

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA**

**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

Relazione di calcolo Pile1/6

SCALA:

-
---

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

R S 3 E    5 0    D    0 9    C L    V I 1 2 0 5    0 0 1    A

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

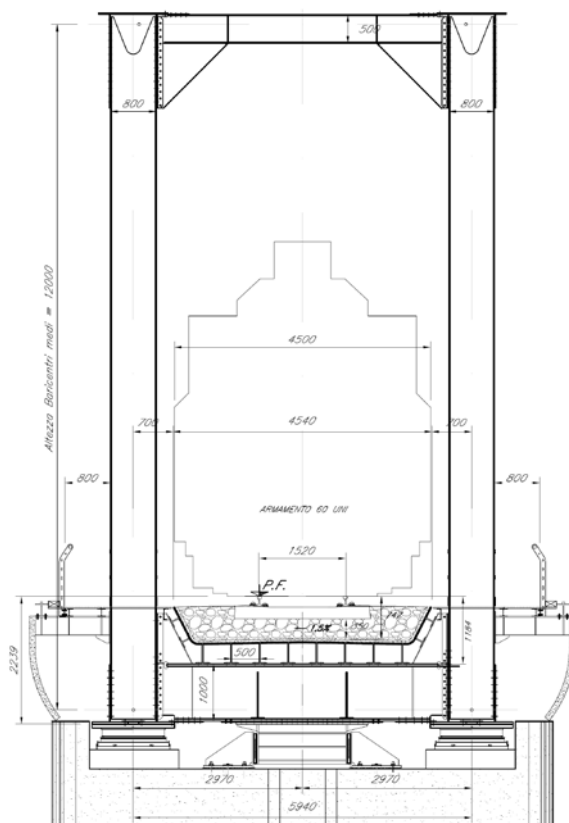
ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n° A20783

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.1.1	<i>Aspetti legati alle opere di fondazione</i> .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	9
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
3	MATERIALI .....	10
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	11
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	11
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	12
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	13
4.1	GENERALITÀ .....	13
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	13
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	13
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	17
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	18
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	19
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	19
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	19
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	22
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	24
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	25
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	25
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	27
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	31
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	31

4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	<i>Plinto di fondazione.....</i>	34
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>	45
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m .....</i>	48



