1	35729	1116	801	12535	23727	
SLE freq. - N max gr.3	36582	1781	721	11334	30708	
SLE freq. - MT max gr.3	36293	1781	815	13000	31543	
SLE freq. - ML max gr.3	35729	1781	625	9549	34011	
SLE freq. - Vento ponte scarico	32759	307	447	6427	7955	
SLE quasi permanente	32759	307	307	4130	7955	
SLV - N max	37347	3491	2925	32836	46399	
SLV - MT max gr.1	34732	3491	9040	98489	46608	
SLV - ML max gr.1	34591	10418	2877	31945	128476	
SLV - MT max gr.3	32553	3491	9040	98489	46608	
SLV - ML max gr.3	32412	10418	2877	31945	128476	
SLV - N min	30083	3491	2925	32836	46399	
SLV - N max	37347	3693	3089	35499	49829	
SLV - MT max gr.1	34732	3693	9588	107474	50038	
SLV - ML max gr.1	34591	11093	3042	34650	139908	
SLV - MT max gr.3	32553	3693	9588	107474	50038	
SLV - ML max gr.3	32412	11093	3042	34650	139908	
SLV - N min	30083	3693	3089	35499	49829	
SLV - N max	37347	4474	3724	45973	63058	
SLV - MT max gr.1	34732	4474	11702	142279	63267	
SLV - ML max gr.1	34591	13694	3676	45082	184004	
SLV - MT max gr.3	32553	4474	11702	142279	63267	
SLV - ML max gr.3	32412	13694	3676	45082	184004	
SLV - N min	30083	4474	3724	45973	63058	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione



#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	52376	1881	2329	38406	33658	5492	3238	249
AI - SLU - MT max gr.1	51851	1881	2671	44463	35172	5641	3001	272
AI - SLU - ML max gr.1	50829	2021	1309	20809	41475	5506	2966	201
AI - SLU - N max gr.3	52376	3089	1839	29769	52323	5935	2796	300
AI - SLU - MT max gr.3	51851	3089	2010	32788	53837	5917	2727	307
AI - SLU - ML max gr.3	50829	3229	992	15397	60140	6216	2256	282
AI - SLU - Vento ponte scarico	45447	415	882	13089	11057	4173	3402	81
AI - SLU Gmin - N max gr.1	31544	1881	2329	38406	29877	3771	1487	249
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	31019	1881	2671	44463	31391	3920	1250	272
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	29996	2021	1309	20809	37694	3637	1363	201
AI - SLU Gmin - N max gr.3	31544	3089	1839	29769	48542	4066	1193	300
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	31019	3089	2010	32788	50056	4047	1124	307
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	29996	3229	992	15397	56359	4346	654	282
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24614	307	775	11644	5831	2410	1692	69
						6216	654	307

Tabella 5 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	37347	3693	3089	35499	49829	4541	1685	401
SLV - MT max gr.1	34732	3693	9588	107474	50038	6226	-437	856
SLV - ML max gr.1	34591	11093	3042	34650	139908	7500	-1733	959
SLV - MT max gr.3	32553	3693	9588	107474	50038	6044	-619	856
SLV - ML max gr.3	32412	11093	3042	34650	139908	7318	-1915	959
SLV - N min	30083	3693	3089	35499	49829	3936	1079	401
						7500	-1915	959

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

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	37347	4474	3724	45973	63058	4911	1315	485
SLV - MT max gr.1	34732	4474	11702	142279	63267	7317	-1528	1044
SLV - ML max gr.1	34591	13694	3676	45082	184004	8960	-3192	1182
SLV - MT max gr.3	32553	4474	11702	142279	63267	7135	-1709	1044
SLV - ML max gr.3	32412	13694	3676	45082	184004	8778	-3374	1182
SLV - N min	30083	4474	3724	45973	63058	4306	710	485
						8960	-3374	1182

