

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

VI09 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI0905 001 A

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

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

File: RS3E50D09CLVI0905001A.docx

n. Elab.: 1412

## 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=31.0m</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 **VI09** 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**.

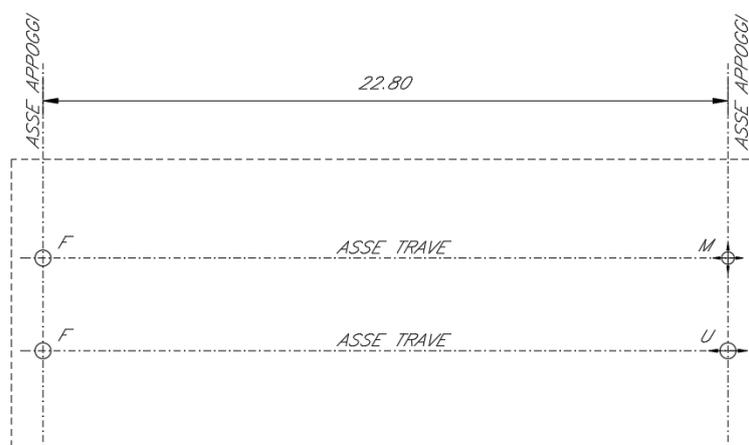
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

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 VI09 ha una lunghezza totale di circa 270 m, è costituito da 11 impalcati in c.a.p da 25m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

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



**Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx**

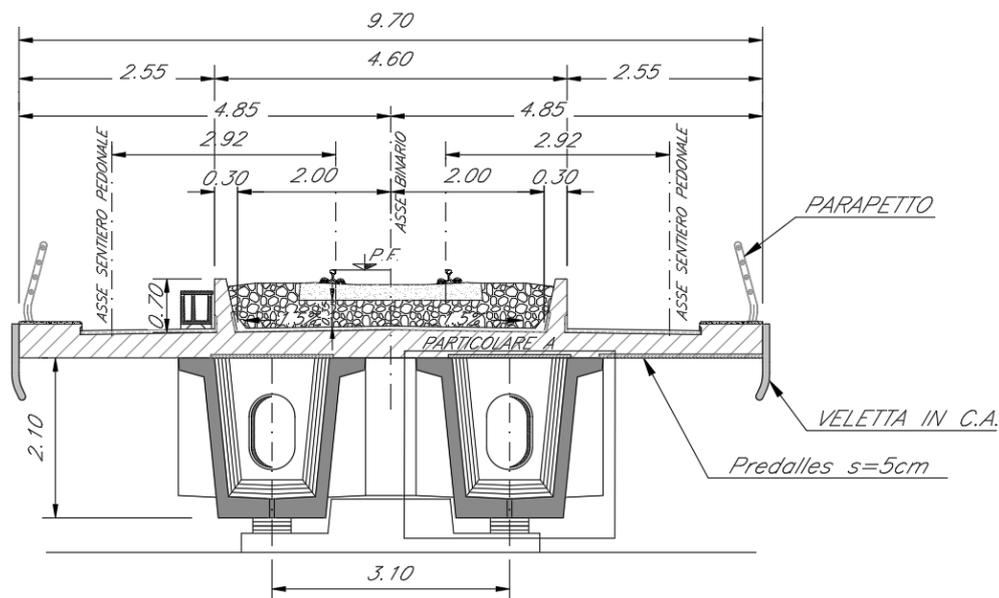
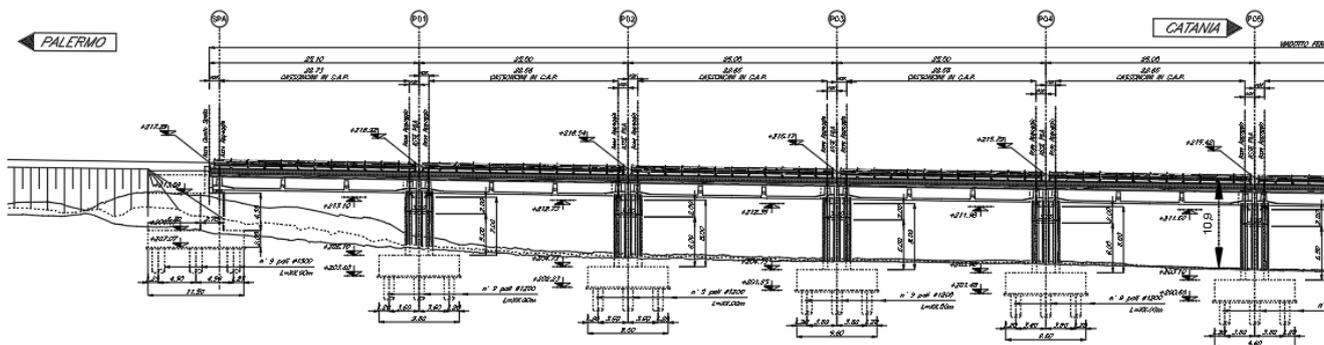


Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

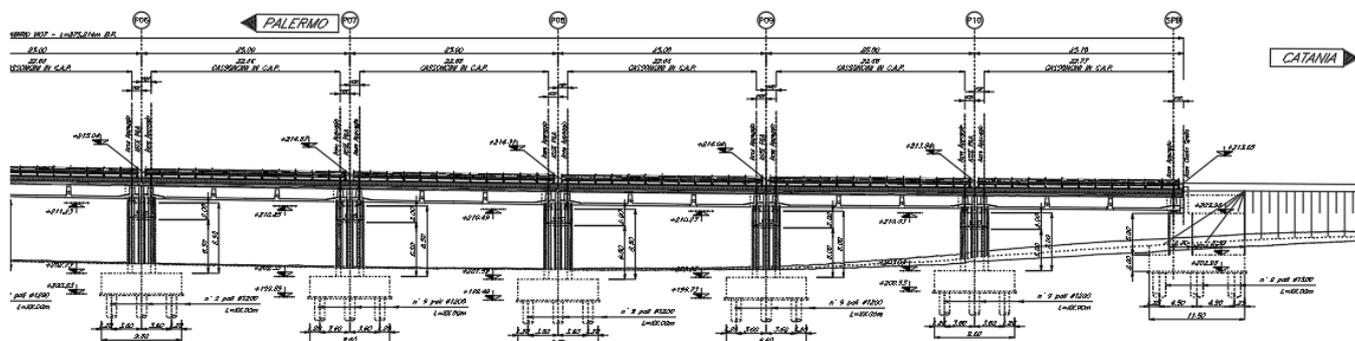
## 1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI09 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 09 05 001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- o STI 2014 –Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

### 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  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
  - 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 09 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.

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare cava** di dimensioni 3.3x 8.60m, una altezza complessiva di 6.50m.

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

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQ <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 09 05 001 A 14 di 54

	Azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole 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 Gmin - N max gr.1	A2- SIU Gmin - MT max gr.1	A2- SIU Gmin - ML max gr.1	A2- SIU Gmin - N max gr.3	A2- SIU Gmin - MT max gr.3	A2- SIU Gmin - ML max gr.3	A2- SIU Gmin - Vento ponte scarico	A1- SIU - N max gr.1	A1- SIU - MT max gr.1	A1- SIU - ML max gr.1	A1- SIU - N max gr.3	A1- SIU - MT max gr.3	A1- SIU - ML max gr.3	A1- SIU - Vento ponte scarico	A1- SIU Gmin - N max gr.1	A1- SIU Gmin - MT max gr.1	A1- SIU Gmin - ML max gr.1	
Peso proprio g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	
Permanenti G2	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	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	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. Mmax Qv	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	
Comb. Mmax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	
Comb. Mmax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. Mmax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	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	
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45	
Vento Ponte Scarico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	
Vento Ponte Carico	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
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	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 09 05 001 A 15 di 54

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	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	$H_1$	9.45	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.60	m
Area Sezione		26.62	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	6.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	8.60	m
Area Sezione		11.88	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 pila (dx)	$x_{m2}$	1.20	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	9.60	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	$K_0 = 0.426$	▼
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>25</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>162</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>	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

### 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 09 05 001 A 18 di 54

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

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

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	596			529			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga						0	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio							3.30
Vento Ponte Scarico			62			62	3.30
Vento Ponte Carico			130			130	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito canchi mobili		26	26		23	23	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			921		921	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1016		1016	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1382		1382	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			165			165	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga			119			119	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.30
Vento Ponte Scarico			62			62	3.30
Vento Ponte Carico			130			130	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale		1885		1885		2.50
	Sisma trasversale			921		921	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		2079		2079		2.50
	Sisma trasversale			1016		1016	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00
q=1	Sisma longitudinale		2828		2828		2.50
	Sisma trasversale			1382		1382	2.50
	Sisma verticale	273			273		0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005					
		scarico	carico		
Condizione (ponte carico o scarico)					
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m	
Zona	Z	4	4		
Parametri	Vb,0	28	28	m/s	
Parametri	a0	500	500	m	
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s	
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))$	28	28	m/s	
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni	
	aR	1.05	1.05		
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s	
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc	
Pressione cinetica di riferimento	$qb=0.5*\rho*v^2$	0.54	0.54	kN/mq	
Classe di rugosità del terreno		D	D		
Distanza dalla costa		>10	>10	km	
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m	
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II		
<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	13	13	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.52	2.52		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	2.6	3.3	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.1	7.3	m	
Rapporto di forma	b/dtot	2.37	1.33		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.79	2.10		
<b>Riepilogo</b>					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.52	2.52		
Coefficiente di forza	cfx	1.79	2.10		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.1	7.3	m	
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	9.9	20.7	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.42	2.84	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	9.9	20.7	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	9.9	9.9	kN/m	
Luce impalcato	L	25	25	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	124	124	kN/m	
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>					
Forza statica equivalente	f	20.7	20.7	kN/m	
Luce impalcato	L	25	25	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	259	259	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	8.50	8.5	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.25	2.25	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.60	8.60	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.3	3.3	m
Rapporto di forma	d/b	0.38	0.38	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.21	2.21	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.73	1.73	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	55.9	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	30	97	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.3	3.3	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m
Rapporto di forma	d/b	2.61	2.61	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.47	1.47	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.36	0.36	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.88	0.88	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.6	21.45	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	19	kN
<b>Riepilogo</b>				
<b>Vento x</b>				
Pulvino	F	30	kN	
Pila	F	97	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.50	m	
Forza totale	F Tot	127	kN	
<b>Vento y</b>				
Pulvino	F	6	kN	
Pila	F	19	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.50	m	
Forza totale	F Tot	25	kN	

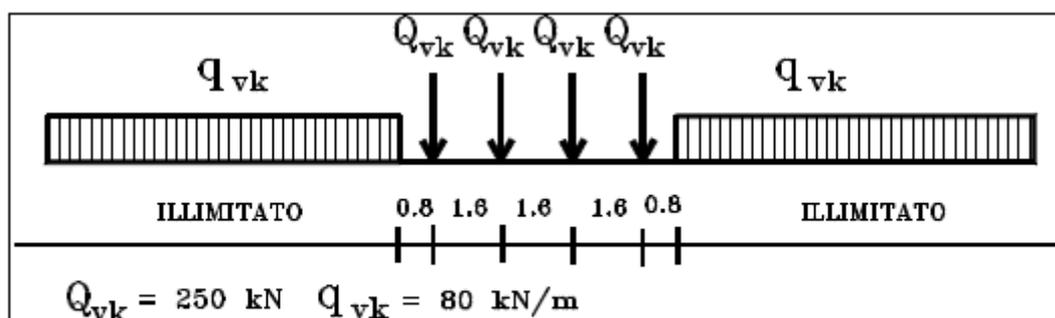
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