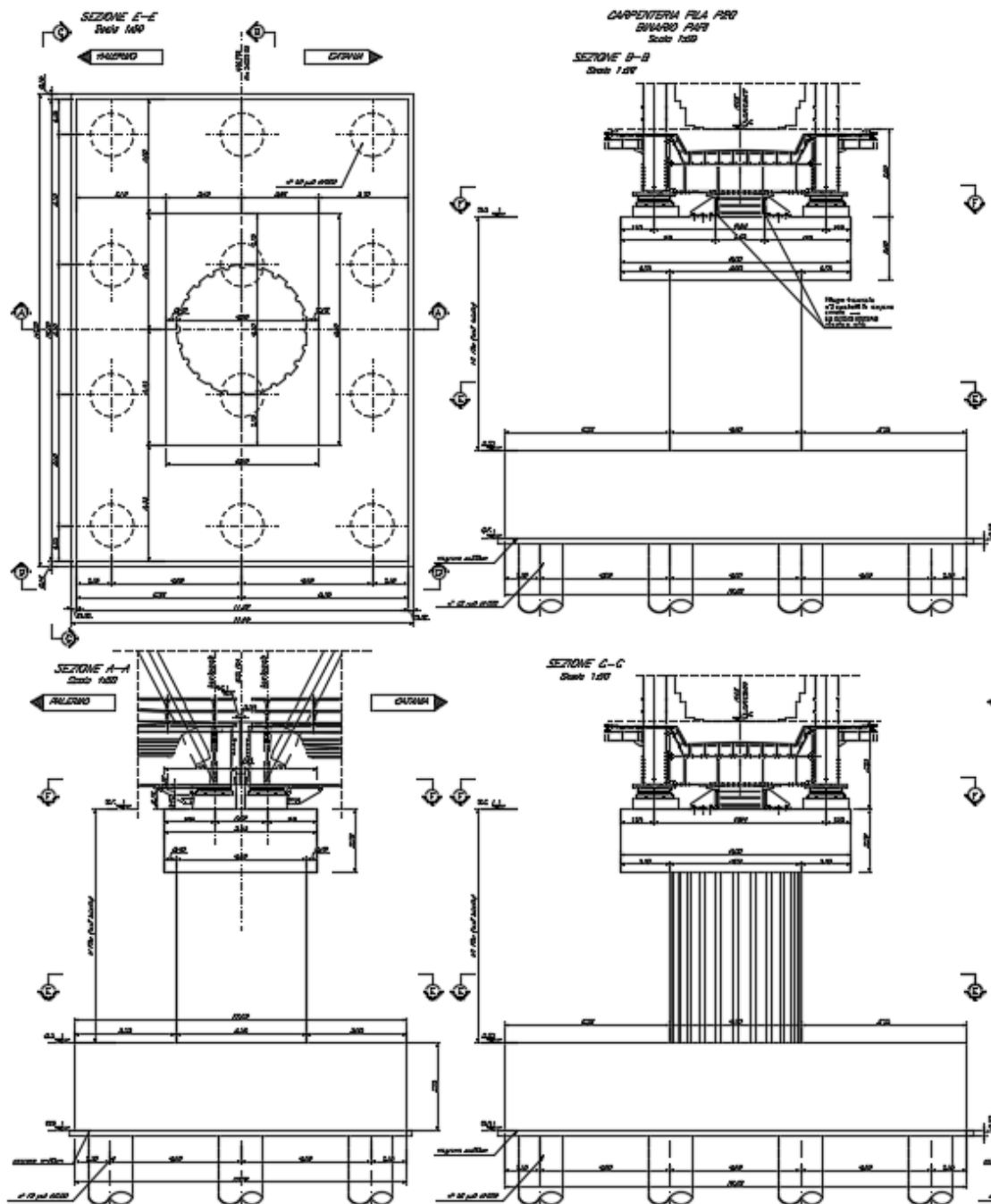


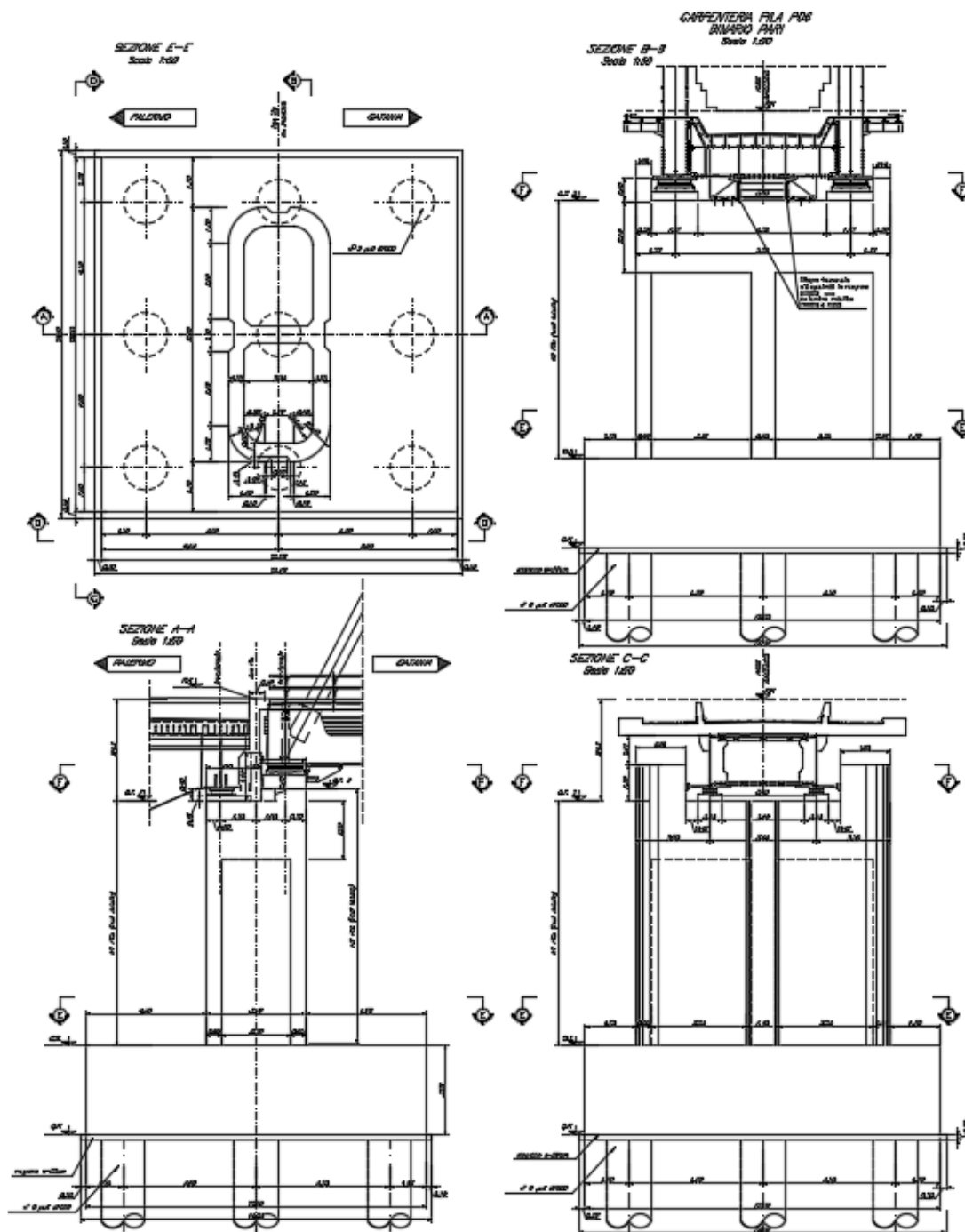
**Figura 1 - Sezioni trasversali**

### *1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione*


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









	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 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 1/2 - RS3E50D09RBVI1203001A*
- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni 2/2 - RS3E50D09RBVI1203002A*

### 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 ELETTRICALI

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>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 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

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

 <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>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 001	REV. A

### 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>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 001	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione circolare di diametro 4.50m, una altezza complessiva di 16.60m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x8.00m ed altezza 2.20m.

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	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.





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	1.00	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	0.80	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	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	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	$H_1$	20.05	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.00	m
Area Sezione		42.40	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	16.60	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	4.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	4.50	m
Area Sezione		15.90	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.20	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko= 0.426	
Sisma			
$S_s$		1.462	
$a_g$		0.158	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.231	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Impalcato (sx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>131</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>120</b>	kN/m
Ballast		<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>1</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>131</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>120</b>	kN/m