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

**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

C.C. n°	N kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm	N <sub>max/palo</sub> kN	N <sub>min/palo</sub> kN	T <sub>/palo</sub> kN
SLE rara - N max gr.1	37538	1318	1612	26515	23541	4639	2309	174
SLE rara - MT max gr.1	37176	1318	1848	30693	24585	4859	2216	189
SLE rara - ML max gr.1	36471	1412	924	14636	28890	3929	2151	141
SLE rara - N max gr.3	37538	2150	1274	20559	36396	4218	2043	208
SLE rara - MT max gr.3	37176	2150	1392	22641	37440	4310	1968	213
SLE rara - ML max gr.3	36471	2244	705	10903	41745	4502	1578	196
SLE rara - Vento ponte scarico	32759	307	619	9139	7955	3251	2452	58
						4859	1578	213

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 <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	21939	1571	1961	26601	23363
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	20605	2733	805	10183	42692
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	21486	1571	2256	30937	24668
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	21486	1571	2256	30937	24668
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	20605	2733	805	10183	42692
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	27266	1881	2329	31418	28017
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	25719	3229	992	12422	50452
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	26741	1881	2671	36448	29530
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	26741	1881	2671	36448	29530
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	25719	3229	992	12422	50452
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	19313	1318	1612	21679	19587
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	18246	2244	705	8788	35013
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	18951	1318	1848	25149	20631
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	18951	1318	1848	25149	20631
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	18246	2244	705	8788	35013
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	18357	1116	991	13126	17076
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	18357	1781	721	9172	25363
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	18068	1116	1180	15902	17912
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	18068	1116	1180	15902	17912
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	17504	1781	625	7672	28666
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	14534	307	307	3209	7033
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	17070	2488	1922	25566	37431
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	15750	7074	1874	24818	102237
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	2488	5696	76386	37640
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	2488	5696	76386	37640
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	14802	7074	1874	24818	102237
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	17070	2690	2086	27735	40254
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	15750	7749	2039	27029	111646
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	2690	6244	83727	40463
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	2690	6244	83727	40463
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	14802	7749	2039	27029	111646
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	17070	3471	2720	36307	51141
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	15750	10350	2673	35559	147938
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	3471	8358	112189	51350
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	15891	3471	8358	112189	51350
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	15750	10350	2673	35559	147938

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	41177	1571	1961	32483	28075
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	39843	2733	805	12596	50890
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	40724	1571	2256	37704	29380
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	40724	1571	2256	37704	29380
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	39843	2733	805	12596	50890
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	52376	1881	2329	38406	33658
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	50829	3229	992	15397	60140
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	51851	1881	2671	44463	35172
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	51851	1881	2671	44463	35172
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	50829	3229	992	15397	60140
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	37538	1318	1612	26515	23541
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	36471	2244	705	10903	41745
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	37176	1318	1848	30693	24585
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	37176	1318	1848	30693	24585
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	36471	2244	705	10903	41745
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	36582	1116	991	16100	20424
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	36582	1781	721	11334	30708
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	36293	1116	1180	19441	21259
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	36293	1116	1180	19441	21259
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	35729	1781	625	9549	34011
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	32759	307	307	4130	7955
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	37347	3491	2925	32836	46399
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	34591	10418	2877	31945	128476
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	3491	9040	98489	46608
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	3491	9040	98489	46608
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	32412	10418	2877	31945	128476
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	37347	3693	3089	35499	49829
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	34591	11093	3042	34650	139908
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	3693	9588	107474	50038
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	3693	9588	107474	50038
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	32412	11093	3042	34650	139908
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	37347	4474	3724	45973	63058
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	34591	13694	3676	45082	184004
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	4474	11702	142279	63267
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34732	4474	11702	142279	63267
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	32412	13694	3676	45082	184004

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	37 di 54

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	13.0	13.0	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovraresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovraresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	10350	8358	kN
Momento agente (q=1)	M	147938	112189	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	7074	5696	kN
Momento agente (con q)	MEd	102237	76386	kN*m
Momento Resistente	MRd	155682	246520	kN*m
Rapporto di sovraresistenza	MRd/MEd	1.52	3.23	
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	10350	8358	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	10772	18382	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>10350</b>	<b>8358</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.23</b>	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>10350</b>	<b>8358</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.22	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25	
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	38 di 54