➤ *Modello di carico LM71*

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



*Treno di carico LM 71*

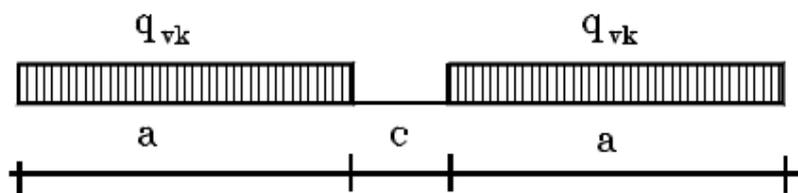
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

➤ *Modello di carico SW/2*

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



*Treno di carico SW*

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

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

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

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

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

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 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	19.7	m	L calc	25	m
L calc=L-6.4m	18.6	m	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
qtk*Lcalc	394	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN						

**Forza centrifuga dx**

L	25	m	L <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	19.7	m	L calc	25	m
L calc=L-6.4m	18.6	m	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
qtk*Lcalc	394	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN						

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI09 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 09 05 001	REV. A

#### 4.6.7 Azione sismica

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

##### ➤ Valori di progetto

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

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo

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

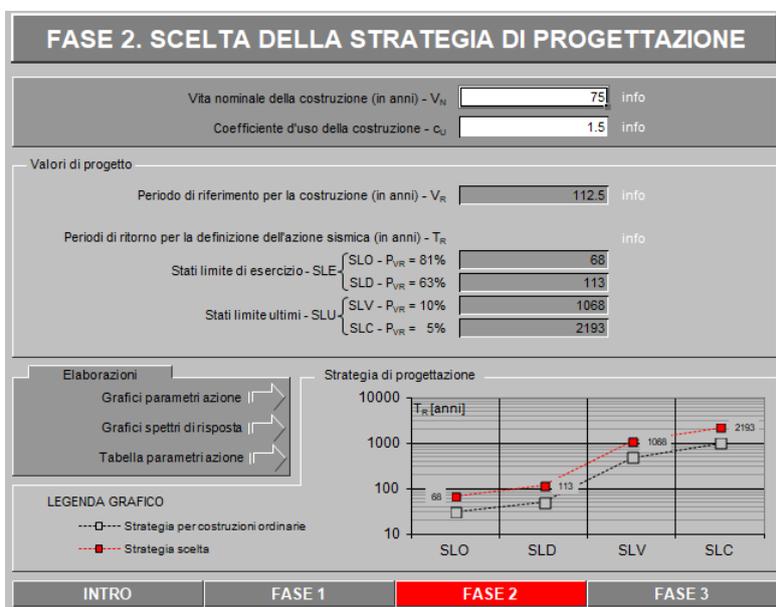
Interpolazione



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

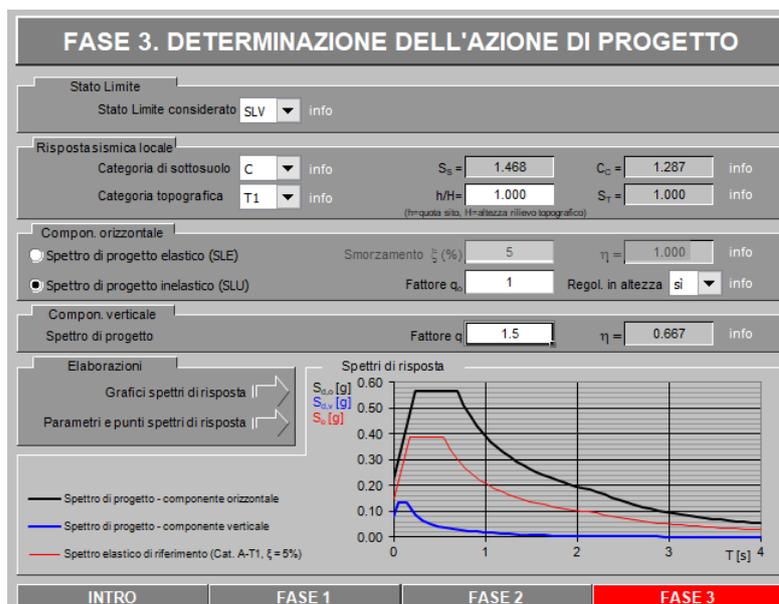
INTRO
**FASE 1**
FASE 2
FASE 3

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.



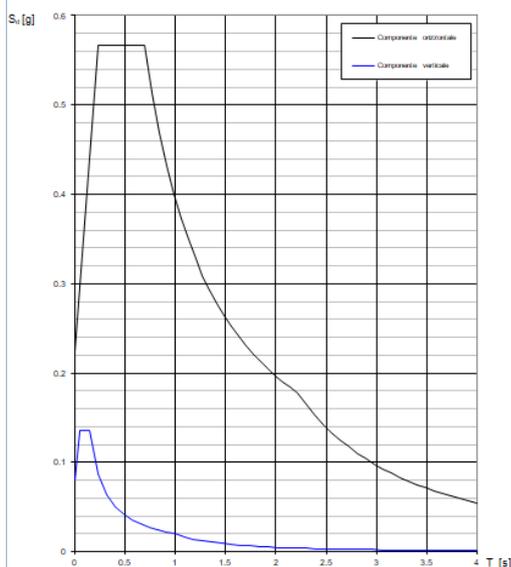
**Parametri indipendenti**

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	7952	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	1974	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	9926	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	1590	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	7726	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	1974	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	9700	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi <sub>z</sub>	7726	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	1974	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	9700	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi <sub>z</sub> /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	16.9	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	77.5	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	11.88	m <sup>2</sup>
Rigidità Pila asse y	K <sub>y</sub>	1255568364	N/m
Rigidità Pila asse x	K <sub>x</sub>	5762037781	N/m
Rigidità Pila asse z	K <sub>z</sub>	46111482353	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.18	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.08	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.03	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 - Taglianti Totali**

