

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA**

**VI10 (ex VI02) - Doppio Binario**

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI1005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Viozzi	Novembre 2019

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

File: RS3E50D09CLV11005001A.docx

n. Ela.: 1426

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE .....	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	8
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
3	MATERIALI .....	9
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	10
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	10
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	11
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	12
4.1	GENERALITÀ .....	12
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	12
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	12
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	16
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	17
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	18
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	18
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	18
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	20
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	23
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	24
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	24
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	26
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	30
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	30

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	3 di 55

4.7	SOLLECITAZIONI.....	32
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	33
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	35
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i> .....	39
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	48
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=32.0m</i> .....	51

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI10 (ex VI02) - Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 10 05 001	REV. A

## 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 **VI10** della tratta ferroviaria Palomba-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 02** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcato 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 VI10 attraversa un corso d'acqua maggiore ed affianca la linea storica, sulla quale è previsto il rifacimento del ponte esistente con un nuovo ponte di luce 17.90m (VI22).

Il viadotto è previsto a doppio binario, per ospitare il binario dispari del lotto 5A, esso si estende dal km 1+392.60 (asse giunto spalla A) al km 1+483.20 per uno sviluppo complessivo di 90.13m ed è costituito da 3 campate isostatiche di luce rispettivamente 25m, 40m e 25m (asse pila-asse pila/ asse pila-asse giunto spalla ).

Le campate da 25 m sono realizzate in c.a.p., mentre la campata di scavalco del corso d'acqua di luce 40m è prevista in sezione mista acciaio-clc.

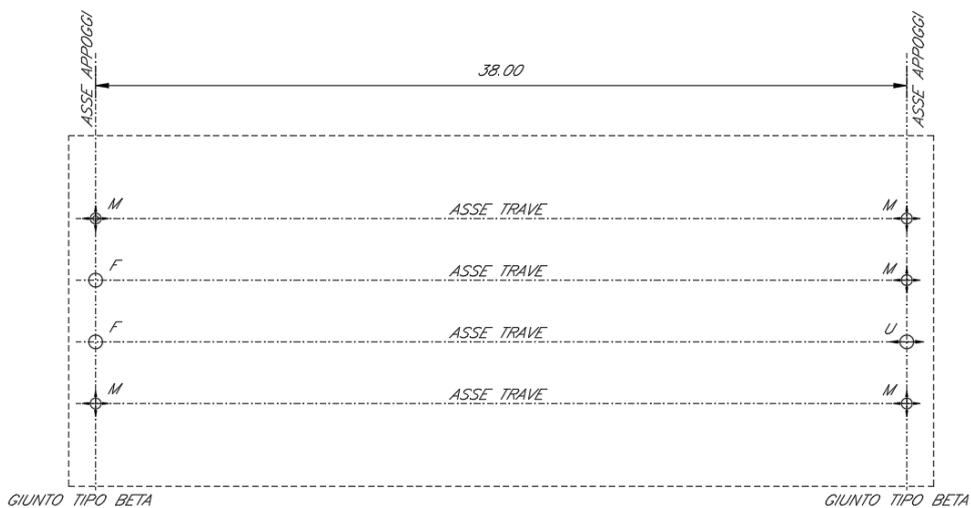
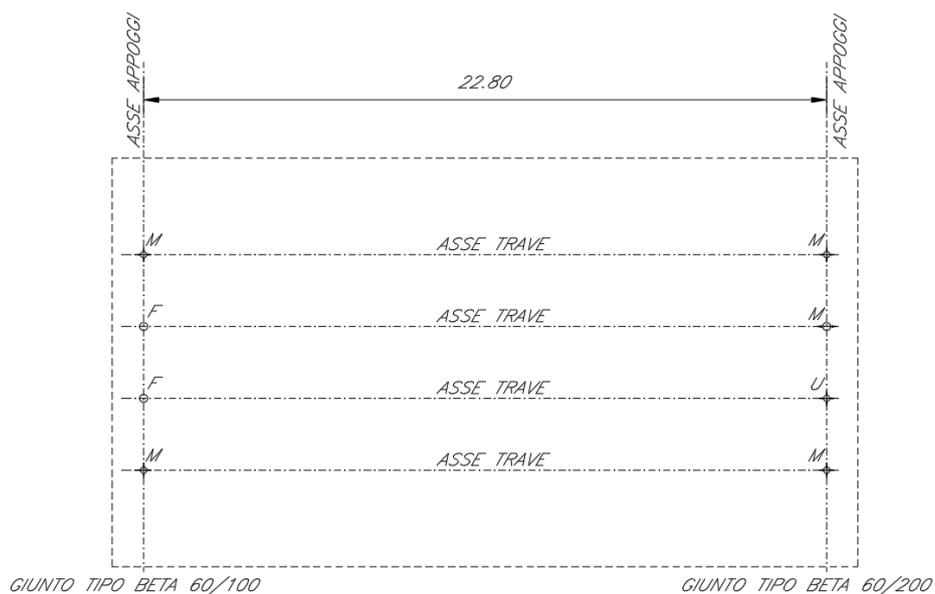
L'adozione di una campata da 40,00m, per lo scavalco del corso d'acqua è stata dettata da motivazioni di carattere idraulico legate in primo luogo al rispetto di quanto prescritto dal *DM 14Gennaio 2008* in termini di compatibilità idraulica, nonché dall'esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

Le pile sono realizzate in c.a. gettato in opera.

La fondazione della pila è costituita da un plinto fondato su **12** pali di diametro 1.50 m sono distanziati di un interasse di almeno **4.5** m. Si è assunta una distanza dal bordo degli stessi di 1.25 m.

Il plinto presenta uno spessore di **3.0** metri e una pianta rettangolare di **11.5x16.0m**.

Nella parte sommitale della pila sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo lo schema di figura seguente:



