

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA (LOTTO 5)**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-
---

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

RS3E    50    D    09    CL    VI0305    002    A

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

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

## INDICE

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	3 di 51

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	32
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	34
4.9.1	<i>Pila</i> .....	37
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	43
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=36.0m</i> .....	46

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI03** della tratta ferroviaria Dittaino-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 17** che presenta l'**altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

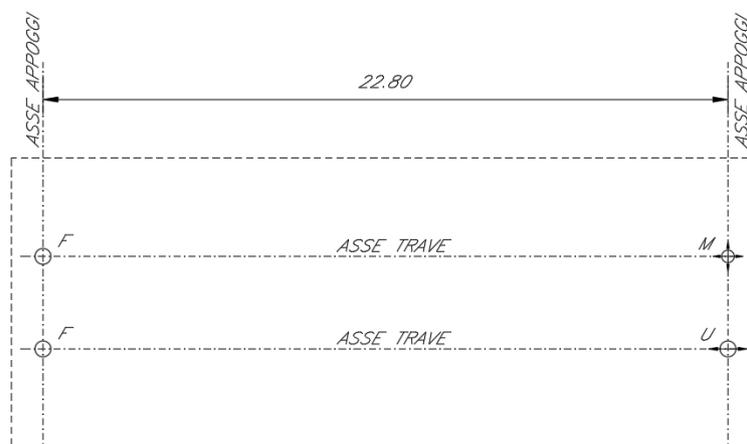
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 1.1 Descrizione dell'opera

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

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



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

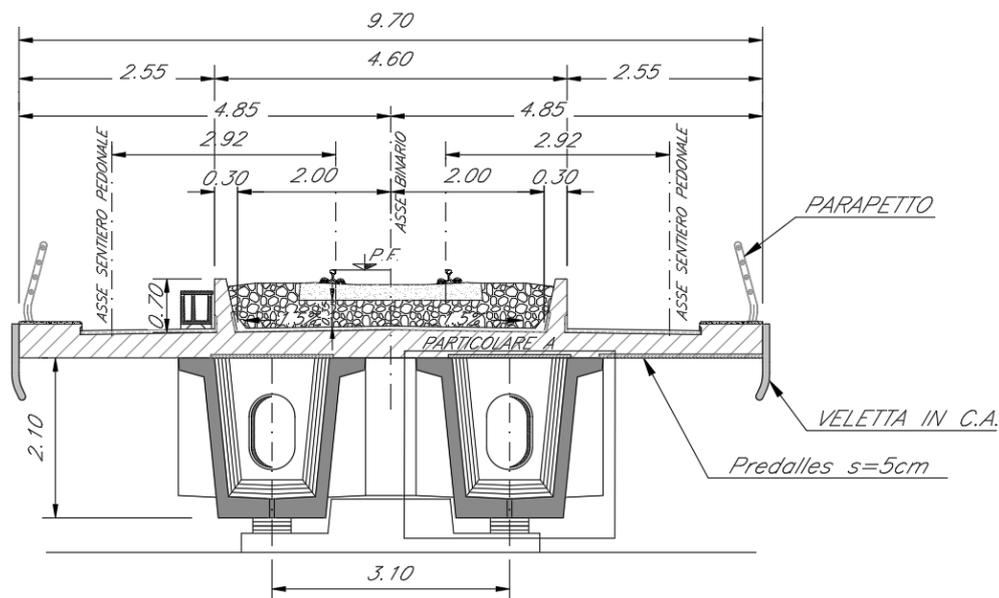
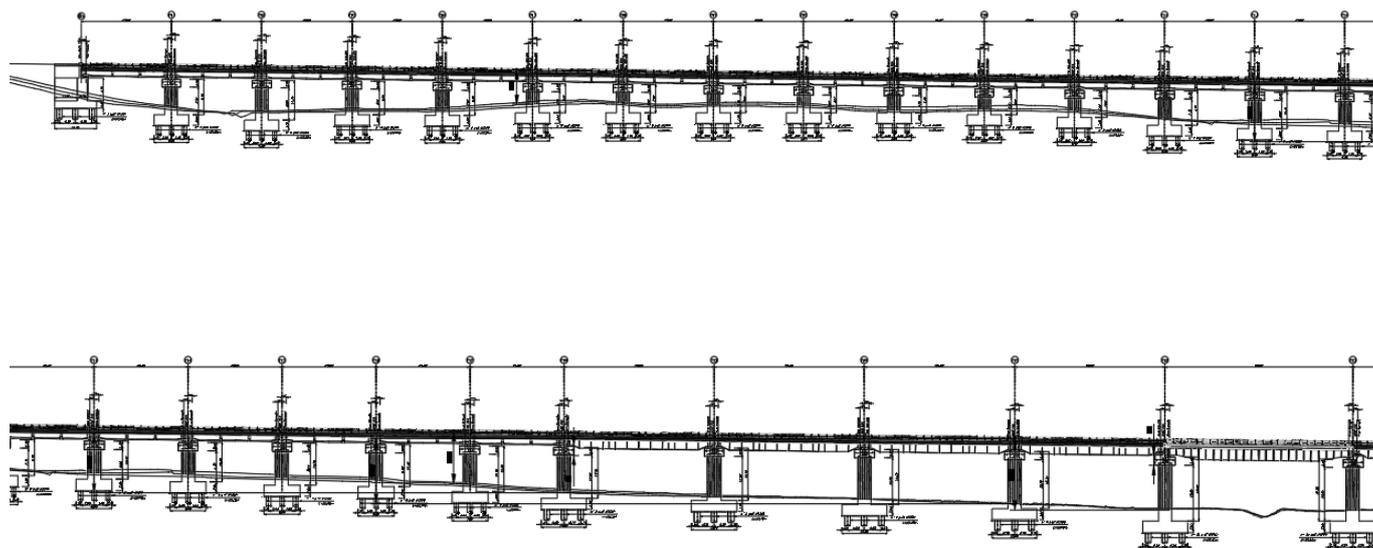


Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

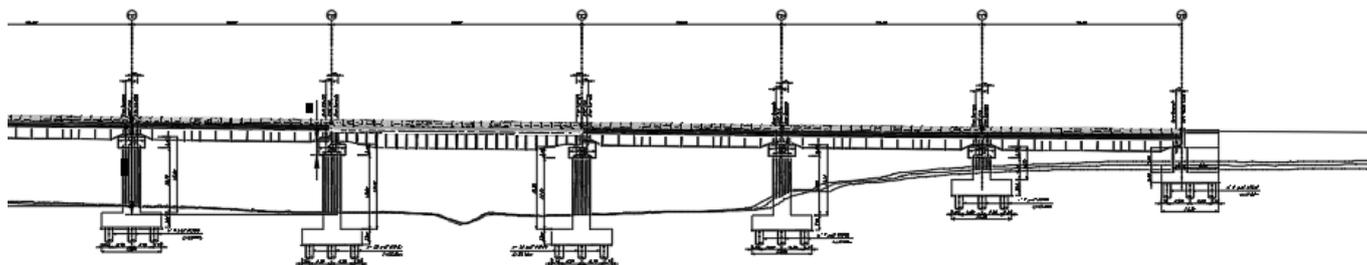
## 1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

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 03 05 002	A	6 di 51



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 002	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 03 05 002	A	10 di 51

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 3.50x 3.50m, una altezza complessiva di 10.00m.

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

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m collegate in testa da una platea di spessore 3.00m.

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

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

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

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

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

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

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

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 002 A 14 di 51

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	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00
Ballast	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Qv	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. Mmax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Mmax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	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	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	
Vento Ponte Carico	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
Vento y	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	0,90	0,90

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 002 A 15 di 51

A1 - S1U G min - N max gr.3	A1 - S1U G min - MT max gr.3	A1 - S1U G min - ML max gr.3	A1 - S1U G min - Vento ponte scarico	S1E min - N max gr.1	S1E min - MT max gr.1	S1E min - ML max gr.1	S1E min - N max gr.3	S1E min - MT max gr.3	S1E min - ML max gr.3	S1E min - Vento ponte scarico	S1E freq - N max gr.1	S1E freq - MT max gr.1	S1E freq - ML max gr.1	S1E freq - N max gr.3	S1E freq - MT max gr.3	S1E freq - ML max gr.3	S1E freq - Vento ponte scarico	S1E quasi permanente	S1V - N max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Qr
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

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	$H_1$	13.45	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.00	m
Area Sezione		42.40	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	10.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	3.50	m
Area Sezione		9.62	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.20	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	9.60	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	<input type="checkbox"/>	Ko = 0.426	<input type="checkbox"/>
Sisma			
$S_s$		1.477	
$a_g$		0.145	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.214	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/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 impalcati venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 002 A 18 di 51

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			66			66	3.30
Vento Ponte Carico			137			137	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		26	26		23	23	0.00
q=1,5	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			997		997	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00
q=1,36	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1100		1100	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1496		1496	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
Descrizione carico							[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			66			66	3.30
Vento Ponte Carico			137			137	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale		2034		2034		2.50
	Sisma trasversale			997		997	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		2243		2243		2.50
	Sisma trasversale			1100		1100	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00
q=1	Sisma longitudinale		3051		3051		2.50
	Sisma trasversale			1496		1496	2.50
	Sisma verticale	291			291		0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

<b>Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005</b>				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(a_s/a_0 - 1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	$\alpha_R$	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	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	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	16	16	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.66	2.66	
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	2.66	2.66	
Coefficiente di forza	cfx	1.79	2.10	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.1	7.3	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	10.5	21.9	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.55	2.99	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	10.5	21.9	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	10.5	10.5	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	131	131	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	21.9	21.9	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	273	273	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	12.20	12.2	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.48	2.48	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	10.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	3.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	3.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	1.75	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.16	1.43	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.6	35	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	56	50	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	10.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	3.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	3.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	1.75	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.47	1.43	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	35	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	29	50	kN
<b>Riepilogo</b>				
<b>Vento x</b>				
Pulvino	F	56	kN	
Pila	F	50	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	12.20	m	
Forza totale	F Tot	106	kN	
<b>Vento y</b>				
Pulvino	F	29	kN	
Pila	F	50	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	12.20	m	
Forza totale	F Tot	79	kN	