**q=1.5**

Tagliante direzione x	F x	3770	kN
Tagliante direzione y	F y	3684	kN
Tagliante direzione z	F z	1092	kN

**q=1.36**

Tagliante direzione x	F x	4158	kN
Tagliante direzione y	F y	4064	kN
Tagliante direzione z	F z	1092	kN

**q=1**

Tagliante direzione x	F x	5655	kN
Tagliante direzione y	F y	5526	kN
Tagliante direzione z	F z	1092	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI09 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 09 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  $M$ .

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 05 001	A	30 di 54

**SPICCATO PILA: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3261			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		127		0.00	0.00	8.50	0	1076
Vento su pila dir.y			24.8	0.00	0.00	8.50	211	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3261			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	5760			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	1276			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		127		0.00	0.00	11.00	0	1393
Vento su pila dir.y			24.8	0.00	0.00	11.00	273	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Plinto sisma x		1297		0.00	0.00	1.25	0.00	1621
Plinto sisma y			1297	0.00	0.00	1.25	1621	0
Plinto sisma z	649			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	144			0.00	0.00	0.00	0	0

## 4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	15435	905	1440	17993	11600	
A2 - SLU - MT max gr.1	15306	905	1670	21211	9906	
A2 - SLU - ML max gr.1	14028	1004	717	8408	14126	
A2 - SLU - N max gr.3	15435	1452	1111	13430	18306	
A2 - SLU - MT max gr.3	15306	1452	1226	15032	16613	
A2 - SLU - ML max gr.3	14028	1551	537	5935	20833	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11211	212	566	6117	1893	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	11535	905	1440	17993	11600	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	11406	905	1670	21211	9906	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	10128	1004	717	8408	14126	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	11535	1452	1111	13430	18306	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	11406	1452	1226	15032	16613	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	10128	1551	537	5935	20833	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7311	212	566	6117	1893	
A1 - SLU - N max gr.1	19269	1090	1708	21199	13815	
A1 - SLU - MT max gr.1	19120	1090	1975	24932	11851	
A1 - SLU - ML max gr.1	17638	1204	872	10113	16741	
A1 - SLU - N max gr.3	19269	1726	1327	15906	21606	
A1 - SLU - MT max gr.3	19120	1726	1460	17765	19641	
A1 - SLU - ML max gr.3	17638	1840	664	7245	24532	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	14370	286	695	7429	2555	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	12210	1090	1708	21199	13815	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	12061	1090	1975	24932	11851	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	10579	1204	872	10113	16741	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	12210	1726	1327	15906	21606	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	12061	1726	1460	17765	19641	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	10579	1840	664	7245	24532	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7311	212	621	6766	1893	
SLE rara - N max gr.1	13690	766	1181	14611	9658	
SLE rara - MT max gr.1	13587	766	1365	17185	8303	
SLE rara - ML max gr.1	12565	842	616	7105	11654	
SLE rara - N max gr.3	13690	1204	918	10960	15024	
SLE rara - MT max gr.3	13587	1204	1010	12242	13669	
SLE rara - ML max gr.3	12565	1280	472	5127	17019	
SLE rara - Vento ponte scarico	10311	212	484	5142	1893	
SLE freq. - N max gr.1	13014	655	726	8821	8105	
SLE freq. - MT max gr.1	12932	655	873	10880	7021	
SLE freq. - ML max gr.1	12114	655	535	6063	9185	
SLE freq. - N max gr.3	13014	1006	515	5901	12398	
SLE freq. - MT max gr.3	12932	1006	589	6926	11314	
SLE freq. - ML max gr.3	12114	1006	420	4480	13478	
SLE freq. - Vento ponte scarico	10311	212	336	3412	1893	
SLE quasi permanente	10311	212	212	1893	1893	
q = 1,5	SLV - N max	12079	1435	1340	15333	16523
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	11294	1435	3955	45375	16252
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	11089	4074	1292	14643	47009
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	10638	1435	3955	45375	16252
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	10434	4074	1292	14643	47009
q = 1,5	SLV - N min	9895	1435	1340	15333	16523
q = 1,36	SLV - N max	12079	1552	1453	16615	17856
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	11294	1552	4334	49687	17585
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	11089	4462	1406	15946	51453
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	10638	1552	4334	49687	17585
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	10434	4462	1406	15946	51453
q = 1,36	SLV - N min	9895	1552	1453	16615	17856
q = 1	SLV - N max	12079	2001	1892	21660	22998
q = 1	SLV - MT max gr.1	11294	2001	5797	66466	22727
q = 1	SLV - ML max gr.1	11089	5959	1845	20971	68592
q = 1	SLV - MT max gr.3	10638	2001	5797	66466	22727
q = 1	SLV - ML max gr.3	10434	5959	1845	20971	68592
q = 1	SLV - N min	9895	2001	1892	21660	22998