Ballast	G2	<b>0</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	20 di 52

<b>Sx</b>									
<b>SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO</b>									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2212	2858
2	0.470	-1.8	1841	2617	1.1	1	1.09	2212	2858
<b>dx</b>									
<b>SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO</b>									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
2	0.470	-1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
<b>dx ML max</b>									
<b>SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO</b>									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960
2	0.470	-1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960

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

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1515			1343			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			217			217	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							4.80
Comb. MLmax Q serpeggio						0	3.00
Vento Ponte Scarico			181			181	3.15
Vento Ponte Carico			301			301	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		45	45		40	40	0.00
q <sup>1.5</sup>	Sisma longitudinale						2.30
	Sisma trasversale			1505		1505	2.30
	Sisma verticale	450			450		0.00
q <sup>1.36</sup>	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			1660		1660	2.30
	Sisma verticale	450			450		0.00
q <sup>1</sup>	Sisma longitudinale		0		0		2.30
	Sisma trasversale			2258		2258	2.30
	Sisma verticale	450			450		0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1114			988			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		500			500		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			217			217	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1569			1391			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			181			181	3.15
Vento Ponte Carico			301			301	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		47	47		42	42	0.00
Sisma longitudinale		2980			2980		2.30
Sisma trasversale			1505			1505	2.30
Sisma verticale	450			450			0.00
Sisma longitudinale		3287			3287		2.30
Sisma trasversale			1660			1660	2.30
Sisma verticale	450			450			0.00
Sisma longitudinale		4470			4470		2.30
Sisma trasversale			2258			2258	2.30
Sisma verticale	450			450			0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