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

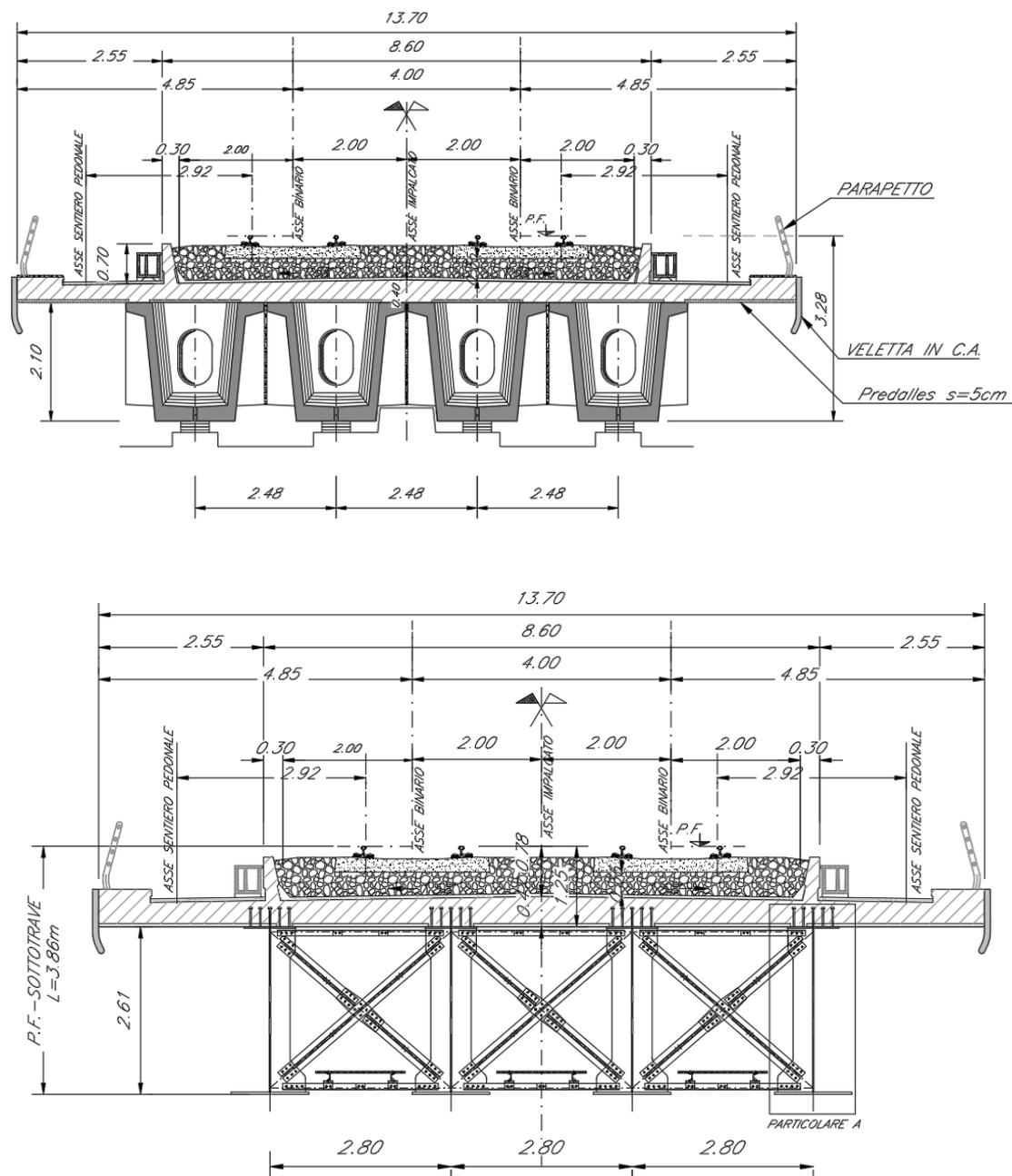


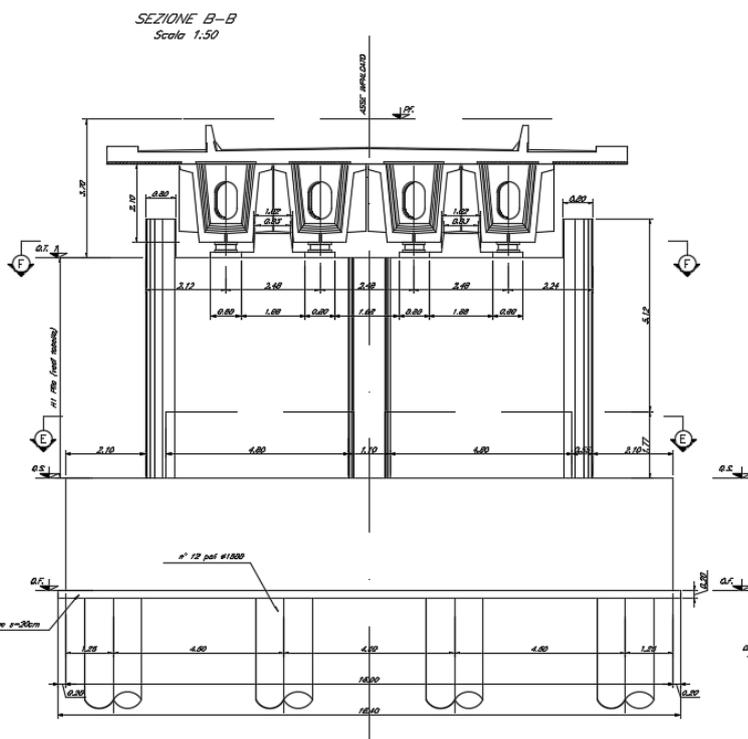
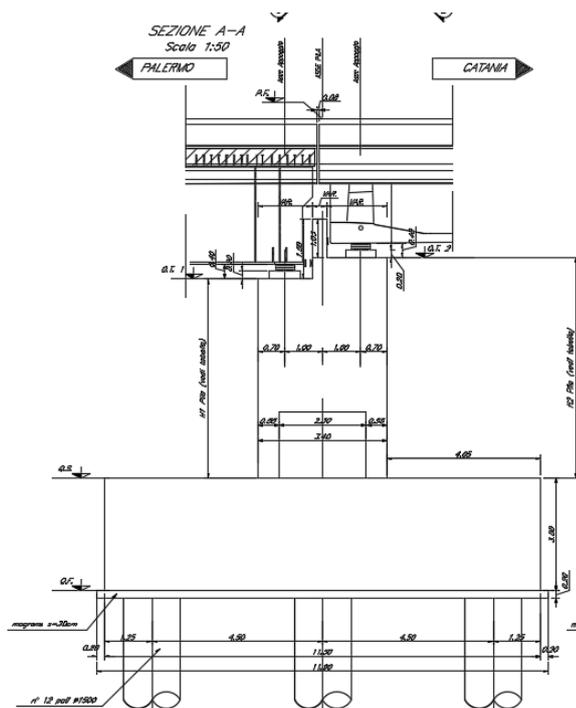
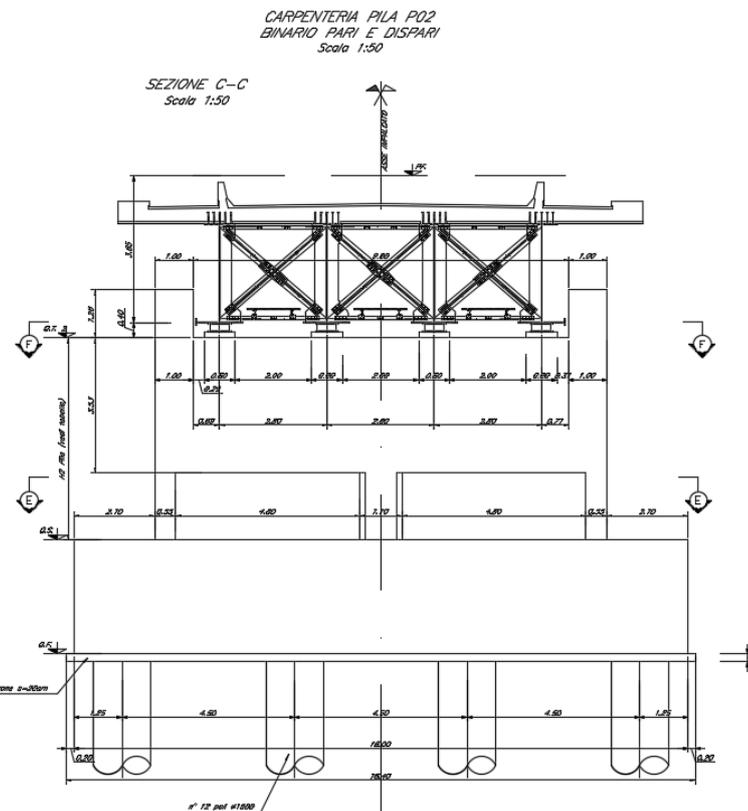
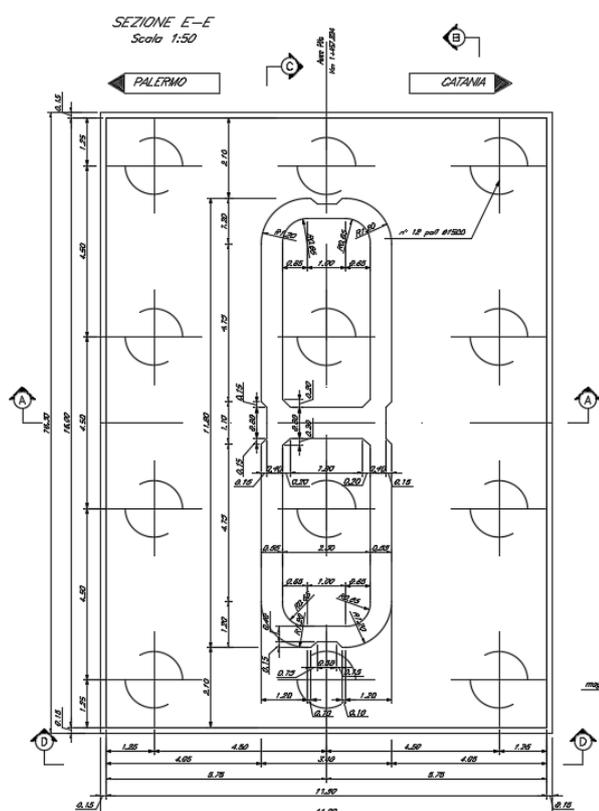
Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