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

#### 4.7.1 Plinto di fondazione

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE					
	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	22853	905	1440	21593	13862
A2 - SLU - MT max gr.1	22724	905	1670	25386	12168
A2 - SLU - ML max gr.1	21447	1004	717	10202	16636
A2 - SLU - N max gr.3	22853	1452	1111	16208	21938
A2 - SLU - MT max gr.3	22724	1452	1226	18098	20244
A2 - SLU - ML max gr.3	21447	1551	537	7279	24711
A2 - SLU - Vento ponte scarico	18629	212	566	7532	2422
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	17295	905	1440	21593	13862
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	17166	905	1670	25386	12168
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	15888	1004	717	10202	16636
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	17295	1452	1111	16208	21938
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	17166	1452	1226	18098	20244
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	15888	1551	537	7279	24711
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13071	212	566	7532	2422
A1 - SLU - N max gr.1	28959	1090	1708	25469	16540
A1 - SLU - MT max gr.1	28809	1090	1975	29868	14575
A1 - SLU - ML max gr.1	27327	1204	872	12294	19751
A1 - SLU - N max gr.3	28959	1726	1327	19223	25921
A1 - SLU - MT max gr.3	28809	1726	1460	21415	23956
A1 - SLU - ML max gr.3	27327	1840	664	8904	29131
A1 - SLU - Vento ponte scarico	24059	286	695	9166	3269
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	17970	1090	1708	25469	16540
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	17821	1090	1975	29868	14575
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	16339	1204	872	12294	19751
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	17970	1726	1327	19223	25921
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	17821	1726	1460	21415	23956
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	16339	1840	664	8904	29131
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13071	212	621	8318	2422
SLE rara - N max gr.1	20725	766	1181	17563	11574
SLE rara - MT max gr.1	20622	766	1365	20598	10219
SLE rara - ML max gr.1	19600	842	616	8646	13759
SLE rara - N max gr.3	20725	1204	918	13256	18034
SLE rara - MT max gr.3	20622	1204	1010	14768	16680
SLE rara - ML max gr.3	19600	1280	472	6308	20220
SLE rara - Vento ponte scarico	17346	212	484	6353	2422
SLE freq. - N max gr.1	20050	655	726	10635	9743
SLE freq. - MT max gr.1	19967	655	873	13063	8660
SLE freq. - ML max gr.1	19150	655	535	7401	10823
SLE freq. - N max gr.3	20050	1006	515	7189	14912
SLE freq. - MT max gr.3	19967	1006	589	8398	13828
SLE freq. - ML max gr.3	19150	1006	420	5530	15992
SLE freq. - Vento ponte scarico	17346	212	336	4251	2422
SLE quasi permanente	17346	212	212	2422	2422
q = 1.5					
SLV - N max	19906	1824	1729	19168	20597
SLV - MT max gr.1	18567	1824	5252	56884	20326
SLV - ML max gr.1	18363	5371	1681	18360	58816
SLV - MT max gr.3	17436	1824	5252	56884	20326
SLV - ML max gr.3	17232	5371	1681	18360	58816
SLV - N min	16138	1824	1729	19168	20597
q = 1.36					
SLV - N max	19906	1941	1842	20734	22221
SLV - MT max gr.1	18567	1941	5631	62144	21950
SLV - ML max gr.1	18363	5759	1795	19947	64230
SLV - MT max gr.3	17436	1941	5631	62144	21950
SLV - ML max gr.3	17232	5759	1795	19947	64230
SLV - N min	16138	1941	1842	20734	22221
q = 1					
SLV - N max	19906	2390	2281	26877	28486
SLV - MT max gr.1	18567	2390	7094	82580	28215
SLV - ML max gr.1	18363	7256	2234	26068	85112
SLV - MT max gr.3	17436	2390	7094	82580	28215
SLV - ML max gr.3	17232	7256	2234	26068	85112
SLV - N min	16138	2390	2281	26877	28486

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	28959	1090	1708	25469	16540	5162	1273	225
AI - SLU - MT max gr.1	28809	1090	1975	29868	14575	5259	1143	251
AI - SLU - ML max gr.1	27327	1204	872	12294	19751	4520	1553	165
AI - SLU - N max gr.3	28959	1726	1327	19223	25921	5308	1128	242
AI - SLU - MT max gr.3	28809	1726	1460	21415	23956	5302	1101	251
AI - SLU - ML max gr.3	27327	1840	664	8904	29131	4797	1275	217
AI - SLU - Vento ponte scarico	24059	286	695	9166	3269	3249	2098	83
AI - SLU Gmin - N max gr.1	17970	1090	1708	25469	16540	3942	52	225
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	17821	1090	1975	29868	14575	4038	-77	251
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	16339	1204	872	12294	19751	3299	332	165
AI - SLU Gmin - N max gr.3	17970	1726	1327	19223	25921	4087	-93	242
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	17821	1726	1460	21415	23956	4081	-120	251
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	16339	1840	664	8904	29131	3576	55	217
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	13071	212	621	8318	2422	1950	955	73
						5308	-120	251

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	19906	1941	1842	20734	22221	4201	223	297
SLV - MT max gr.1	18567	1941	5631	62144	21950	5956	-1830	662
SLV - ML max gr.1	18363	5759	1795	19947	64230	5937	-1857	670
SLV - MT max gr.3	17436	1941	5631	62144	21950	5831	-1956	662
SLV - ML max gr.3	17232	5759	1795	19947	64230	5812	-1982	670
SLV - N min	16138	1941	1842	20734	22221	3782	-196	297
						5956	-1982	670

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	19906	2390	2281	26877	28486	4775	-351	367
SLV - MT max gr.1	18567	2390	7094	82580	28215	7192	-3066	832
SLV - ML max gr.1	18363	7256	2234	26068	85112	7188	-3107	844
SLV - MT max gr.3	17436	2390	7094	82580	28215	7067	-3192	832
SLV - ML max gr.3	17232	7256	2234	26068	85112	7062	-3233	844
SLV - N min	16138	2390	2281	26877	28486	4356	-770	367
						7192	-3233	844

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	20725	766	1181	17563	11574	3652	954	156
SLE rara - MT max gr.1	20622	766	1365	20598	10219	3718	865	174
SLE rara - ML max gr.1	19600	842	616	8646	13759	3215	1141	116
SLE rara - N max gr.3	20725	1204	918	13256	18034	3751	854	168
SLE rara - MT max gr.3	20622	1204	1010	14768	16680	3747	835	175
SLE rara - ML max gr.3	19600	1280	472	6308	20220	3406	950	152
SLE rara - Vento ponte scarico	17346	212	484	6353	2422	2334	1521	59
						3751	835	175