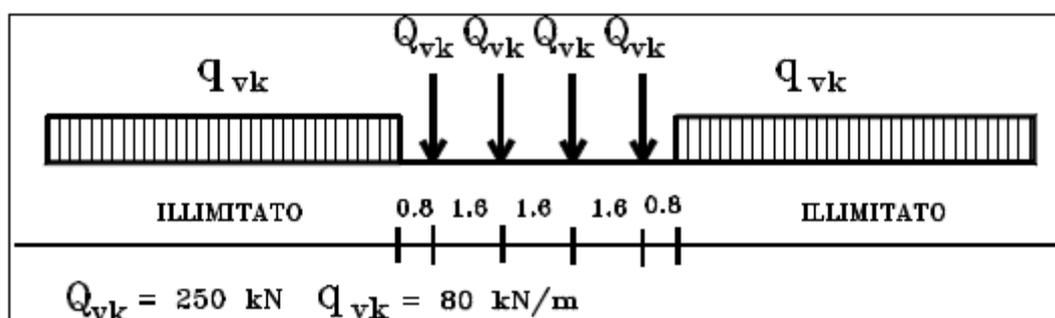
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

##### ➤ Modello di carico LM71

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



*Treno di carico LM 71*

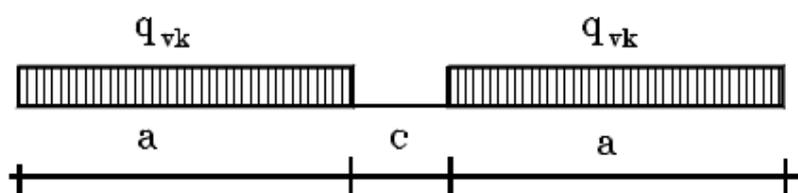
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

##### ➤ Modello di carico SW/2

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



*Treno di carico SW*

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

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

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

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

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

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	25	m
L <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 03 05 002	A	24 di 51

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	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	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	$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	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>VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 002	REV. A

#### 4.6.7 Azione sismica

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

➤ Valori di progetto

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

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

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:     LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:     PROVINCIA:     COMUNE:

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_{n1}$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_u$   info

Valori di progetto

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

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$   info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

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

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

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

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

Categoria topografica  info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta_1 = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_i$   Regol. in altezza  info

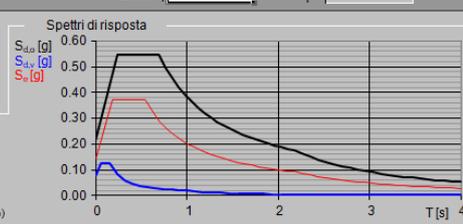
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q_i$    $\eta_1 = 0.667$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



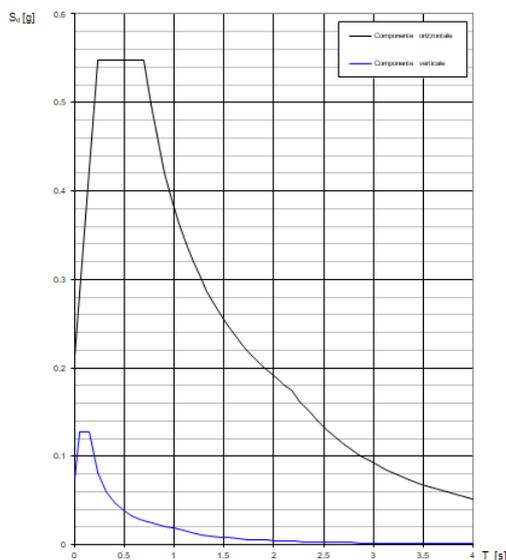
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$S$	1.477
$\eta$	1.000
$T_B$	0.232 s
$T_c$	0.696 s
$T_D$	2.179 s



➤ Calcolo dell'azione Sismica

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

I Fattori di struttura utilizzati sono:

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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	7952	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3134	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	11085	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>	3134	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	10860	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>	3134	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	10860	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>	7.4	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	7.4	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	9.62	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	229575356	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	229575356	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	26024361275	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.44	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.43	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.55	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.55	
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	0.37	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.37	
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	0.40	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.40	
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	0.1070825	

**Condizione Sismica - Taglianti Totali**

**q=1.5**

Tagliante direzione x	F x	4068	kN
Tagliante direzione y	F y	3985	kN
Tagliante direzione z	F z	1163	kN

**q=1.36**

Tagliante direzione x	F x	4486	kN
Tagliante direzione y	F y	4395	kN
Tagliante direzione z	F z	1163	kN

**q=1**

Tagliante direzione x	F x	6101	kN
Tagliante direzione y	F y	5977	kN
Tagliante direzione z	F z	1163	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 002	REV. A

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	30 di 51

**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	4737			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		106		0.00	0.00	12.20	0	1289
Vento su pila dir. y			78.8	0.00	0.00	12.20	961	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	4737			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	6912			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	1598			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		106		0.00	0.00	15.20	0	1606
Vento su pila dir. y			78.8	0.00	0.00	15.20	1197	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		1480		0.00	0.00	1.50	0.00	2220
Plinto sisma y			1480	0.00	0.00	1.50	2220	0
Plinto sisma z	740			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	171			0.00	0.00	0.00	0	0