<b>Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005</b>				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(a_s/a_0 - 1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	$\alpha_R$	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
<b>Vento su impalcato</b>				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	19.6	19.6	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.80	2.80	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18	
<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.80	2.80	
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	18.1	30.1	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	3.02	3.27	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	18.1	30.1	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	18.1	18.1	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	362	362	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	30.1	30.1	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	602	602	kN/m

Vento su Pila e Pulvino				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	18.80	18.8	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.77	2.77	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.60	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	4.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.53	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.6	74.7	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	62	119	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	2.20	16.60	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.75	1.59	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	74.7	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	32	119	kN
<b>Riepilogo</b>				
<b>Vento x</b>				
Pulvino	F	62	kN	
Pila	F	119	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.80	m	
Forza totale	F Tot	181	kN	
<b>Vento y</b>				
Pulvino	F	32	kN	
Pila	F	119	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	18.80	m	
Forza totale	F Tot	151	kN	

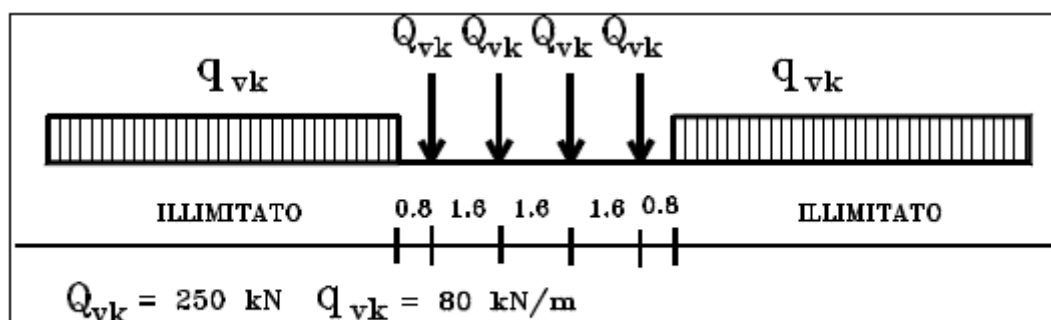
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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

##### ➤ Modello di carico LM71

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



*Treno di carico LM 71*

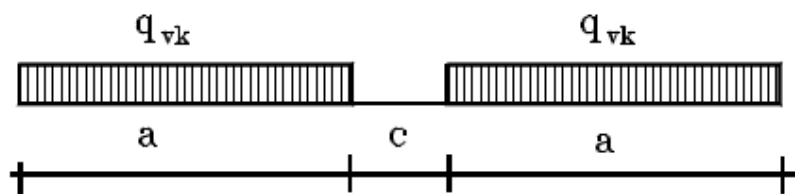
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

##### ➤ Modello di carico SW/2

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



*Treno di carico SW*



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

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

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

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

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

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub>	880	per Treno LM 71
Q <sub>lb,k</sub>	660	per Treno SW/0
Q <sub>lb,k</sub>	1155	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	880	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	660	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per SW/2	1155	kN

Avviamento		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>la,k</sub>	1452	per Treno LM 71
Q <sub>la,k</sub>	1089	per Treno SW/0
Q <sub>la,k</sub>	1089	per SW/2
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	1000	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	1000	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	26 di 52

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

Forza centrifuga sx

L	40	m
velocità di progetto	160	km/h
raggio planimetrico	750	m
f	0.80	Per V>120 km/h
f	1	Per V<120 km/h

L <sub>0</sub>	38	m
$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.092	


Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	235	Per V>120 km/h						
	182	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	235							
qtk	19	Per V>120 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h
	15	Per V<120 km/h						
qtk scelto	19							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	631	kN	qtk*Lcalc	503	kN	qtk*Lcalc	568	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	433	kN	FT= qtk*Lcalc /2	252		FT= qtk*Lcalc /2	284	