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00	daN/cm <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	39 di 54

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

**DOMINIO N° 2**

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

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

**DOMINIO N° 3**

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

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	160.0	26
2	360.6	147.8	26
3	394.2	121.4	26
4	416.2	80.1	26
5	419.6	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.6	-44.1	26
9	416.2	-80.1	26
10	394.2	-121.4	26
11	360.6	-147.8	26
12	308.8	-160.0	26
13	-308.8	-160.0	26



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	40 di 54

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

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	41 di 54

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: 2.8 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	27266.02	28016.64	31417.89	0.00	0.00
2	25718.87	50451.72	12421.66	0.00	0.00
3	26741.12	29530.44	36448.37	0.00	0.00
4	26741.12	29530.44	36448.37	0.00	0.00
5	25718.87	50451.72	12421.66	0.00	0.00
6	17069.85	37431.20	25566.22	0.00	0.00
7	15750.45	102237.32	24817.85	10350.00	0.00
8	15891.45	37640.00	76385.54	0.00	8353.00
9	15891.45	37640.00	76385.54	0.00	0.00
10	14802.45	102237.32	24817.85	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 05 001	A	42 di 54

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	19313.00	19587.00	21679.00
2	18246.00	35013.00	8788.00
3	18951.00	20631.00	25149.00
4	18951.00	20631.00	25149.00
5	18246.00	35013.00	8788.00

**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	18357.00	17076.00 (86286.20)	13126.00 (66326.58)
2	18357.00	25363.00 (62099.29)	9172.00 (22456.91)
3	18068.00	17912.00 (66683.81)	15902.00 (59200.87)
4	18068.00	17912.00 (66683.81)	15902.00 (59200.87)
5	17504.00	28666.00 (55427.73)	7672.00 (14834.35)

**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	14534.00	7033.00 (0.00)	3209.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	43 di 54

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	27266.02	28016.64	31417.89	27265.98	154299.94	172958.93	5.512325.5(380.9)	
2	S	25718.87	50451.72	12421.66	25718.99	167740.10	41686.92	3.332325.5(380.9)	
3	S	26741.12	29530.44	36448.37	26741.29	151085.66	186051.85	5.112325.5(380.9)	
4	S	26741.12	29530.44	36448.37	26741.29	151085.66	186051.85	5.112325.5(380.9)	
5	S	25718.87	50451.72	12421.66	25718.99	167740.10	41686.92	3.332325.5(380.9)	
6	S	17069.85	37431.20	25566.22	17070.04	152302.15	103551.87	4.062325.5(380.9)	
7	S	15750.45	102237.32	24817.85	15750.17	155682.69	37408.52	1.522325.5(380.9)	
8	S	15891.45	37640.00	76385.54	15891.59	120536.82	246520.77	3.222325.5(380.9)	
9	S	15891.45	37640.00	76385.54	15891.59	120536.82	246520.77	3.222325.5(380.9)	
10	S	14802.45	102237.32	24817.85	14802.43	154498.97	37428.37	1.512325.5(380.9)	

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	310.0	170.0	0.00322	308.8	160.0	-0.00882	-308.8	-160.0
2	0.00350	310.0	170.0	0.00299	308.8	160.0	-0.01425	-308.8	-160.0
3	0.00350	310.0	170.0	0.00323	308.8	160.0	-0.00857	-308.8	-160.0
4	0.00350	310.0	170.0	0.00323	308.8	160.0	-0.00857	-308.8	-160.0
5	0.00350	310.0	170.0	0.00299	308.8	160.0	-0.01425	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00309	308.8	160.0	-0.01219	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00293	308.8	160.0	-0.01626	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00329	360.6	147.8	-0.00816	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00329	360.6	147.8	-0.00816	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00293	308.8	160.0	-0.01643	-308.8	-160.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000005272	0.000027455	-0.002801460	----	----
2	0.000001836	0.000050332	-0.005625659	----	----
3	0.000005617	0.000026037	-0.002667417	----	----
4	0.000005617	0.000026037	-0.002667417	----	----
5	0.000001836	0.000050332	-0.005625659	----	----
6	0.000003881	0.000040268	-0.004548810	----	----
7	0.000001807	0.000056500	-0.006665232	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	44 di 54