## 4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	16911	905	1504	24190	14948	
A2 - SLU - MT max gr.1	16782	905	1734	28259	13254	
A2 - SLU - ML max gr.1	15505	987	717	11063	17641	
A2 - SLU - N max gr.3	16911	1452	1175	18411	23680	
A2 - SLU - MT max gr.3	16782	1452	1290	20439	21987	
A2 - SLU - ML max gr.3	15505	1535	537	7924	26373	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	12687	212	657	9399	2675	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	13011	905	1504	24190	14948	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	12882	905	1734	28259	13254	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	11605	987	717	11063	17641	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	13011	1452	1175	18411	23680	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	12882	1452	1290	20439	21987	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	11605	1535	537	7924	26373	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	8787	212	657	9399	2675	
A1 - SLU - N max gr.1	21262	1090	1782	28521	17848	
A1 - SLU - MT max gr.1	21113	1090	2048	33241	15883	
A1 - SLU - ML max gr.1	19631	1185	872	13341	20965	
A1 - SLU - N max gr.3	21262	1726	1400	21817	27992	
A1 - SLU - MT max gr.3	21113	1726	1534	24170	26027	
A1 - SLU - ML max gr.3	19631	1821	664	9700	31109	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	16363	286	800	11369	3612	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	13687	1090	1782	28521	17848	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	13537	1090	2048	33241	15883	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	12056	1185	872	13341	20965	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	13687	1726	1400	21817	27992	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	13537	1726	1534	24170	26027	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	12056	1821	664	9700	31109	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	8787	212	726	10433	2675	
SLE rara - N max gr.1	15166	766	1230	19650	12493	
SLE rara - MT max gr.1	15063	766	1414	22905	11139	
SLE rara - ML max gr.1	14041	830	616	9385	14617	
SLE rara - N max gr.3	15166	1204	967	15026	19479	
SLE rara - MT max gr.3	15063	1204	1059	16648	18125	
SLE rara - ML max gr.3	14041	1268	472	6874	21603	
SLE rara - Vento ponte scarico	11787	212	554	7847	2675	
SLE freq. - N max gr.1	14490	655	726	11506	10530	
SLE freq. - MT max gr.1	14408	655	873	14110	9446	
SLE freq. - ML max gr.1	13590	655	535	8043	11610	
SLE freq. - N max gr.3	14490	1006	515	7807	16119	
SLE freq. - MT max gr.3	14408	1006	589	9105	15035	
SLE freq. - ML max gr.3	13590	1006	420	6035	17199	
SLE freq. - Vento ponte scarico	11787	212	344	4781	2675	
SLE quasi permanente	11787	212	212	2675	2675	
SLV - N max	13627	1525	1431	21671	23188	
SLV - MT max gr.1	12792	1525	4259	64615	22917	
SLV - ML max gr.1	12587	4372	1383	20805	66599	
SLV - MT max gr.3	12093	1525	4259	64615	22917	
SLV - ML max gr.3	11889	4372	1383	20805	66599	
SLV - N min	11299	1525	1431	21671	23188	
SLV - N max	13627	1650	1554	23516	25091	
SLV - MT max gr.1	12792	1650	4670	70804	24820	
SLV - ML max gr.1	12587	4791	1506	22671	72943	
SLV - MT max gr.3	12093	1650	4670	70804	24820	
SLV - ML max gr.3	11889	4791	1506	22671	72943	
SLV - N min	11299	1650	1554	23516	25091	
SLV - N max	13627	2135	2029	30734	32432	
SLV - MT max gr.1	12792	2135	6253	94824	32161	
SLV - ML max gr.1	12587	6406	1981	29868	97414	
SLV - MT max gr.3	12093	2135	6253	94824	32161	
SLV - ML max gr.3	11889	6406	1981	29868	97414	
SLV - N min	11299	2135	2029	30734	32432	

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	25901	905	1504	28701	17663
	A2 - SLU - MT max gr.1	25772	905	1734	33460	15969
	A2 - SLU - ML max gr.1	24494	987	717	13215	20603
	A2 - SLU - N max gr.3	25901	1452	1175	21936	28038
	A2 - SLU - MT max gr.3	25772	1452	1290	24309	26344
	A2 - SLU - ML max gr.3	24494	1535	537	9536	30978
	A2 - SLU - Vento ponte scarico	21677	212	657	11370	3310
	A2 - SLU Gmin - N max gr.1	19923	905	1504	28701	17663
	A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	19794	905	1734	33460	15969
	A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	18517	987	717	13215	20603
	A2 - SLU Gmin - N max gr.3	19923	1452	1175	21936	28038
	A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	19794	1452	1290	24309	26344
	A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	18517	1535	537	9536	30978
	A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15699	212	657	11370	3310
	A1 - SLU - N max gr.1	32991	1090	1782	33866	21118
	A1 - SLU - MT max gr.1	32842	1090	2048	39386	19153
	A1 - SLU - ML max gr.1	31360	1185	872	15958	24520
	A1 - SLU - N max gr.3	32991	1726	1400	26018	33169
	A1 - SLU - MT max gr.3	32842	1726	1534	28770	31205
	A1 - SLU - ML max gr.3	31360	1821	664	11691	36572
	A1 - SLU - Vento ponte scarico	28091	286	800	13768	4468
	A1 - SLU Gmin - N max gr.1	20599	1090	1782	33866	21118
	A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	20449	1090	2048	39386	19153
	A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	18968	1185	872	15958	24520
	A1 - SLU Gmin - N max gr.3	20599	1726	1400	26018	33169
	A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	20449	1726	1534	28770	31205
	A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	18968	1821	664	11691	36572
	A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15699	212	726	12610	3310
	SLE rara - N max gr.1	23676	766	1230	23340	14792
	SLE rara - MT max gr.1	23573	766	1414	27148	13437
	SLE rara - ML max gr.1	22551	830	616	11234	17106
	SLE rara - N max gr.3	23676	1204	967	17928	23092
	SLE rara - MT max gr.3	23573	1204	1059	19826	21737
	SLE rara - ML max gr.3	22551	1268	472	8291	25406
	SLE rara - Vento ponte scarico	20297	212	554	9510	3310
	SLE freq. - N max gr.1	23001	655	726	13683	12496
	SLE freq. - MT max gr.1	22918	655	873	16729	11412
	SLE freq. - ML max gr.1	22101	655	535	9649	13576
	SLE freq. - N max gr.3	23001	1006	515	9353	19136
	SLE freq. - MT max gr.3	22918	1006	589	10872	18052
	SLE freq. - ML max gr.3	22101	1006	420	7295	20216
	SLE freq. - Vento ponte scarico	20297	212	344	5811	3310
	SLE quasi permanente	20297	212	212	3310	3310
q = 1,5	SLV - N max	23049	1969	1875	26629	28428
	SLV - MT max gr.1	21575	1969	5739	79612	28157
	SLV - ML max gr.1	21371	5853	1827	25621	81936
	SLV - MT max gr.3	20330	1969	5739	79612	28157
	SLV - ML max gr.3	20126	5853	1827	25621	81936
	SLV - N min	18898	1969	1875	26629	28428
q = 1,36	SLV - N max	23049	2094	1998	28844	30708
	SLV - MT max gr.1	21575	2094	6150	87033	30437
	SLV - ML max gr.1	21371	6271	1950	27856	89537
	SLV - MT max gr.3	20330	2094	6150	87033	30437
	SLV - ML max gr.3	20126	6271	1950	27856	89537
	SLV - N min	18898	2094	1998	28844	30708
q = 1	SLV - N max	23049	2579	2473	37486	39503
	SLV - MT max gr.1	21575	2579	7733	115803	39232
	SLV - ML max gr.1	21371	7887	2425	36478	118853
	SLV - MT max gr.3	20330	2579	7733	115803	39232
	SLV - ML max gr.3	20126	7887	2425	36478	118853
	SLV - N min	18898	2579	2473	37486	39503