## 1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni del Viadotto – VII0, sono previste su pali in c.a. di grande diametro  $\Phi 1500$  sia per le pile che per le spalle.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	7 di 55



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>V110 (ex VI02) - Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 10 05 001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *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*

### 2.1 Documenti di riferimento

- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni - RS3E50D09RBVI1003001A*
- *Analisi risposta sismica locale - RS3E50D09RBVI1003002A*

### 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.

 <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>V110 (ex VI02) - Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 10 05 001	REV. A

### 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" 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", 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  $0,75 f_{yk}$ .

Per il caso in esame risulta in particolare per l'elevazione:

##### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{max QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{max R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.89} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

##### ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

### 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	$\leq w_3$
		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:

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

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

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

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 par. 4.1.2.2.4.2 del 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 del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto “C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.617/09.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>V110 (ex VI02) - Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 10 05 001	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione rettangolare cava di dimensioni **3.4x11.3m**, una altezza complessiva di **7.4m**.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione **3.4x11.3m** ed altezza **3.5m**.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro **150cm** collegate in testa da una platea di spessore **300cm**.

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	15 di 55

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 10 05 001 A 16 di 55

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	0.00	0.40	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.00	0.40	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.90	0.90	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.45	1.45	1.45	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale
0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{sp}$	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	8.30	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	11.30	m
Area Sezione		38.54	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	4.85	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	11.30	m
Area Sezione		16.20	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.10	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	16.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.10	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
$S_s$		1.780	
$a_g$		0.156	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.278	

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>2</b>	
Lunghezza	L	<b>25</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>277</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>185</b>	kN/m
Ballast		<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	865.6	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	578.1	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>2</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>210</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>185</b>	kN/m
Ballast	G2	<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1050.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	925.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	19 di 55

5x									
CAP 25 ML DOPPIO BINARIO									
APPOGGIO			REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3
1			0.490	3.72	1239	1875	1.1	1	1.20
2			0.330	1.24	1239	1875	1.1	1	1.20
3			0.170	-1.24	1239	1875	1.1	1	1.20
4			0.010	-3.72	1239	1875	1.1	1	1.20
dx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO			REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3
1			0.460	4.2	1841	1925	1.1	1	1.09
2			0.320	1.4	1841	1925	1.1	1	1.09
3			0.180	-1.4	1841	1925	1.1	1	1.09
4			0.040	-4.2	1841	1925	1.1	1	1.09
dx ML max									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO			REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3
1			0.460	4.2	2137	2710	1.1	1	1.09
2			0.320	1.4	2137	2710	1.1	1	1.09
3			0.180	-1.4	2137	2710	1.1	1	1.09
4			0.040	-4.2	2137	2710	1.1	1	1.09

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

REAZIONI VINCOLARI [kN.m]

Appoggio	A			B			C			D			bit
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio gl	866			866			866			866			0.00
Pernonamenti G2	578			578			578			578			0.00
Ballast													0.00
Comb. Nmax Qv	1120			1023			924			826			0.00
Comb. Nmax Q fismatura	0			0			0			0			3.30
Comb. Nmax Q centrifuga				45			45			45			5.10
Comb. Nmax Q sepeggio				28			28			28			0.330
Comb. MTras Qv	1104			744			383			23			0.00
Comb. MTras Q fismatura	0			0			0			0			3.30
Comb. MTras Q centrifuga				45			45			45			5.10
Comb. MTras Q sepeggio				14			14			14			0.330
Comb. M.Lmax Qv	0			0			0			0			0.00
Comb. M.Lmax Q fismatura	0			0			0			0			3.30
Comb. M.Lmax Q centrifuga				0			0			0			5.10
Comb. M.Lmax Q sepeggio				0			0			0			3.30
Vento Ponte Scanco			0			118			118			0	3.30
Vento Ponte Catco			0			131			131			0	3.65
Alitno permanente	43	43		43	43		43	43		43	43		0.00
Alitno carichi mobili	34	34		31	31		28	28		26	26		0.00
Sisma longitudinale													2.50
Sisma trasversale			0			1499			1499			0	2.50
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00
Sisma longitudinale	0			0			0			0			2.50
Sisma trasversale	0			1653			1653			1653		0	2.50
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00
Sisma longitudinale	0			0			0			0			2.50
Sisma trasversale	0			2249			2249			2249		0	2.50
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN.m]

Appoggio	A			B			C			D			bit
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio gl	1050			1050			1050			1050			0.00
Pernonamenti G2	925			925			925			925			0.00
Ballast													0.00
Comb. Nmax Qv	1056			1071			1086			1101			0.00
Comb. Nmax Q fismatura	0			0			1078			1078			3.85
Comb. Nmax Q centrifuga				54			54			54			5.65
Comb. Nmax Q sepeggio				25			25			25		0	3.85
Comb. MTras Qv	967			673			378			84			0.00
Comb. MTras Q fismatura				0			578			578			3.85
Comb. MTras Q centrifuga				54			54			54			5.65
Comb. MTras Q sepeggio				14			14			14		0	3.85
Comb. M.Lmax Qv	1464			1400			1354			1299			0.00
Comb. M.Lmax Q fismatura				0			1078			1078			3.85
Comb. M.Lmax Q centrifuga				54			54			54			5.65
Comb. M.Lmax Q sepeggio				83			83			83			3.85
Vento Ponte Scanco			0			189			189			0	3.60
Vento Ponte Catco			0			214			214			0	3.90
Alitno permanente	59	59		59	59		59	59		59	59		0.00
Alitno carichi mobili	44	44		42	42		41	41		39	39		0.00
Sisma longitudinale				2188			2188			2188			3.00
Sisma trasversale			0			1499			1499			0	3.00
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00
Sisma longitudinale				2413			2413			2413			3.00
Sisma trasversale			0			1653			1653			0	3.00
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00
Sisma longitudinale				3282			3282			3282			3.00
Sisma trasversale			0			2249			2249			0	3.00
Sisma verticale	562			562			562			562			0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	220	220	m
Zona	Z	IV	IV	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	500	500	m
Parametri	ka	0.02	0.02	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} + k_a * (a_s - a_0)$	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	2	2	

Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	15.45	15.45	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.64	2.64	
Larghezza impalcato	b	13.7	13.7	m
Altezza impalcato	h1	3	3.7	m
Altezza treno o parapetto	h2	4	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7	7.7	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.96	1.78	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.91	1.97	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	21 di 55

<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.64	2.64	
Coefficiente di forza	cfx	1.91	1.97	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	7	7.7	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	18.9	21.4	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.70	2.78	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	18.9	21.4	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>		<b>sx</b>	<b>dx</b>	
Forza statica equivalente	f	18.9	18.9	kN/m
Luce impalcato	L	25	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	236	378	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	21.4	21.4	kN/m
Luce impalcato	L	25	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	267	428	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	22 di 55

**Vento su Pila e Pulvino**

Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	7.35	7.35	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.16	2.16	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	3.50	3.85	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	11.8	11.8	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m
Rapporto di forma	d/b	0.29	0.29	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.10	2.10	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.10	0.10	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.75	0.75	
Pressione di riferimento	$q = \psi * c_{fx} * c_e * q_b$	1.82	1.82	kN/mq
Area investita dal vento	$A = b * h$	41.3	45.43	mq
Forza statica equivalente	$F = q * A$	75	83	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	3.50	3.85	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	11.8	11.8	m
Rapporto di forma	d/b	3.47	3.47	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.30	1.30	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.5	0.5	
Pressione di riferimento	$q = \psi * c_{fx} * c_e * q_b$	0.75	0.75	kN/mq
Area investita dal vento	$A = b * h$	11.9	13.09	mq
Forza statica equivalente	$F = q * A$	9	10	kN

**Riepilogo**

**Vento x**

Pulvino	F	75	kN
Pila	F	83	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.35	m
Forza totale	F Tot	158	kN

**Vento y**

Pulvino	F	9	kN
Pila	F	10	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.35	m
Forza totale	F Tot	19	kN

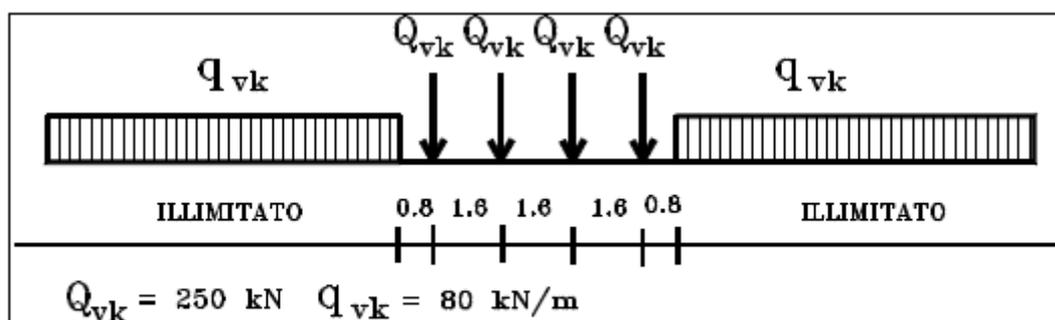
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

##### ➤ Modello di carico LM71

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



*Treno di carico LM 71*

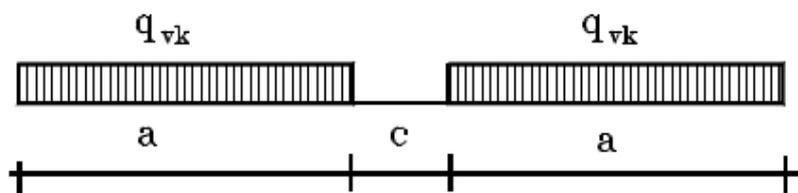
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

##### ➤ Modello di carico SW/2

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



*Treno di carico SW*

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

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

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

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

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

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura			Avviamento		
L	40	m	L	40	m
Lcalc	40	per Treno LM 71	Lcalc	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0		30	per Treno SW/0
	33	per SW/2		33	per SW/2
Qlb,k	880	per Treno LM 71	Qla,k	1452	per Treno LM 71
Qlb,k	0	per Treno SW/0	Qla,k	0	per Treno SW/0
Qlb,k	1155	per SW/2	Qla,k	1089	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	880	kN	Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN	Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1155	kN	Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN





Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

Ricerca per comune  
 REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

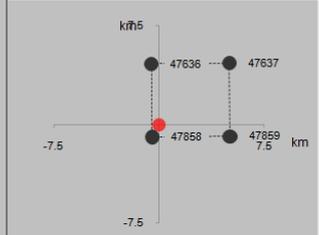
Interpolazione corretta

Interpolazione:



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

Nodi del reticolo intorno al sito



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

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

---

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

---

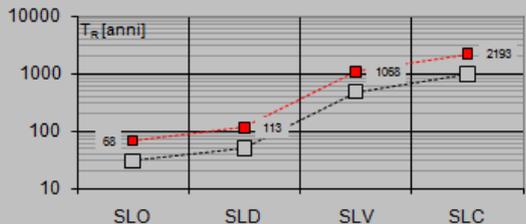
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---□--- Strategia scelta

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.156 g
$F_0$	2.514
$T_C^*$	0.538 s
$S_S$	1.464
$C_C$	1.288
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.464
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.694 s
$T_D$	2.225 s

Dalla risposta sismica locale risulta invece (estratto dalla relazione geotecnica allegata al progetto) un fattore  $S$  pari 1.78; verrà usato tale valore del parametro  $S$  poiché maggiore di quello di Normativa.

➤ 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	17526	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2668	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	20194	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	3505	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	15316	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	2668	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	17985	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	3063	kN
Verifica requisito dir. Y		si	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	15316	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	2668	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp <sub>z</sub>	17985	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	3063	kN
Verifica requisito dir. Z		si	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	26.1	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	192.3	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	16.20	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	2025394977	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	14903143928	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	64029485030	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.20	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.07	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.65	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.50	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.25	

q=1.5			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.43	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.33	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.25	

q=1.36			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.48	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.37	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.25	

q=1			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.7	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.5	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.25	

#### Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5			
Tagliante direzione x	F x	8751	kN
Tagliante direzione y	F y	5995	kN
Tagliante direzione z	F z	4496	kN

q=1.36			
Tagliante direzione x	F x	9651	kN
Tagliante direzione y	F y	6612	kN
Tagliante direzione z	F z	4496	kN

q=1			
Tagliante direzione x	F x	13126	kN
Tagliante direzione y	F y	8992	kN
Tagliante direzione z	F z	4496	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI10 (ex VI02) - Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 10 05 001	REV. A