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	15435	905	1440	17993	11600
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	14028	1551	537	5935	20833
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	15306	905	1670	21211	9906
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	15306	905	1670	21211	9906
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	14028	1551	537	5935	20833
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	19269	1090	1708	21199	13815
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	17638	1840	664	7245	24532
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	19120	1090	1975	24932	11851
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	19120	1090	1975	24932	11851
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	17638	1840	664	7245	24532
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	13690	766	1181	14611	9658
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	12565	1280	472	5127	17019
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	13587	766	1365	17185	8303
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	13587	766	1365	17185	8303
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	12565	1280	472	5127	17019
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	13014	655	726	8821	8105
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	13014	1006	515	5901	12398
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	12932	655	873	10880	7021
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	12932	655	873	10880	7021
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	12114	1006	420	4480	13478
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	10311	212	212	1893	1893
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	12079	1435	1340	15333	16523
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	11089	4074	1292	14643	47009
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	1435	3955	45375	16252
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	1435	3955	45375	16252
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	10434	4074	1292	14643	47009
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	12079	1552	1453	16615	17856
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	11089	4462	1406	15946	51453
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	1552	4334	49687	17585
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	1552	4334	49687	17585
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	10434	4462	1406	15946	51453
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	12079	2001	1892	21660	22998
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	11089	5959	1845	20971	68592
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	2001	5797	66466	22727
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	11294	2001	5797	66466	22727
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	11089	5959	1845	20971	68592

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	22853	905	1440	21593	13862
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	21447	1551	537	7279	24711
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	22724	905	1670	25386	12168
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	22724	905	1670	25386	12168
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	15888	1551	537	7279	24711
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	28959	1090	1708	25469	16540
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	27327	1840	664	8904	29131
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	28809	1090	1975	29868	14575
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	28809	1090	1975	29868	14575
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	27327	1840	664	8904	29131
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	20725	766	1181	17563	11574
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	19600	1280	472	6308	20220
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	20622	766	1365	20598	10219
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	20622	766	1365	20598	10219
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	19600	1280	472	6308	20220
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	20050	655	726	10635	9743
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	20050	1006	515	7189	14912
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	19967	655	873	13063	8660
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	19967	655	873	13063	8660
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	19150	1006	420	5530	15992
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	17346	212	212	2422	2422
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19906	1824	1729	19168	20597
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18363	5371	1681	18360	58816
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	1824	5252	56884	20326
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	1824	5252	56884	20326
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	17232	5371	1681	18360	58816
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19906	1941	1842	20734	22221
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18363	5759	1795	19947	64230
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	1941	5631	62144	21950
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	1941	5631	62144	21950
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	17232	5759	1795	19947	64230
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	19906	2390	2281	26877	28486
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18363	7256	2234	26068	85112
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	2390	7094	82580	28215
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	18567	2390	7094	82580	28215
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18363	7256	2234	26068	85112

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	11.5	11.5	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	5959	5797	kN
Momento agente (q=1)	M	68592	66466	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4074	3955	kN
Momento agente (con q)	MEd	47009	45375	kN*m
Momento Resistente	MRd	144345	272489	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	3.07	6.01	
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	5959	5797	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12510	23751	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>5959</b>	<b>5797</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>5959</b>	<b>5797</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	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00	daN/cm <sup>2</sup>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

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 B1\*B2: 1.00  
Coeff. Aderenza differito B1\*B2: 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	310.0	165.0
2	365.0	152.0
3	402.0	123.0
4	426.0	77.0
5	430.0	40.0
6	413.0	25.0
7	413.0	-25.0
8	430.0	-40.0
9	426.0	-77.0
10	402.0	-123.0
11	365.0	-152.0
12	310.0	-165.0
13	-310.0	-165.0
14	-365.0	-152.0
15	-402.0	-123.0
16	-426.0	-77.0
17	-430.0	-40.0
18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

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

**DOMINIO N° 2**

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

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

**DOMINIO N° 3**

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

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	155.0	26
2	360.6	142.8	26
3	394.1	116.5	26
4	416.3	74.0	26
5	419.5	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.5	-44.1	26
9	416.3	-74.0	26
10	394.1	-116.5	26
11	360.6	-142.8	26
12	308.8	-155.0	26
13	-308.8	-155.0	26
14	-360.6	-142.8	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

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

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	24	1	62	26
2	12	13	62	26
3	34	33	28	26
4	35	36	28	26
5	25	26	28	26
6	43	44	28	26
7	34	25	25	26
8	35	44	25	26
9	1	2	3	26
10	2	3	3	26
11	3	4	3	26
12	4	5	3	26
13	6	7	4	26
14	9	8	3	26
15	9	10	3	26
16	10	11	3	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 4.1 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	19269.20	13815.14	21199.01	0.00	0.00
2	17637.95	24531.78	7244.75	0.00	0.00
3	19119.85	11850.68	24931.81	0.00	0.00
4	19119.85	11850.68	24931.81	0.00	0.00
5	17637.95	24531.78	7244.75	0.00	0.00
6	12078.66	16522.57	15332.99	0.00	0.00
7	11089.26	47009.12	14643.44	5959.00	0.00
8	11293.66	16251.61	45375.12	0.00	5797.00
9	11293.66	16251.61	45375.12	0.00	0.00
10	10434.06	47009.12	14643.44	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 05 001	A	42 di 54

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	13690.00	9658.00	14611.00
2	12565.00	17019.00	5127.00
3	13587.00	8303.00	17185.00
4	13587.00	8303.00	17185.00
5	12565.00	17019.00	5127.00