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	32991	1090	1782	33866	21118	6211	1120	232
AI - SLU - MT max gr.1	32842	1090	2048	39386	19153	6359	939	258
AI - SLU - ML max gr.1	31360	1185	872	15958	24520	5358	1610	164
AI - SLU - N max gr.3	32991	1726	1400	26018	33169	6406	925	247
AI - SLU - MT max gr.3	32842	1726	1534	28770	31205	6426	872	257
AI - SLU - ML max gr.3	31360	1821	664	11691	36572	5719	1250	215
AI - SLU - Vento ponte scarico	28091	286	800	13768	4468	3966	2277	94
AI - SLU Gmin - N max gr.1	20599	1090	1782	33866	21118	4834	-257	232
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	20449	1090	2048	39386	19153	4982	-438	258
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	18968	1185	872	15958	24520	3982	234	164
AI - SLU Gmin - N max gr.3	20599	1726	1400	26018	33169	5029	-451	247
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	20449	1726	1534	28770	31205	5049	-504	257
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	18968	1821	664	11691	36572	4342	-127	215
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	15699	212	726	12610	3310	2481	1007	84
						6426	-504	258

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	23049	2094	1998	28844	30708	5318	-196	322
SLV - MT max gr.1	21575	2094	6150	87033	30437	7836	-3041	722
SLV - ML max gr.1	21371	6271	1950	27856	89537	7809	-3060	730
SLV - MT max gr.3	20330	2094	6150	87033	30437	7697	-3180	722
SLV - ML max gr.3	20126	6271	1950	27856	89537	7671	-3199	730
SLV - N min	18898	2094	1998	28844	30708	4857	-657	322
						7836	-3199	730

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	23049	2579	2473	37486	39503	6125	-1003	397
SLV - MT max gr.1	21575	2579	7733	115803	39232	9575	-4780	906
SLV - ML max gr.1	21371	7887	2425	36478	118853	9566	-4817	917
SLV - MT max gr.3	20330	2579	7733	115803	39232	9436	-4919	906
SLV - ML max gr.3	20126	7887	2425	36478	118853	9427	-4955	917
SLV - N min	18898	2579	2473	37486	39503	5664	-1465	397
						9575	-4955	917

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	23676	766	1230	23340	14792	4396	865	161
SLE rara - MT max gr.1	23573	766	1414	27148	13437	4498	740	179
SLE rara - ML max gr.1	22551	830	616	11234	17106	3818	1194	115
SLE rara - N max gr.3	23676	1204	967	17928	23092	4530	732	172
SLE rara - MT max gr.3	23573	1204	1059	19826	21737	4544	695	178
SLE rara - ML max gr.3	22551	1268	472	8291	25406	4066	946	150
SLE rara - Vento ponte scarico	20297	212	554	9510	3310	2849	1662	66
						4544	695	179