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

**SPICCATO PILA: condizione statica**

Descrizione carico	F <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	5336			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		158		0.00	0.00	7.35	0	1161
Vento su pila dir.y			19	0.00	0.00	7.35	140	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	5336			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	13800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2912			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		158		0.00	0.00	10.35	0	1635
Vento su pila dir.y			19	0.00	0.00	10.35	197	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		3832		0.00	0.00	1.50	0.00	5748
Plinto sisma y			3832	0.00	0.00	1.50	5748	0
Plinto sisma z	1916			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	404			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	31074	2110	1697	20020	25690	
A2 - SLU - MT max gr.1	26260	1486	1635	28744	17281	
A2 - SLU - ML max gr.1	27723	2234	1030	11290	33464	
A2 - SLU - N max gr.3	31074	3457	1509	17469	42728	
A2 - SLU - MT max gr.3	26260	2208	1478	26571	26420	
A2 - SLU - ML max gr.3	27723	3580	897	9485	50502	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	20815	410	1233	13597	5505	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	23258	2110	1697	20020	24187	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	18444	1486	1635	28744	15778	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	19906	2234	1030	11290	31961	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	23258	3457	1509	17469	41225	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	18444	2208	1478	26571	24917	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	19906	3580	897	9485	48999	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	12999	410	1233	13597	4001	
A1 - SLU - N max gr.1	38467	2526	2043	23866	30552	
A1 - SLU - MT max gr.1	32883	1802	1972	33986	20797	
A1 - SLU - ML max gr.1	34580	2668	1272	13782	39564	
A1 - SLU - N max gr.3	38467	4090	1824	20907	50343	
A1 - SLU - MT max gr.3	32883	2641	1789	31465	31413	
A1 - SLU - ML max gr.3	34580	4233	1118	11689	59355	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	26567	554	1503	16397	7136	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	24899	2526	2043	23866	28681	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	19315	1802	1972	33986	18925	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	21012	2668	1272	13782	37693	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	24899	4090	1824	20907	48472	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	19315	2641	1789	31465	29542	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	21012	4233	1118	11689	57484	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	12999	410	1360	15134	4001	
SLE rara - N max gr.1	27218	1770	1422	16524	21306	
SLE rara - MT max gr.1	23367	1271	1373	23503	14579	
SLE rara - ML max gr.1	24537	1865	906	9754	27497	
SLE rara - N max gr.3	27218	2848	1272	14484	34937	
SLE rara - MT max gr.3	23367	1849	1247	21765	21890	
SLE rara - ML max gr.3	24537	2943	799	8310	41128	
SLE rara - Vento ponte scarico	19011	410	1043	11293	5158	
SLE freq. - N max gr.1	23936	1226	760	8155	14847	
SLE freq. - MT max gr.1	22496	1099	838	15253	12694	
SLE freq. - ML max gr.1	22327	1226	708	7296	18143	
SLE freq. - N max gr.3	23936	1873	670	6930	23025	
SLE freq. - MT max gr.3	22496	1561	737	13862	18544	
SLE freq. - ML max gr.3	22327	1873	644	6430	26322	
SLE freq. - Vento ponte scarico	19011	410	717	7382	5158	
SLE quasi permanente	19011	410	410	3610	5158	
SLV - N max	25149	3318	2121	24096	40066	
SLV - MT max gr.1	21231	3118	6308	73970	37614	
SLV - ML max gr.1	21465	9445	2103	23810	113613	
SLV - MT max gr.3	18534	3118	6308	73970	37749	
SLV - ML max gr.3	18768	9445	2103	23810	113748	
SLV - N min	16157	3318	2121	24096	40515	
SLV - N max	25149	3589	2306	25992	43255	
SLV - MT max gr.1	21231	3389	6925	80205	40803	
SLV - ML max gr.1	21465	10346	2288	25949	124245	
SLV - MT max gr.3	18534	3389	6925	80205	40938	
SLV - ML max gr.3	18768	10346	2288	25949	124379	
SLV - N min	16157	3589	2306	25992	43705	
SLV - N max	25149	4631	3020	34484	55557	
SLV - MT max gr.1	21231	4431	9306	108596	53105	
SLV - ML max gr.1	21465	13821	3002	34198	165250	
SLV - MT max gr.3	18534	4431	9306	108596	53240	
SLV - ML max gr.3	18768	13821	3002	34198	165385	
SLV - N min	16157	4631	3020	34484	56006	

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI10 (ex VI02) - Doppio Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	33 di 55

#### 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	48659	2110	1697	25110	32021	
A2 - SLU - MT max gr.1	43845	1486	1635	33650	21739	
A2 - SLU - ML max gr.1	45308	2234	1030	14379	40165	
A2 - SLU - N max gr.3	48659	3457	1509	21994	53100	
A2 - SLU - MT max gr.3	43845	2208	1478	31005	33046	
A2 - SLU - ML max gr.3	45308	3580	897	12175	61243	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	38400	410	1233	17297	6735	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	37058	2110	1697	25110	30518	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	32244	1486	1635	33650	20235	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	33706	2234	1030	14379	38662	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	37058	3457	1509	21994	51597	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	32244	2208	1478	31005	31543	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	33706	3580	897	12175	59740	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	26799	410	1233	17297	5232	
A1 - SLU - N max gr.1	61465	2526	2043	29994	38130	
A1 - SLU - MT max gr.1	55881	1802	1972	39900	26202	
A1 - SLU - ML max gr.1	57577	2668	1272	17599	47568	
A1 - SLU - N max gr.3	61465	4090	1824	26380	62615	
A1 - SLU - MT max gr.3	55881	2641	1789	36832	39336	
A1 - SLU - ML max gr.3	57577	4233	1118	15043	72053	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	49565	554	1503	20907	8798	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	38699	2526	2043	29994	36258	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	33115	1802	1972	39900	24330	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	34812	2668	1272	17599	45697	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	38699	4090	1824	26380	60743	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	33115	2641	1789	36832	37465	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	34812	4233	1118	15043	70182	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	26799	410	1360	19213	5232	
SLE rara - N max gr.1	43930	1770	1422	20791	26617	
SLE rara - MT max gr.1	40079	1271	1373	27623	18391	
SLE rara - ML max gr.1	41249	1865	906	12471	33093	
SLE rara - N max gr.3	43930	2848	1272	18299	43480	
SLE rara - MT max gr.3	40079	1849	1247	25507	27437	
SLE rara - ML max gr.3	41249	2943	799	10708	49956	
SLE rara - Vento ponte scarico	35723	410	1043	14422	6388	
SLE freq. - N max gr.1	40647	1226	760	10436	18526	
SLE freq. - MT max gr.1	39208	1099	838	17767	15991	
SLE freq. - ML max gr.1	39039	1226	708	9419	21822	
SLE freq. - N max gr.3	40647	1873	670	8941	28644	
SLE freq. - MT max gr.3	39208	1561	737	16074	23227	
SLE freq. - ML max gr.3	39039	1873	644	8361	31940	
SLE freq. - Vento ponte scarico	35723	410	717	9533	6388	
SLE quasi permanente	35723	410	410	4841	6388	
q = 1.5						
SLV - N max	44181	4468	3270	32182	51745	
SLV - MT max gr.1	38639	4268	10140	98642	48693	
SLV - ML max gr.1	38873	13277	3253	31843	147695	
SLV - MT max gr.3	34549	4268	10140	98642	48828	
SLV - ML max gr.3	34783	13277	3253	31843	147830	
SLV - N min	30548	4468	3270	32182	52194	
q = 1.36						
SLV - N max	44181	4738	3455	34633	55745	
SLV - MT max gr.1	38639	4538	10757	106729	52694	
SLV - ML max gr.1	38873	14178	3438	34538	161029	
SLV - MT max gr.3	34549	4538	10757	106729	52829	
SLV - ML max gr.3	34783	14178	3438	34538	161164	
SLV - N min	30548	4738	3455	34633	56195	
q = 1						
SLV - N max	44181	5781	4170	45269	71174	
SLV - MT max gr.1	38639	5581	13138	142263	68123	
SLV - ML max gr.1	38873	17653	4152	44930	212460	
SLV - MT max gr.3	34549	5581	13138	142263	68258	
SLV - ML max gr.3	34783	17653	4152	44930	212595	
SLV - N min	30548	5781	4170	45269	71624	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradossso 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
Al - SLU - N max gr.1	61465	2526	2043	29994	38130	6848	3396	271
Al - SLU - MT max gr.1	55881	1802	1972	39900	26202	6271	3042	223
Al - SLU - ML max gr.1	57577	2668	1272	17599	47568	6511	3086	246
Al - SLU - N max gr.3	61465	4090	1824	26380	62615	7448	2797	373
Al - SLU - MT max gr.3	55881	2641	1789	36832	39336	6568	2746	266
Al - SLU - ML max gr.3	57577	4233	1118	15043	72053	7134	2462	365
Al - SLU - Vento ponte scarico	49565	554	1503	20907	8798	4839	3421	134
Al - SLU Gmin - N max gr.1	38699	2526	2043	29994	36258	4899	1551	271
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	33115	1802	1972	39900	24330	4322	1197	223
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	34812	2668	1272	17599	45697	4561	1241	246
Al - SLU Gmin - N max gr.3	38699	4090	1824	26380	60743	5498	951	373
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	33115	2641	1789	36832	37465	4619	900	266
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	34812	4233	1118	15043	70182	5185	617	365
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	26799	410	1360	19213	5232	2806	1661	118
						7448	617	373