**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	13014.00	8105.00 (456781.26)	8821.00 (497133.56)
2	13014.00	12398.00 (102257.48)	5901.00 (48670.87)
3	12932.00	7021.00 (372905.48)	10880.00 (577868.06)
4	12932.00	7021.00 (372905.48)	10880.00 (577868.06)
5	12114.00	13478.00 (82373.79)	4480.00 (27380.52)

**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	10311.00	1893.00 (0.00)	1893.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.7 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI09 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [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	19269.20	13815.14	21199.01	19269.24	132337.69	204961.33	9.642325.5(375.1)	
2	S	17637.95	24531.78	7244.75	17637.79	152195.92	45617.33	6.212325.5(375.1)	
3	S	19119.85	11850.68	24931.81	19119.91	118029.62	249509.21	10.002325.5(375.1)	
4	S	19119.85	11850.68	24931.81	19119.91	118029.62	249509.21	10.002325.5(375.1)	
5	S	17637.95	24531.78	7244.75	17637.79	152195.92	45617.33	6.212325.5(375.1)	
6	S	12078.66	16522.57	15332.99	12078.78	138180.10	127221.49	8.332325.5(375.1)	
7	S	11089.26	47009.12	14643.44	11089.31	144345.67	44708.32	3.072325.5(375.1)	
8	S	11293.66	16251.61	45375.12	11293.52	97558.29	272489.00	6.002325.5(375.1)	
9	S	11293.66	16251.61	45375.12	11293.52	97558.29	272489.00	6.002325.5(375.1)	
10	S	10434.06	47009.12	14643.44	10434.34	143547.29	44712.84	3.052325.5(375.1)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	365.0	152.0	0.00324	360.6	142.8	-0.00847	-360.6	-142.8
2	0.00350	310.0	165.0	0.00297	308.8	155.0	-0.01483	-308.8	-155.0
3	0.00350	365.0	152.0	0.00329	360.6	142.8	-0.00776	-360.6	-142.8
4	0.00350	365.0	152.0	0.00329	360.6	142.8	-0.00776	-360.6	-142.8
5	0.00350	310.0	165.0	0.00297	308.8	155.0	-0.01483	-308.8	-155.0
6	0.00350	310.0	165.0	0.00312	308.8	155.0	-0.01137	-308.8	-155.0
7	0.00350	310.0	165.0	0.00293	308.8	155.0	-0.01602	-308.8	-155.0
8	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00834	-360.6	-142.8
9	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00834	-360.6	-142.8
10	0.00350	310.0	165.0	0.00293	308.8	155.0	-0.01613	-308.8	-155.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006480	0.000024664	-0.002614096	----	----
2	0.000002091	0.000053231	-0.005931506	----	----
3	0.000007706	0.000019239	-0.002236954	----	----
4	0.000007706	0.000019239	-0.002236954	----	----
5	0.000002091	0.000053231	-0.005931506	----	----
6	0.000004688	0.000037409	-0.004125695	----	----
7	0.000002167	0.000056797	-0.006543150	----	----
8	0.000009456	0.000016897	-0.002519581	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

9	0.000009456	0.000016897	-0.002519581	----	----
10	0.000002179	0.000057119	-0.006600113	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 4.1 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 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  $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direzione del taglio e  $d_{max}$ = 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	17340.67	1704.65123.7	113.7	299.9	1.000	1.082	0.0	38.3(0.0)
2	S	0.00	27813.51	2826.16198.5	188.5	292.0	1.000	1.075	0.0	38.3(0.0)
3	S	0.00	15175.01	1303.62 99.4	87.0	343.4	1.000	1.081	0.0	38.3(0.0)
4	S	0.00	15175.01	1303.62 99.4	87.0	343.4	1.000	1.081	0.0	38.3(0.0)
5	S	0.00	27813.51	2826.16198.5	188.5	292.0	1.000	1.075	0.0	38.3(0.0)
6	S	0.00	21949.39	2238.07159.3	149.3	297.5	1.000	1.051	0.0	38.3(0.0)
7	S	5954.67	18551.73	7032.58197.6	187.6	291.3	2.500	1.047	32.4	38.3(0.0)
8	S	2830.94	8788.46	2891.36 91.2	77.1	335.3	2.500	1.048	37.5	38.3(0.0)
9	S	0.00	12743.27	1156.54 91.2	77.1	335.3	1.000	1.048	0.0	38.3(0.0)
10	S	0.00	26870.93	2812.42197.6	187.6	291.8	1.000	1.044	0.0	38.3(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [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	2.04	365.0	152.0	-4.7	-360.6	-142.8	2759	63.7
2	S	2.37	310.0	165.0	-16.7	-308.8	-155.0	12762	281.4
3	S	2.04	365.0	152.0	-4.9	-360.6	-142.8	2980	63.7
4	S	2.04	365.0	152.0	-4.9	-360.6	-142.8	2980	63.7
5	S	2.37	310.0	165.0	-16.7	-308.8	-155.0	12762	281.4

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	487	0.007 (0.20)	70847.97	107181.58
2	S	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00005 (0.00005)	496	0.025 (0.20)	61473.20	18518.90
3	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	503	0.007 (0.20)	60102.83	124396.85
4	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	503	0.007 (0.20)	60102.83	124396.85
5	S	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00005 (0.00005)	496	0.025 (0.20)	61473.20	18518.90

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.67	310.0	165.0	0.0	-308.8	-155.0	809	26.5
2	S	1.92	310.0	165.0	-3.9	-308.8	-155.0	2270	69.0
3	S	1.66	365.0	152.0	-0.1	-360.6	-142.8	296	5.3
4	S	1.66	365.0	152.0	-0.1	-360.6	-142.8	296	5.3
5	S	1.94	310.0	165.0	-6.9	-308.8	-155.0	5558	143.4