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	16911	905	1504	24190	14948
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	15505	1535	537	7924	26373
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	16782	905	1734	28259	13254
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	16782	905	1734	28259	13254
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	15505	1535	537	7924	26373
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	21262	1090	1782	28521	17848
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	19631	1821	664	9700	31109
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	21113	1090	2048	33241	15883
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	21113	1090	2048	33241	15883
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	19631	1821	664	9700	31109
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	15166	766	1230	19650	12493
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	14041	1268	472	6874	21603
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	15063	766	1414	22905	11139
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	15063	766	1414	22905	11139
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	14041	1268	472	6874	21603
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	14490	655	726	11506	10530
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	14490	1006	515	7807	16119
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	14408	655	873	14110	9446
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	14408	655	873	14110	9446
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	13590	1006	420	6035	17199
SLE QP.		SLE quasi permanente	11787	212	212	2675	2675
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	13627	1525	1431	21671	23188
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	4372	1383	20805	66599
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	1525	4259	64615	22917
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	1525	4259	64615	22917
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	4372	1383	20805	66599
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	13627	1650	1554	23516	25091
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	4791	1506	22671	72943
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	1650	4670	70804	24820
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	1650	4670	70804	24820
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	4791	1506	22671	72943
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	13627	2135	2029	30734	32432
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	6406	1981	29868	97414
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	2135	6253	94824	32161
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	12792	2135	6253	94824	32161
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	12587	6406	1981	29868	97414

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	25901	905	1504	28701	17663
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	24494	1535	537	9536	30978
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	25772	905	1734	33460	15969
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	25772	905	1734	33460	15969
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	24494	1535	537	9536	30978
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	32991	1090	1782	33866	21118
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	31360	1821	664	11691	36572
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	32842	1090	2048	39386	19153
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	32842	1090	2048	39386	19153
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	31360	1821	664	11691	36572
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	23676	766	1230	23340	14792
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	22551	1268	472	8291	25406
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23573	766	1414	27148	13437
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23573	766	1414	27148	13437
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	22551	1268	472	8291	25406
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	23001	655	726	13683	12496
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	23001	1006	515	9353	19136
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22918	655	873	16729	11412
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22918	655	873	16729	11412
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	22101	1006	420	7295	20216
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	20297	212	212	3310	3310
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	23049	1969	1875	26629	28428
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	5853	1827	25621	81936
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	1969	5739	79612	28157
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	1969	5739	79612	28157
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	5853	1827	25621	81936
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	23049	2094	1998	28844	30708
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	6271	1950	27856	89537
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	2094	6150	87033	30437
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	2094	6150	87033	30437
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	6271	1950	27856	89537
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	23049	2579	2473	37486	39503
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	7887	2425	36478	118853
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	2579	7733	115803	39232
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21575	2579	7733	115803	39232
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21371	7887	2425	36478	118853

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	37 di 51

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	15.2	15.2	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovraresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovraresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	6406	6253	kN
Momento agente (q=1)	M	97414	94824	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4372	4259	kN
Momento agente (con q)	MEd	66599	64615	kN*m
Momento Resistente	MRd	81266	80402	kN*m
Rapporto di sovraresistenza	MRd/MEd	1.22	1.24	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	6406	6253	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	5335	5300	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>5335</b>	<b>5300</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.04	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.04</b>	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>5335</b>	<b>5300</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.02	1.04	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		337.50	MPa

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	38 di 51

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C32/40

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	160.0	100	30
2	0.0	0.0	150.0	100	30

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 3.0 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	21262.00	17848.00	28521.00	0.00	0.00
2	19631.00	31109.00	9700.00	0.00	0.00
3	21113.00	15883.00	33241.00	0.00	0.00
4	21113.00	15883.00	33241.00	0.00	0.00
5	19631.00	31109.00	9700.00	0.00	0.00
6	13627.00	23188.00	21671.00	0.00	0.00
7	12587.00	66599.00	20805.00	5335.00	0.00
8	12792.00	22917.00	64615.00	0.00	5300.00
9	12792.00	22917.00	64615.00	0.00	0.00
10	12587.00	66599.00	20805.00	0.00	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)

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	39 di 51

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
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	15166.00	19650.00	12493.00
2	14041.00	6874.00	21603.00
3	15063.00	22905.00	11139.00
4	15063.00	22905.00	11139.00
5	14041.00	6874.00	21603.00

**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	14490.00	11506.00 (23489.34)	10530.00 (21496.85)
2	14490.00	7807.00 (12561.21)	16119.00 (25934.96)
3	14408.00	14110.00 (24718.92)	9446.00 (16548.19)
4	14408.00	14110.00 (24718.92)	9446.00 (16548.19)
5	13590.00	6035.00 (9084.91)	17199.00 (25890.86)

**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	11787.00	2675.00 (0.00)	2675.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	13.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	12.5 cm

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	40 di 51

As Totale Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
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	21262.00	17848.00	28521.00	21261.84	48789.15	77948.32	2.731413.7(288.6)	
2	S	19631.00	31109.00	9700.00	19631.04	86633.11	27008.24	2.781413.7(288.6)	
3	S	21113.00	15883.00	33241.00	21112.99	39591.47	82876.70	2.491413.7(288.6)	
4	S	21113.00	15883.00	33241.00	21112.99	39591.47	82876.70	2.491413.7(288.6)	
5	S	19631.00	31109.00	9700.00	19631.04	86633.11	27008.24	2.781413.7(288.6)	
6	S	13627.00	23188.00	21671.00	13626.98	62843.36	58728.35	2.711413.7(288.6)	
7	S	12587.00	66599.00	20805.00	12587.06	81266.15	25397.37	1.221413.7(288.6)	
8	S	12792.00	22917.00	64615.00	12791.74	28514.71	80402.06	1.241413.7(288.6)	
9	S	12792.00	22917.00	64615.00	12791.74	28514.71	80402.06	1.241413.7(288.6)	
10	S	12587.00	66599.00	20805.00	12587.06	81266.15	25397.37	1.221413.7(288.6)	