Forza centrifuga dx

L	40	m
velocità di progetto	160	km/h
raggio planimetrico	750	m
f	0.80	Per V>120 km/h
f	1	Per V<120 km/h

L <sub>0</sub>	38	m
$\sigma_3$ Coeff. Dinamico	1.092	

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	235	Per V>120 km/h						
	182	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	235							
qtk	19	Per V>120 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h
	15	Per V<120 km/h						
qtk scelto	19							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	631	kN	qtk*Lcalc	503	kN	qtk*Lcalc	568	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	433	kN	FT= qtk*Lcalc /2	252		FT= qtk*Lcalc /2	284	

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 05 001	REV. A

#### 4.6.7 Azione sismica

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

➤ Valori di progetto

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

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

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione casuale

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

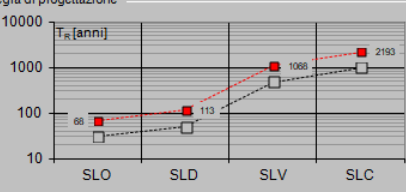
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametrizzazione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

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

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info       $S_B = 1.462$        $C_C = 1.289$  info

Categoria topografica **T1** info       $h/H = 1.000$        $S_T = 1.000$  info

(h: quota sito, H: altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

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

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$        Regol. in altezza **si** info

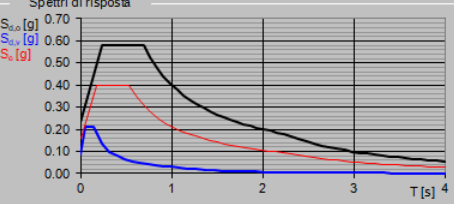
Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta_1 = 1.000$  info

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

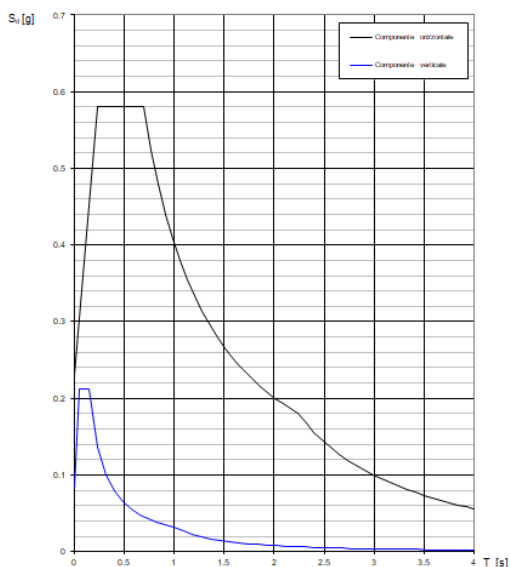
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_m$	0.158 g
$F_c$	2.511
$T_c^*$	0.538 s
$S_s$	1.462
$C_c$	1.289
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.462
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.693 s
$T_D$	2.232 s

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

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

I Fattori di struttura utilizzati sono:

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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	10881	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	4532	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	15413	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2176	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	11032	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	4532	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	15564	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2206	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	11032	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	4532	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp <sub>z</sub>	15564	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2206	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	20.13	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	20.13	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	15.90	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	212132779.6	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	212132779.6	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	27917144824	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.54	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.54	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.05	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.58	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.58	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.39	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.39	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.43	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.43	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.12	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.115498	