8	0.000007906	0.000019428	-0.002435872	---	---
9	0.000007906	0.000019428	-0.002435872	---	---
10	0.000001822	0.000056973	-0.006750348	---	---

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 2.8 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / 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.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/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  $L$ =lunghezza legatura,  $d_{max}$ =massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	20655.78	2880.52141.2	131.2	300.6	1.000	1.114	0.0	56.1(0.0)
2	S	0.00	29768.31	4345.65208.0	198.0	288.8	1.000	1.108	0.0	56.1(0.0)
3	S	0.00	20071.94	2753.48135.4	125.4	306.2	1.000	1.112	0.0	56.1(0.0)
4	S	0.00	20071.94	2753.48135.4	125.4	306.2	1.000	1.112	0.0	56.1(0.0)
5	S	0.00	29768.31	4345.65208.0	198.0	288.8	1.000	1.108	0.0	56.1(0.0)
6	S	0.00	25420.30	3833.08184.6	174.6	289.1	1.000	1.072	0.0	56.1(0.0)
7	S	10344.71	19613.25	10871.55208.1	198.1	286.5	2.500	1.066	53.4	56.1(0.0)
8	S	3148.36	10257.00	4837.36 99.4	88.1	336.6	2.500	1.067	36.5	56.1(0.0)
9	S	0.00	14872.66	1934.94 99.4	88.1	336.6	1.000	1.067	0.0	56.1(0.0)
10	S	0.00	28393.68	4347.56208.0	198.0	287.2	1.000	1.062	0.0	56.1(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.38	365.0	157.0	-16.8	-360.6	-147.8	5979	116.8
2	S	4.46	310.0	170.0	-58.2	-308.8	-160.0	28586	562.8
3	S	3.65	365.0	157.0	-23.3	-360.6	-147.8	8723	169.9
4	S	3.65	365.0	157.0	-23.3	-360.6	-147.8	8723	169.9
5	S	4.46	310.0	170.0	-58.2	-308.8	-160.0	28586	562.8

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	45 di 54

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00005 (0.00005)	522	0.026 (0.20)	53682.46	59416.04
2	S	-0.00031	0	0.500	26.0	87	0.00017 (0.00017)	520	0.091 (0.20)	49195.85	12347.79
3	S	-0.00012	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	523	0.037 (0.20)	44972.40	54820.94
4	S	-0.00012	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	523	0.037 (0.20)	44972.40	54820.94
5	S	-0.00031	0	0.500	26.0	87	0.00017 (0.00017)	520	0.091 (0.20)	49195.85	12347.79

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.76	310.0	170.0	-7.0	-308.8	-160.0	3200	79.6
2	S	3.45	310.0	170.0	-24.3	-308.8	-160.0	11461	249.5
3	S	2.93	310.0	170.0	-11.0	-308.8	-160.0	5026	106.2
4	S	2.93	310.0	170.0	-11.0	-308.8	-160.0	5026	106.2
5	S	3.72	310.0	170.0	-37.5	-308.8	-160.0	21906	461.9

**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	-0.00004	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	473	0.010 (0.20)	86286.20	66326.58
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	499	0.036 (0.20)	62099.29	22456.91
3	S	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	505	0.017 (0.20)	66683.81	59200.87
4	S	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	505	0.017 (0.20)	66683.81	59200.87
5	S	-0.00020	0	0.500	26.0	87	0.00011 (0.00011)	505	0.057 (0.20)	55427.73	14834.35

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.48	310.0	170.0	5.2	-308.8	-160.0	---	---