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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	148.3	123.7	0.00303	135.1	85.7	-0.00708	-135.1	-85.7
2	0.00350	52.1	76.3	0.00302	49.4	152.2	-0.00730	-49.4	-152.2
3	0.00350	157.9	145.4	0.00303	144.8	68.1	-0.00710	-144.8	-68.1
4	0.00350	157.9	145.4	0.00303	144.8	68.1	-0.00710	-144.8	-68.1
5	0.00350	52.1	57.9	0.00302	49.4	152.2	-0.00730	-49.4	-152.2
6	0.00350	119.5	127.9	0.00298	109.5	116.6	-0.00820	-109.5	-116.6
7	0.00350	52.2	167.0	0.00297	49.4	152.2	-0.00837	-49.4	-152.2
8	0.00350	164.9	58.5	0.00297	152.2	49.4	-0.00833	-152.2	-49.4
9	0.00350	164.9	58.5	0.00297	152.2	49.4	-0.00833	-152.2	-49.4
10	0.00350	52.2	167.0	0.00297	49.4	152.2	-0.00837	-49.4	-152.2

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000026762	0.000016747	-0.002024810	----	----
2	0.000009594	0.000030770	-0.002140510	----	----
3	0.000028541	0.000013637	-0.002035456	----	----
4	0.000028541	0.000013637	-0.002035456	----	----
5	0.000009594	0.000030770	-0.002140510	----	----
6	0.000023843	0.000025512	-0.002610864	----	----
7	0.000010566	0.000033821	-0.002700819	----	----
8	0.000033301	0.000011811	-0.002683266	----	----
9	0.000033301	0.000011811	-0.002683266	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	41 di 51

10      0.000010566      0.000033821      -0.002700819      ----      ----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    10 mm  
Passo staffe:                    3.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	41390.01	9979.33286.5	251.4	313.5	1.000	1.118	0.0	101.4(0.0)
2	S	0.00	41090.20	10030.41286.9	252.7	312.1	1.000	1.109	0.0	101.5(0.0)
3	S	0.00	41374.09	9982.56286.5	251.5	313.5	1.000	1.117	0.0	101.4(0.0)
4	S	0.00	41374.09	9982.56286.5	251.5	313.5	1.000	1.117	0.0	101.4(0.0)
5	S	0.00	41090.20	10030.41286.9	252.7	312.1	1.000	1.109	0.0	101.5(0.0)
6	S	0.00	39888.76	10223.27288.9	257.5	306.5	1.000	1.075	0.0	101.4(0.0)
7	S	5092.31	39767.87	10246.28288.9	258.1	306.5	1.000	1.070	50.4	101.5(0.0)
8	S	4995.13	39792.17	10244.94288.9	258.0	306.5	1.000	1.071	49.5	101.5(0.0)
9	S	0.00	39792.17	10244.94288.9	258.0	306.5	1.000	1.071	0.0	101.5(0.0)
10	S	0.00	39767.87	10246.28288.9	258.1	306.5	1.000	1.070	0.0	101.5(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	6.54	93.9	0.0	-79.3	-85.7	-135.1	9072	311.0
2	S	6.36	166.8	0.0	-81.3	-152.2	-49.4	9274	311.0
3	S	7.15	76.5	0.0	-95.4	-68.1	-144.8	9491	318.1
4	S	7.15	76.5	0.0	-95.4	-68.1	-144.8	9491	318.1
5	S	6.36	166.8	0.0	-81.3	-152.2	-49.4	9274	311.0

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver.                    Esito della verifica  
e1                    Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	42 di 51

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	-0.00044	0	0.500	30.0	135	0.00024 (0.00024)	608	0.145 (0.20)	21618.60	13744.59
2	S	-0.00045	0	0.500	30.0	135	0.00024 (0.00024)	611	0.149 (0.20)	7596.89	23874.84
3	S	-0.00052	0	0.500	30.0	135	0.00029 (0.00029)	611	0.175 (0.20)	22105.95	10750.41
4	S	-0.00052	0	0.500	30.0	135	0.00029 (0.00029)	611	0.175 (0.20)	22105.95	10750.41
5	S	-0.00045	0	0.500	30.0	135	0.00024 (0.00024)	611	0.149 (0.20)	7596.89	23874.84

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.41	118.1	0.0	-33.0	-109.5	-116.6	6541	240.3
2	S	5.04	157.5	0.0	-46.9	-144.8	-68.1	7805	275.7
3	S	4.78	97.4	0.0	-41.5	-85.7	-135.1	7405	261.5
4	S	4.78	97.4	0.0	-41.5	-85.7	-135.1	7405	261.5
5	S	5.12	165.1	0.0	-53.2	-152.2	-49.4	8359	289.8

**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	-0.00019	0	0.500	30.0	135	0.00010 (0.00010)	598	0.059 (0.20)	23489.34	21496.85
2	S	-0.00026	0	0.500	30.0	135	0.00014 (0.00014)	603	0.085 (0.20)	12561.21	25934.96
3	S	-0.00023	0	0.500	30.0	135	0.00012 (0.00012)	603	0.075 (0.20)	24718.92	16548.19
4	S	-0.00023	0	0.500	30.0	135	0.00012 (0.00012)	603	0.075 (0.20)	24718.92	16548.19
5	S	-0.00030	0	0.500	30.0	135	0.00016 (0.00016)	606	0.097 (0.20)	9084.91	25890.86

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.67	123.7	0.0	5.9	-116.6	-109.5	----	----