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	44181	5781	4170	45269	71174	6665	699	594
SLV - MT max gr.1	38639	5581	13138	142263	68123	8274	-1834	1190
SLV - ML max gr.1	38873	17653	4152	44930	212460	10140	-3661	1511
SLV - MT max gr.3	34549	5581	13138	142263	68258	7937	-2178	1190
SLV - ML max gr.3	34783	17653	4152	44930	212595	9802	-4005	1511
SLV - N min	30548	5781	4170	45269	71624	5541	-450	594
						10140	-4005	1511

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

<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	44181	4738	3455	34633	55745	6000	1364	489
SLV - MT max gr.1	38639	4538	10757	106729	52694	7055	-616	973
SLV - ML max gr.1	38873	14178	3438	34538	161029	8480	-2001	1216
SLV - MT max gr.3	34549	4538	10757	106729	52829	6718	-960	973
SLV - ML max gr.3	34783	14178	3438	34538	161164	8143	-2346	1216
SLV - N min	30548	4738	3455	34633	56195	4876	215	489
						8480	-2346	1216

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	43930	1770	1422	20791	26617	5487	2395	189
SLE rara - MT max gr.1	40079	1271	1373	27623	18391	5137	2287	156
SLE rara - ML max gr.1	41249	1865	906	12471	33093	5167	2044	173
SLE rara - N max gr.3	43930	2848	1272	18299	43480	6011	1804	260
SLE rara - MT max gr.3	40079	1849	1247	25507	27437	5387	1980	186
SLE rara - ML max gr.3	41249	2943	799	10708	49956	5720	1443	254
SLE rara - Vento ponte scarico	35723	410	1043	14422	6388	3796	2546	93
						6011	1443	260

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	31074	2110	1697	20020	25690
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	27723	3580	897	9485	50502
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	31074	2110	1697	20020	25690
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	26260	1486	1635	28744	17281
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	27723	3580	897	9485	50502
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	38467	2526	2043	23866	30552
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	34580	4233	1118	11689	59355
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	38467	2526	2043	23866	30552
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	32883	1802	1972	33986	20797
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	34580	4233	1118	11689	59355
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	27218	1770	1422	16524	21306
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	24537	2943	799	8310	41128
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	27218	1770	1422	16524	21306
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23367	1271	1373	23503	14579
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	24537	2943	799	8310	41128
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	23936	1226	760	8155	14847
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	23936	1873	670	6930	23025
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22496	1099	838	15253	12694
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22496	1099	838	15253	12694
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	22327	1873	644	6430	26322
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	19011	410	410	3610	5158
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	25149	3318	2121	24096	40066
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21465	9445	2103	23810	113613
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	3118	6308	73970	37614
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	3118	6308	73970	37614
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	18768	9445	2103	23810	113748
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	25149	3589	2306	25992	43255
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21465	10346	2288	25949	124245
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	3389	6925	80205	40803
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	3389	6925	80205	40803
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	18768	10346	2288	25949	124379
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	25149	4631	3020	34484	55557
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	21465	13821	3002	34198	165250
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	4431	9306	108596	53105
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	21231	4431	9306	108596	53105
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	18768	13821	3002	34198	165385

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	$M_{xx}$ [kNm]	$M_{yy}$ [kNm]	
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	A2 - SLU - N max gr.1	48659	2110	1697	25110	32021
	$T_{x,A_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	45308	3580	897	12175	61243
	$T_{y,A_{max}}$	A2 - SLU - N max gr.1	48659	2110	1697	25110	32021
	$M_{xx_{max}}$	A2 - SLU - MT max gr.1	43845	1486	1635	33650	21739
	$M_{yy_{max}}$	A2 - SLU - ML max gr.3	45308	3580	897	12175	61243
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	A1 - SLU - N max gr.1	61465	2526	2043	29994	38130
	$T_{x,A_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	57577	4233	1118	15043	72053
	$T_{y,A_{max}}$	A1 - SLU - N max gr.1	61465	2526	2043	29994	38130
	$M_{xx_{max}}$	A1 - SLU - MT max gr.1	55881	1802	1972	39900	26202
	$M_{yy_{max}}$	A1 - SLU - ML max gr.3	57577	4233	1118	15043	72053
SLE RARA	$N_{z,A_{max}}$	SLE rara - N max gr.1	43930	1770	1422	20791	26617
	$T_{x,A_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	41249	2943	799	10708	49956
	$T_{y,A_{max}}$	SLE rara - N max gr.1	43930	1770	1422	20791	26617
	$M_{xx_{max}}$	SLE rara - MT max gr.1	40079	1271	1373	27623	18391
	$M_{yy_{max}}$	SLE rara - ML max gr.3	41249	2943	799	10708	49956
SLE FREQUENTE	$N_{z,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.1	40647	1226	760	10436	18526
	$T_{x,A_{max}}$	SLE freq.- N max gr.3	40647	1873	670	8941	28644
	$T_{y,A_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	39208	1099	838	17767	15991
	$M_{xx_{max}}$	SLE freq.- MT max gr.1	39208	1099	838	17767	15991
	$M_{yy_{max}}$	SLE freq.- ML max gr.3	39039	1873	644	8361	31940
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	35723	410	410	4841	6388
SLV q=1.5	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	44181	4468	3270	32182	51745
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	38873	13277	3253	31843	147695
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	4268	10140	98642	48693
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	4268	10140	98642	48693
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.3	34783	13277	3253	31843	147830
SLV q=1.36	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	44181	4738	3455	34633	55745
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	38873	14178	3438	34538	161029
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	4538	10757	106729	52694
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	4538	10757	106729	52694
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.3	34783	14178	3438	34538	161164
SLV q=1	$N_{z,A_{max}}$	SLV - N max	44181	5781	4170	45269	71174
	$T_{x,A_{max}}$	SLV - ML max gr.1	38873	17653	4152	44930	212460
	$T_{y,A_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	5581	13138	142263	68123
	$M_{xx_{max}}$	SLV - MT max gr.1	38639	5581	13138	142263	68123
	$M_{yy_{max}}$	SLV - ML max gr.3	34783	17653	4152	44930	212595