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	430	0.000 (0.20)	456781.26	497133.56
2	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	441	0.005 (0.20)	102257.48	48670.87
3	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	542	0.000 (0.20)	372905.48	577868.06
4	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	542	0.000 (0.20)	372905.48	577868.06
5	S	-0.00004	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	467	0.010 (0.20)	82373.79	27380.52

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.84	310.0	165.0	6.9	-308.8	-155.0	----	----

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

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

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

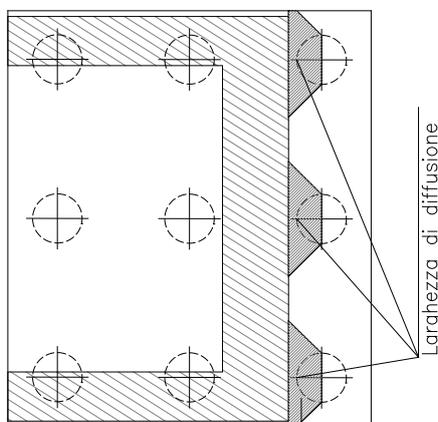
$$N_{\max} = 5308 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5956 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 670 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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  $45^\circ$  a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

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



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

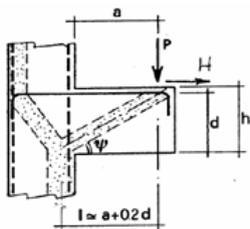
Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 05 001	A	47 di 54

**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 09 05 001	A	48 di 54

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.00</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>5956.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>670.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>2.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.50</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>2.40</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>2.48</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.15</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

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

**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>
$A\phi i (mm^2) =$	<b>452.39</b>	$nb\ tot\ 1 =$	<b>30.0</b>	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	<b>13571.67</b>
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>13571.67</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>
$A\phi i (mm^2) =$	<b>452.39</b>	$nb\ tot\ 2 =$	<b>30.0</b>	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	<b>13571.67</b>
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>13571.67</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>
$A\phi i (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb\ tot\ 3 =$	<b>0.0</b>	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	<b>0.00</b>
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

### 4.9.3 Palo di fondazione $L=31.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.7 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 7192 \text{ kN} \quad T = 844 \text{ kN} \quad M = 844 * 2.7 = 2270 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -3233 \text{ kN} \quad T = 844 \text{ kN} \quad M = 844 * 2.7 = 2270 \text{ kNm}$$

$$N = -3233 \text{ kN} \quad T = 844 \text{ kN} \quad M_{\max} = 844 * 2.7 = 2270 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

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

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

La lunghezza del palo è pari a  $L = 31.00m$

#### 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 09 05 001	A	50 di 54

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

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

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	5308.00	677.00	0.00	251.00	0.00
2	-120.00	677.00	0.00	251.00	0.00
3	7192.00	2270.00	0.00	844.00	0.00
4	-3233.00	2270.00	0.00	844.00	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	3751.00	473.00	0.00
2	835.00	473.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 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	3251.00	349.00 (1819.21)	0.00 (0.00)
2	1131.00	349.00 (1320.05)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5308.00	677.00	0.00	5307.81	4829.17	0.00	7.13	276.1(33.9)
2	S	-120.00	677.00	0.00	-120.06	4086.90	0.00	6.04	276.1(33.9)
3	S	7192.00	2270.00	0.00	7191.87	4830.40	0.00	2.13	276.1(33.9)
4	S	-3233.00	2270.00	0.00	-3233.21	3212.97	0.00	1.42	276.1(33.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00289	0.0	50.0	-0.00322	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00259	0.0	50.0	-0.00652	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00295	0.0	50.0	-0.00255	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00227	0.0	50.0	-0.01008	0.0	-50.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 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	0.000061064	-0.000163863	----	----
2	0.000000000	0.000091128	-0.001967701	----	----
3	0.000000000	0.000054978	0.000201334	----	----
4	0.000000000	0.000123459	-0.003907518	----	----

**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	251.00	2434.89	2798.54	91.8  73.4	108.8	2.500	1.250	3.5	39.0(0.0)
2	S	251.00	2126.54	3103.26	93.3  81.3	107.1	2.500	1.000	3.2	39.0(0.0)
3	S	844.00	2341.94	2712.11	91.8  71.1	107.9	2.500	1.250	12.1	39.0(0.0)
4	S	844.00	2124.67	3328.22	97.2  87.2	99.8	2.500	1.000	9.9	39.0(0.0)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max        Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min        Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [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	4.34	0.0	0.0	12.5	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.92	0.0	0.0	-31.7	0.0	-50.0	1103	42.5

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 09 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]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
$\emptyset$	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1839.60	0.00
2	S	-0.00019	0	0.500	26.0	87	0.00010 (0.00010)	411	0.039 (0.20)	884.53	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.51	0.0	0.0	14.0	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.27	0.0	0.0	-10.1	0.0	-50.0	535	15.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1819.21	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	444	0.014 (0.20)	1320.05	0.00

## 5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

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

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SOLLECITAZIONI										
viadot to	spalla pila	D[m m]	npali[ -]	Lpalo [m]	SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE		TAGLI E MOMENTI						
					Nmax,c [kN]	Nmin[k N]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]	senza scalzamento			con scalzamento			
									Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax ax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax ax	
VI09	spalla 1	1500	9	30.0	6574	-	4630		1370	3.4	4590	-	-	-	
VI09	spalla 2	1500	9	29.0	6574	-	4630		1370	3.4	4590	-	-	-	
VI09	Pila 5	1200	9	31.0	5956	-1982	3751		844	2.7	2270	-	-	-	

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1564.5	1.14	6992	-	1.06	-	-
1564.5	1.14	6993	-	1.06	-	-
936	1.11	6246	-	1.05	5051	2.55