**Condizione Sismica - Taglienti Totali**

q=1.5


Tagliante direzione x	F x	5960	kN
Tagliante direzione y	F y	6018	kN
Tagliante direzione z	F z	1798	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	6573	kN
Tagliante direzione y	F y	6638	kN
Tagliante direzione z	F z	1798	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	8940	kN
Tagliante direzione y	F y	9028	kN
Tagliante direzione z	F z	1798	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 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 si 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	8932			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		181		0.00	0.00	18.80	0	3406
Vento su pila dir.y			151.2	0.00	0.00	18.80	2842	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	8932			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	10800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2475			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		181		0.00	0.00	21.80	0	3949
Vento su pila dir.y			151.2	0.00	0.00	21.80	3295	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		2495		0.00	0.00	1.50	0.00	3742
Plinto sisma y			2495	0.00	0.00	1.50	3742	0
Plinto sisma z	1247			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	286			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	26612	1242	2349	52716	24940	
A2 - SLU - MT max gr.1	25942	1144	2724	61659	23904	
A2 - SLU - ML max gr.1	24112	1383	937	20327	33156	
A2 - SLU - N max gr.3	26612	1964	1963	43483	41015	
A2 - SLU - MT max gr.3	25942	1769	2150	47916	37810	
A2 - SLU - ML max gr.3	24112	2104	728	15363	49218	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	20412	301	1439	30576	5798	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	20372	1242	2349	52716	24940	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	19702	1144	2724	61659	23904	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	17872	1383	937	20327	33156	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	20372	1964	1963	43483	41015	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	19702	1769	2150	47916	37810	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	17872	2104	728	15363	49218	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14172	301	1439	30576	5798	
A1 - SLU - N max gr.1	33525	1498	2775	62107	30032	
A1 - SLU - MT max gr.1	32747	1385	3210	72480	28831	
A1 - SLU - ML max gr.1	30625	1660	1144	24681	39547	
A1 - SLU - N max gr.3	33525	2337	2327	51397	48705	
A1 - SLU - MT max gr.3	32747	2111	2545	56539	44984	
A1 - SLU - ML max gr.3	30625	2499	902	18922	58204	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	26333	407	1719	36417	7827	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	21364	1498	2775	62107	30032	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	20587	1385	3210	72480	28831	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	18464	1660	1144	24681	39547	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	21364	2337	2327	51397	48705	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	20587	2111	2545	56539	44984	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	18464	2499	902	18922	58204	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	14172	301	1614	34387	5798	
SLE rara - N max gr.1	23932	1054	1907	42607	21111	
SLE rara - MT max gr.1	23396	976	2207	49761	20283	
SLE rara - ML max gr.1	21932	1162	810	17421	27603	
SLE rara - N max gr.3	23932	1632	1598	35221	33972	
SLE rara - MT max gr.3	23396	1476	1748	38767	31408	
SLE rara - ML max gr.3	21932	1739	643	13450	40452	
SLE rara - Vento ponte scarico	18972	301	1176	24858	5798	
SLE freq. - N max gr.1	22940	903	935	20733	18049	
SLE freq. - MT max gr.1	22511	841	1175	26456	17386	
SLE freq. - ML max gr.1	21340	903	708	15096	21607	
SLE freq. - N max gr.3	22940	1366	688	14824	28337	
SLE freq. - MT max gr.3	22511	1241	808	17661	26286	
SLE freq. - ML max gr.3	21340	1365	574	11919	31887	
SLE freq. - Vento ponte scarico	18972	301	663	13907	5798	
SLE quasi permanente	18972	301	301	5798	5798	
q = 1,5	SLV - N max	21764	2205	2115	45552	47065
q = 1,5	SLV - MT max gr.1	20397	2174	6389	137795	46552
q = 1,5	SLV - ML max gr.1	20104	6377	2058	44143	137859
q = 1,5	SLV - MT max gr.3	19317	2174	6389	137795	46552
q = 1,5	SLV - ML max gr.3	19024	6377	2058	44143	137859
q = 1,5	SLV - N min	18164	2205	2115	45552	47065
q = 1,36	SLV - N max	21764	2389	2301	49497	51032
q = 1,36	SLV - MT max gr.1	20397	2358	7009	151102	50519
q = 1,36	SLV - ML max gr.1	20104	6990	2244	48149	151081
q = 1,36	SLV - MT max gr.3	19317	2358	7009	151102	50519
q = 1,36	SLV - ML max gr.3	19024	6990	2244	48149	151081
q = 1,36	SLV - N min	18164	2389	2301	49497	51032
q = 1	SLV - N max	21764	3099	3018	65012	66331
q = 1	SLV - MT max gr.1	20397	3068	9399	202660	65818
q = 1	SLV - ML max gr.1	20104	9357	2961	63603	202078
q = 1	SLV - MT max gr.3	19317	3068	9399	202660	65818
q = 1	SLV - ML max gr.3	19024	9357	2961	63603	202078
q = 1	SLV - N min	18164	3099	3018	65012	66331