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	39 di 55

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	14.35	14.35	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	13821	9306	kN
Momento agente (q=1)	M	165250	108596	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	9445	6308	kN
Momento agente (con q)	MEd	113613	73970	kN*m
Momento Resistente	MRd	148000	260875	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.30	3.53	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	13821	9306	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12303	22247	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	12303	9306	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	12303	9306	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.10	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	40 di 55

Resis. media a trazione fctm:	2.210	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

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

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	470.0	170.0
2	530.0	154.0
3	574.0	110.0
4	587.0	78.0
5	590.0	40.0
6	575.0	25.0
7	575.0	-25.0
8	590.0	-40.0
9	587.0	-78.0
10	574.0	-110.0
11	530.0	-154.0
12	470.0	-170.0
13	-470.0	-170.0
14	-530.0	-154.0
15	-574.0	-110.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	41 di 55

16	-587.0	-78.0
17	-590.0	-40.0
18	-575.0	-25.0
19	-575.0	25.0
20	-590.0	40.0
21	-587.0	78.0
22	-574.0	110.0
23	-530.0	154.0
24	-470.0	170.0

**DOMINIO N° 2**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	40.0	115.0
2	470.0	115.0
3	502.0	106.0
4	526.0	82.0
5	535.0	50.0
6	535.0	-50.0
7	526.0	-82.0
8	502.0	-106.0
9	470.0	-115.0
10	40.0	-115.0

**DOMINIO N° 3**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-40.0	-115.0
2	-470.0	-115.0
3	-502.0	-106.0
4	-526.0	-82.0
5	-535.0	-50.0
6	-535.0	50.0
7	-526.0	82.0
8	-502.0	106.0
9	-470.0	115.0
10	-40.0	115.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	468.7	160.0	26
2	524.8	145.0	26
3	565.5	104.4	26
4	577.2	75.7	26
5	579.7	43.8	26
6	565.0	29.1	26
7	565.0	-29.1	26
8	579.7	-43.8	26
9	577.2	-75.7	26
10	565.5	-104.4	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	42 di 55

11	524.8	-145.0	26
12	468.7	-160.0	26
13	-468.7	-160.0	26
14	-524.8	-145.0	26
15	-565.5	-104.4	26
16	-577.2	-75.7	26
17	-579.7	-43.8	26
18	-565.0	-29.1	26
19	-565.0	29.1	26
20	-579.7	43.8	26
21	-577.2	75.7	26
22	-565.5	104.4	26
23	-524.8	145.0	26
24	-468.7	160.0	26
25	30.0	125.0	26
26	471.4	125.0	26
27	507.2	114.9	26
28	534.9	87.2	26
29	545.0	51.4	26
30	545.0	-51.4	26
31	534.9	-87.2	26
32	507.2	-114.9	26
33	471.4	-125.0	26
34	30.0	-125.0	26
35	-30.0	-125.0	26
36	-471.4	-125.0	26
37	-507.2	-114.9	26
38	-534.9	-87.2	26
39	-545.0	-51.4	26
40	-545.0	51.4	26
41	-534.9	87.2	26
42	-507.2	114.9	26
43	-471.4	125.0	26
44	-30.0	125.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	24	50	26
2	13	12	50	26
3	25	26	25	26
4	43	44	25	26
5	35	36	25	26
6	34	33	25	26
7	35	44	20	26
8	34	25	20	26
9	1	2	3	26
10	2	3	3	26
11	4	3	2	26
12	4	5	2	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	43 di 55

13	6	7	4	26
14	8	9	2	26
15	10	9	2	26
16	10	11	3	26
17	11	12	3	26
18	13	14	3	26
19	14	15	3	26
20	15	16	2	26
21	16	17	2	26
22	18	19	4	26
23	20	21	2	26
24	21	22	2	26
25	23	22	3	26
26	23	24	3	26
27	26	27	2	26
28	27	28	2	26
29	28	29	2	26
30	29	30	6	26
31	30	31	2	26
32	31	32	2	26
33	32	33	2	26
34	36	37	2	26
35	37	38	2	26
36	38	39	2	26
37	39	40	6	26
38	40	41	2	26
39	41	42	2	26
40	42	43	2	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 1.9 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	38467.00	30552.00	23866.00	0.00	0.00
2	34580.00	59355.00	11689.00	0.00	0.00
3	38467.00	30552.00	23866.00	0.00	0.00
4	32883.00	20797.00	33986.00	0.00	0.00
5	34580.00	59355.00	11689.00	0.00	0.00
6	25149.00	40066.00	24096.00	0.00	0.00
7	21465.00	113613.00	23810.00	12303.00	0.00
8	21231.00	37614.00	73970.00	0.00	9306.00
9	21231.00	37614.00	73970.00	0.00	0.00
10	18768.00	113748.00	23810.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	44 di 55

**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	27218.00	21306.00	16524.00
2	24537.00	41128.00	8310.00
3	27218.00	21306.00	16524.00
4	23367.00	14579.00	23503.00
5	24537.00	41128.00	8310.00

**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	23936.00	14847.00 (0.00)	8155.00 (0.00)
2	23936.00	23025.00 (302018.62)	6930.00 (90900.72)
3	22496.00	12694.00 (0.00)	15253.00 (0.00)
4	22496.00	12694.00 (0.00)	15253.00 (0.00)
5	22327.00	26322.00 (136647.55)	6430.00 (33380.58)

**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	19011.00	5158.00 (0.00)	3610.00 (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: 7.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.7 cm

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

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**V110 (ex VI02) - Doppio Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	45 di 55

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 [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	38467.00	30552.00	23866.00	38466.81	166576.75	130174.78	5.451953.8(486.0)	
2	S	34580.00	59355.00	11689.00	34579.93	165210.34	33192.62	2.791953.8(486.0)	
3	S	38467.00	30552.00	23866.00	38466.81	166576.75	130174.78	5.451953.8(486.0)	
4	S	32883.00	20797.00	33986.00	32883.26	150239.23	246738.69	7.251953.8(486.0)	
5	S	34580.00	59355.00	11689.00	34579.93	165210.34	33192.62	2.791953.8(486.0)	
6	S	25149.00	40066.00	24096.00	25149.30	151073.94	90263.34	3.761953.8(486.0)	
7	S	21465.00	113613.00	23810.00	21465.23	148000.21	31104.77	1.301953.8(486.0)	
8	S	21231.00	37614.00	73970.00	21231.16	133350.71	260875.71	3.531953.8(486.0)	
9	S	21231.00	37614.00	73970.00	21231.16	133350.71	260875.71	3.531953.8(486.0)	
10	S	18768.00	113748.00	23810.00	18768.02	144405.40	30489.58	1.271953.8(486.0)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	470.0	170.0	0.00302	468.7	160.0	-0.01425	-468.7	-160.0
2	0.00350	470.0	170.0	0.00282	468.7	160.0	-0.01961	-468.7	-160.0
3	0.00350	470.0	170.0	0.00302	468.7	160.0	-0.01425	-468.7	-160.0
4	0.00350	470.0	170.0	0.00316	468.7	160.0	-0.01096	-468.7	-160.0
5	0.00350	470.0	170.0	0.00282	468.7	160.0	-0.01961	-468.7	-160.0
6	0.00350	470.0	170.0	0.00290	468.7	160.0	-0.01799	-468.7	-160.0
7	0.00350	470.0	170.0	0.00273	468.7	160.0	-0.02263	-468.7	-160.0
8	0.00350	470.0	170.0	0.00316	468.7	160.0	-0.01154	-468.7	-160.0
9	0.00350	470.0	170.0	0.00316	468.7	160.0	-0.01154	-468.7	-160.0
10	0.00350	470.0	170.0	0.00271	468.7	160.0	-0.02337	-468.7	-160.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000002261	0.000047352	-0.005612634	----	----
2	0.000000786	0.000067795	-0.008394682	----	----
3	0.000002261	0.000047352	-0.005612634	----	----
4	0.000003773	0.000033087	-0.003898066	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	46 di 55