**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 :

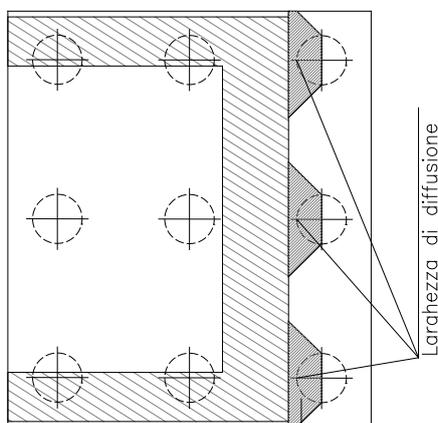
$$N_{\max} = 6426 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 7836 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 730 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

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



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

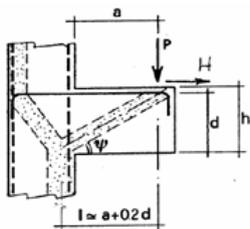
Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	44 di 51

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	45 di 51

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>4.20</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>7836.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>730.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>3.40</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>2.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>3.98</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.52</b>		$\lambda = ctg\psi \geq l / (0,9d)$

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

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$  **0.580** rad = **33.26** °

$P_{RS} =$  **9265.0** KN PRs > PEd - Verifica Soddisfatta

$P_{RC} =$  **20658.1** KN PRc > PRs - Verifica Soddisfatta

### 4.9.3 Palo di fondazione $L=36.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.6 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 9575 \text{ kN} \quad T = 917 \text{ kN} \quad M = 917 * 2.6 = 2403 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -4955 \text{ kN} \quad T = 917 \text{ kN} \quad M = 917 * 2.6 = 2403 \text{ kNm}$$

$$N = -4955 \text{ kN} \quad T = 917 \text{ kN} \quad M_{\max} = 917 * 2.6 = 2403 \text{ kNm}$$

*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  $L = 36.00m$

#### 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 03 05 002	A	47 di 51

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	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	6426.00	671.00	0.00	258.00	0.00
2	-504.00	671.00	0.00	258.00	0.00
3	9575.00	2403.00	0.00	917.00	0.00
4	-4955.00	2403.00	0.00	917.00	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	4544.00	466.00	0.00
2	695.00	466.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	48 di 51

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3886.00	336.00 (1977.98)	0.00 (0.00)
2	1182.00	336.00 (1454.60)	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	6426.00	671.00	0.00	6426.02	4847.00	0.00	7.22	276.1(33.9)
2	S	-504.00	671.00	0.00	-503.96	3998.42	0.00	5.96	276.1(33.9)
3	S	9575.00	2403.00	0.00	9575.17	4606.07	0.00	1.92	276.1(33.9)
4	S	-4955.00	2403.00	0.00	-4954.98	2598.29	0.00	1.08	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	0.00293	0.0	50.0	-0.00280	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00256	0.0	50.0	-0.00688	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00301	0.0	50.0	-0.00193	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00198	0.0	50.0	-0.01324	0.0	-50.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 002	A	49 di 51

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000057284	0.000062957	----	----
2	0.000000000	0.000094354	-0.002161231	----	----
3	0.000000000	0.000049340	0.000539589	----	----
4	0.000000000	0.000152178	-0.005630672	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver                    S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Ved                   Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                   Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                   Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                  Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                   Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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	258.00	2379.48	2746.92	91.8	72.0	108.3	2.500	1.250	3.7	39.0(0.0)
2	S	258.00	2123.50	3136.82	93.8	82.2	105.8	2.500	1.000	3.2	39.0(0.0)
3	S	917.00	1798.71	2612.62	92.1	68.5	107.0	2.500	1.005	13.7	39.0(0.0)
4	S	917.00	2060.55	3471.35	101.0	91.0	92.8	2.500	1.000	10.3	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	4.82	0.0	0.0	20.6	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.86	0.0	0.0	-35.5	0.0	-50.0	1226	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 03 05 002	A	50 di 51

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2018.06	0.00
2	S	-0.00021	0	0.500	26.0	87	0.00011 (0.00011)	423	0.045 (0.20)	833.48	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	3.87	0.0	0.0	20.8	0.0	-50.0	----	----
2	S	2.22	0.0	0.0	-8.0	0.0	-50.0	341	5.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1977.98	0.00
2	S	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	579	0.014 (0.20)	1454.60	0.00

## 5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

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

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SOLLECITAZIONI									
viadot to	spalla pila	D[m m]	npali[ -]	Lpalo [m]	SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE		TAGLI E MOMENTI					
					Nmax,c [kN]	Nmin[k N]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]	senza scalzamento			con scalzamento		
									Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax
VI03	spalla 1	1500	9	31.0	7614	-	5351	-	1553	3.3	5094	-	-	-
VI03	spalla 2	1500	9	30.0	7510	-	5279	-	1369	3.3	4490	-	-	-
VI03	Pila 5	1200	9	32.0	6537	-1941	4084	-	896	2.6	2348	-	-	-
VI03	Pila 17	1200	9	36.0	7836	-3199	4544	-	917	2.6	2403	-	-	-
VI03	Pila 18	1500	9	35.0	9756	-3171	5995	-	1271	3.2	4118	-	-	-
VI03	Pila 21	1500	9	37.0	10558	-3504	6470	-	1284	3.2	4160	-	-	-
VI03	Pila 22	1500	9	37.0	10893	-3102	8010	6577	1224	3.2	3966	160	3.2	518. 4

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