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

#### 4.7.1 Plinto di fondazione

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	40630	1242	2349	59763	28665	
A2 - SLU - MT max gr.1	39960	1144	2724	69830	27337	
A2 - SLU - ML max gr.1	38130	1383	937	23137	37304	
A2 - SLU - N max gr.3	40630	1964	1963	49371	46908	
A2 - SLU - MT max gr.3	39960	1769	2150	54367	43119	
A2 - SLU - ML max gr.3	38130	2104	728	17547	55531	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	34430	301	1439	34892	6702	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	31172	1242	2349	59763	28665	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	30502	1144	2724	69830	27337	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	28672	1383	937	23137	37304	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	31172	1964	1963	49371	46908	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	30502	1769	2150	54367	43119	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	28672	2104	728	17547	55531	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24972	301	1439	34892	6702	
A1 - SLU - N max gr.1	51817	1498	2775	70434	34525	
A1 - SLU - MT max gr.1	51040	1385	3210	82112	32985	
A1 - SLU - ML max gr.1	48917	1660	1144	28113	44527	
A1 - SLU - N max gr.3	51817	2337	2327	58379	55716	
A1 - SLU - MT max gr.3	51040	2111	2545	64174	51316	
A1 - SLU - ML max gr.3	48917	2499	902	21628	65700	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	44625	407	1719	41575	9047	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	32164	1498	2775	70434	34525	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	31387	1385	3210	82112	32985	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	29264	1660	1144	28113	44527	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	32164	2337	2327	58379	55716	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	31387	2111	2545	64174	51316	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	29264	2499	902	21628	65700	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24972	301	1614	39229	6702	
SLE rara - N max gr.1	37207	1054	1907	48328	24273	
SLE rara - MT max gr.1	36671	976	2207	56381	23210	
SLE rara - ML max gr.1	35207	1162	810	19850	31089	
SLE rara - N max gr.3	37207	1632	1598	40014	38867	
SLE rara - MT max gr.3	36671	1476	1748	44010	35835	
SLE rara - ML max gr.3	35207	1739	643	15378	45671	
SLE rara - Vento ponte scarico	32247	301	1176	28387	6702	
SLE freq.-N max gr.1	36215	903	935	23539	20758	
SLE freq.-MT max gr.1	35786	841	1175	29982	19909	
SLE freq.-ML max gr.1	34615	903	708	17221	24316	
SLE freq.-N max gr.3	36215	1366	688	16888	32434	
SLE freq.-MT max gr.3	35786	1241	808	20085	30009	
SLE freq.-ML max gr.3	34615	1365	574	13643	35981	
SLE freq.- Vento ponte scarico	32247	301	663	15897	6702	
SLE quasi permanente	32247	301	301	6702	6702	
q = 1.5						
SLV - N max	36573	2953	2864	53020	54802	
SLV - MT max gr.1	34132	2922	8884	160704	54196	
SLV - ML max gr.1	33839	8871	2807	51441	160731	
SLV - MT max gr.3	32132	2922	8884	160704	54196	
SLV - ML max gr.3	31839	8871	2807	51441	160731	
SLV - N min	29906	2953	2864	53020	54802	
q = 1.36						
SLV - N max	36573	3137	3049	57522	59321	
SLV - MT max gr.1	34132	3106	9504	175870	58714	
SLV - ML max gr.1	33839	9485	2993	56005	175793	
SLV - MT max gr.3	32132	3106	9504	175870	58714	
SLV - ML max gr.3	31839	9485	2993	56005	175793	
SLV - N min	29906	3137	3049	57522	59321	
q = 1						
SLV - N max	36573	3847	3767	75189	76750	
SLV - MT max gr.1	34132	3816	11894	234600	76143	
SLV - ML max gr.1	33839	11851	3710	73609	233890	
SLV - MT max gr.3	32132	3816	11894	234600	76143	
SLV - ML max gr.3	31839	11851	3710	73609	233890	
SLV - N min	29906	3847	3767	75189	76750	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	51817	1498	2775	70434	34525	9645	1870	350
Al - SLU - MT max gr.1	51040	1385	3210	82112	32985	9934	1408	388
Al - SLU - ML max gr.1	48917	1660	1144	28113	44527	8126	2745	224
Al - SLU - N max gr.3	51817	2337	2327	58379	55716	9983	1532	366
Al - SLU - MT max gr.3	51040	2111	2545	64174	51316	9949	1394	367
Al - SLU - ML max gr.3	48917	2499	902	21628	65700	8670	2201	295
Al - SLU - Vento ponte scarico	44625	407	1719	41575	9047	6833	3083	196
Al - SLU Gmin - N max gr.1	32164	1498	2775	70434	34525	7461	-314	350
Al - SLU Gmin - MT max gr.1	31387	1385	3210	82112	32985	7750	-775	388
Al - SLU Gmin - ML max gr.1	29264	1660	1144	28113	44527	5942	561	224
Al - SLU Gmin - N max gr.3	32164	2337	2327	58379	55716	7800	-652	366
Al - SLU Gmin - MT max gr.3	31387	2111	2545	64174	51316	7765	-790	367
Al - SLU Gmin - ML max gr.3	29264	2499	902	21628	65700	6486	17	295
Al - SLU Gmin - Vento ponte scarico	24972	301	1614	39229	6702	4476	1074	182
						9983	-790	388