5	0.000000786	0.000067795	-0.008394682	----	----
6	0.000001887	0.000059767	-0.007547244	----	----
7	0.000000833	0.000076816	-0.009950243	----	----
8	0.000004424	0.000032981	-0.004186041	----	----
9	0.000004424	0.000032981	-0.004186041	----	----
10	0.000000838	0.000079028	-0.010328692	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 1.9 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	32723.95	5430.80177.9	167.9	368.2	1.000	1.126	0.0	82.7(0.0)
2	S	0.00	34059.34	5798.97189.3	179.3	363.0	1.000	1.114	0.0	82.7(0.0)
3	S	0.00	32723.95	5430.80177.9	167.9	368.2	1.000	1.126	0.0	82.7(0.0)
4	S	0.00	28937.45	4857.65160.2	150.2	370.1	1.000	1.108	0.0	82.7(0.0)
5	S	0.00	34059.34	5798.97189.3	179.3	363.0	1.000	1.114	0.0	82.7(0.0)
6	S	0.00	32428.02	5551.65181.6	171.6	371.4	1.000	1.083	0.0	82.7(0.0)
7	S	12302.28	22540.34	14093.52184.3	174.3	372.8	2.500	1.070	72.2	82.7(0.0)
8	S	1237.26	17489.72	12616.03166.0	156.0	323.4	2.500	1.070	8.1	82.7(0.0)
9	S	0.00	25360.09	5046.41166.0	156.0	323.4	1.000	1.070	0.0	82.7(0.0)
10	S	0.00	32300.23	5596.16183.0	173.0	374.2	1.000	1.062	0.0	82.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.94	470.0	170.0	-0.4	-468.7	-160.0	356	5.3
2	S	4.29	470.0	170.0	-52.0	-468.7	-160.0	40572	483.1
3	S	2.94	470.0	170.0	-0.4	-468.7	-160.0	356	5.3
4	S	2.51	470.0	170.0	-0.2	-468.7	-160.0	336	5.3
5	S	4.29	470.0	170.0	-52.0	-468.7	-160.0	40572	483.1

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	47 di 55

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	592	0.001 (0.20)	494406.89	383440.32
2	S	-0.00028	0	0.500	26.0	87	0.00016 (0.00016)	667	0.104 (0.20)	77620.73	15683.43
3	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	592	0.001 (0.20)	494406.89	383440.32
4	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	576	0.000 (0.20)	505958.73	815662.81
5	S	-0.00028	0	0.500	26.0	87	0.00016 (0.00016)	667	0.104 (0.20)	77620.73	15683.43

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.24	470.0	170.0	4.7	-468.7	-160.0	----	----
2	S	2.68	470.0	170.0	-1.5	-468.7	-160.0	320	5.3
3	S	2.19	470.0	170.0	3.1	-468.7	-160.0	----	----
4	S	2.19	470.0	170.0	3.1	-468.7	-160.0	----	----
5	S	2.84	470.0	170.0	-8.3	-468.7	-160.0	6826	122.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	562	0.003 (0.20)	302018.62	90900.72
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	543	0.014 (0.20)	136647.55	33380.58

**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	1.35	470.0	170.0	9.8	-468.7	-160.0	----	----

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

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

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

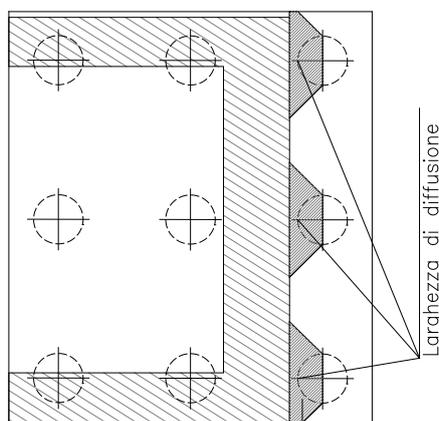
$$N_{\max} = 7448 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 8480 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1216 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

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



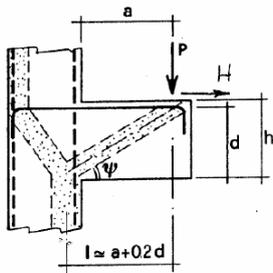
**Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila**

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	49 di 55

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONI.



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

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

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

**$P_{R_c}$  : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{R_c} \geq P_{R_s}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	50 di 55

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>8480.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1216.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>3.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\tilde{\delta}(m) =$	<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>3.58</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.37</b>		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$  1.00

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<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>26.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 1 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18582.50
$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$				$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	18582.50
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>				
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>26.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18582.50
$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$				$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	18582.50
<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
$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$				$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{Rs} =$   KN

$P_{Rc} =$   KN

### 4.9.3 Palo di fondazione $L=32.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.155 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 10140 \text{ kN} \quad T = 1511 \text{ kN} \quad M = 1511 * 3.155 = 4768 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -4005 \text{ kN} \quad T = 1511 \text{ kN} \quad M = 1511 * 3.155 = 4768 \text{ kNm}$$

$$N = -4005 \text{ kN} \quad T = 1511 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1511 * 3.155 = 4768 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

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

La lunghezza del palo è pari a  $L = 32.00m$

#### 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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**V110 (ex VI02) - Doppio Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	52 di 55

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	36	26
2	0.0	0.0	60.0	36	26

**ARMATURE A TAGLIO**

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione  
 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	10140.00	4768.00	0.00	1511.00	0.00
2	-4005.00	4768.00	0.00	1511.00	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	6011.00	821.00	0.00
2	1443.00	821.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	53 di 55

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	4809.00	524.00 (1930.77)	0.00 (0.00)
2	1958.00	524.00 (5300.84)	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 $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	10140.00	4768.00	0.00	10139.92	9142.54	0.00	1.92	382.3(53.0)
2	S	-4005.00	4768.00	0.00	-4004.95	6052.20	0.00	1.27	382.3(53.0)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	65.0	-0.00288	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00247	0.0	65.0	-0.01093	0.0	-65.0

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

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
---------	--

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	54 di 55

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	0.000045571	0.000082189	----	----
2	0.000000000	0.000103100	-0.004232470	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
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	1511.00	3824.22	3556.07117.3	92.1	136.1	2.500	1.250	16.8	39.5(0.0)
2	S	1511.00	3390.28	4339.93122.6	112.4	123.6	2.500	1.000	13.7	39.5(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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.28	0.0	0.0	16.3	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.65	0.0	0.0	-23.8	0.0	-65.0	1503	63.7

**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  
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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 10 05 001	A	55 di 55

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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1950.76	0.00
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	400	0.029 (0.20)	1927.01	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	3.14	0.0	0.0	16.7	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.94	0.0	0.0	-2.0	0.0	-65.0	560	15.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1930.77	0.00
2	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	451	0.003 (0.20)	5300.84	0.00