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

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

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

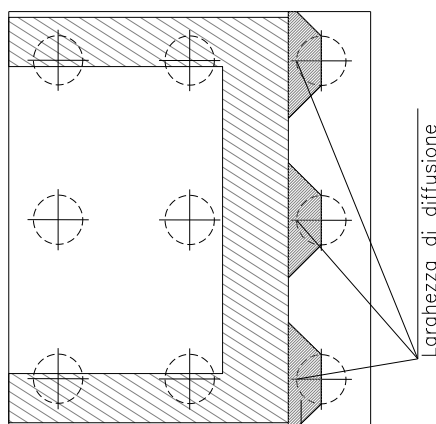
$$N_{\max} = 6216 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 7500 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 959 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

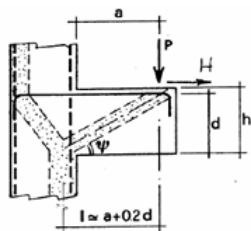


**Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila**

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 05 001	A	48 di 54

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>6.00</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>7500.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>959.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>6.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>2.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>6.58</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>2.52</b>		$\lambda = \text{ctg}\psi \approx l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>14.1</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>				
$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>24.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	60.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	27143.34
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>27143.34</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>				
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>24.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	60.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	27143.34
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>27143.34</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>				
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN



#### 4.9.3 Palo di fondazione $L=30.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.1 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 8960 \text{ kN} \quad T = 1182 \text{ kN} \quad M = 1182 * 3.1 = 3629 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -3374 \text{ kN} \quad T = 1182 \text{ kN} \quad M = 1182 * 3.1 = 3629 \text{ kNm}$$

$$N = -3374 \text{ kN} \quad T = 1182 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1182 * 3.1 = 3629 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 30 + 30 \varnothing 26 \quad \text{staffe } \varnothing 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 30.00m$

#### 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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
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 05 001	A	50 di 54

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della 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 equidistanti disposte lungo la circonferenza  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	30	26
2	0.0	0.0	59.0	30	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	6216.00	952.00	0.00	307.00	0.00
2	654.00	952.00	0.00	307.00	0.00
3	8960.00	3629.00	0.00	1182.00	0.00
4	-3374.00	3629.00	0.00	1182.00	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	4859.00	661.00	0.00
2	1578.00	661.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	51 di 54

**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	4157.00	506.00 (1882.13)	0.00 (0.00)
2	1798.00	506.00 (4132.67)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6216.00	952.00	0.00	6215.96	7894.90	0.00	8.29	318.6(53.0)
2	S	654.00	952.00	0.00	654.05	6614.03	0.00	6.95	318.6(53.0)
3	S	8960.00	3629.00	0.00	8959.80	8161.07	0.00	2.25	318.6(53.0)
4	S	-3374.00	3629.00	0.00	-3374.22	5063.37	0.00	1.40	318.6(53.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00295	0.0	65.0	-0.00415	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00273	0.0	65.0	-0.00727	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00302	0.0	65.0	-0.00320	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00242	0.0	65.0	-0.01163	0.0	-65.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	52 di 54

**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	0.000054620	-0.000596479	----	----
2	0.000000000	0.000076940	-0.002270519	----	----
3	0.000000000	0.000047846	-0.000088481	----	----
4	0.000000000	0.000108105	-0.004607862	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                   Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                  Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                  Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                          Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                          L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proietta-$   
                          sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	307.00	4047.05	3707.95117.5]	96.8	137.2	2.500	1.248	3.2	39.2(0.0)
2	S	307.00	3509.04	4038.10119.6]	105.4	132.9	2.500	1.026	3.0	39.2(0.0)
3	S	1182.00	3891.10	3577.96117.3]	93.4	136.5	2.500	1.250	12.9	39.2(0.0)
4	S	1182.00	3373.79	4344.94123.4]	113.4	121.8	2.500	1.000	10.7	39.2(0.0)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max       Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min       Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.62	0.0	0.0	13.5	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.34	0.0	0.0	-13.7	0.0	-65.0	1054	31.9

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 08 05 001	A	53 di 54

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 $A_c$ 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	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	442	0.018 (0.20)	2247.85	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	2.97	0.0	0.0	13.3	0.0	-65.0	---	---
2	S	1.94	0.0	0.0	-3.1	0.0	-65.0	328	5.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00053	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	1882.13	0.00
2	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	569	0.005 (0.20)	4132.67	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