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	36573	3847	3767	75189	76750	9691	-1564	598
SLV - MT max gr.1	34132	3816	11894	234600	76143	15301	-7717	1388
SLV - ML max gr.1	33839	11851	3710	73609	233890	15149	-7629	1380
SLV - MT max gr.3	32132	3816	11894	234600	76143	15079	-7939	1388
SLV - ML max gr.3	31839	11851	3710	73609	233890	14927	-7851	1380
SLV - N min	29906	3847	3767	75189	76750	8950	-2304	598
						15301	-7939	1388

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	36573	3137	3049	57522	59321	8391	-264	486
SLV - MT max gr.1	34132	3106	9504	175870	58714	12481	-4896	1111
SLV - ML max gr.1	33839	9485	2993	56005	175793	12345	-4825	1105
SLV - MT max gr.3	32132	3106	9504	175870	58714	12259	-5118	1111
SLV - ML max gr.3	31839	9485	2993	56005	175793	12123	-5047	1105
SLV - N min	29906	3137	3049	57522	59321	7650	-1005	486
						12481	-5118	1111

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

**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	37207	1054	1907	48328	24273	6823	1445	242
SLE rara - MT max gr.1	36671	976	2207	56381	23210	7022	1127	268
SLE rara - ML max gr.1	35207	1162	810	19850	31089	5799	2025	157
SLE rara - N max gr.3	37207	1632	1598	40014	38867	7056	1213	254
SLE rara - MT max gr.3	36671	1476	1748	44010	35835	7032	1117	254
SLE rara - ML max gr.3	35207	1739	643	15378	45671	6173	1651	206
SLE rara - Vento ponte scarico	32247	301	1176	28387	6702	4883	2283	135
						7056	1117	268

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	26612	1242	2349	52716	24940
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	24112	2104	728	15363	49218
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	25942	1144	2724	61659	23904
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	25942	1144	2724	61659	23904
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	24112	2104	728	15363	49218
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	33525	1498	2775	62107	30032
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	30625	2499	902	18922	58204
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	32747	1385	3210	72480	28831
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	32747	1385	3210	72480	28831
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	30625	2499	902	18922	58204
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	23932	1054	1907	42607	21111
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	21932	1739	643	13450	40452
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23396	976	2207	49761	20283
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	23396	976	2207	49761	20283
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	21932	1739	643	13450	40452
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	22940	903	935	20733	18049
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	22940	1366	688	14824	28337
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22511	841	1175	26456	17386
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	22511	841	1175	26456	17386
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	21340	1365	574	11919	31887
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	18972	301	301	5798	5798
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21764	2205	2115	45552	47065
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	6377	2058	44143	137859
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	2174	6389	137795	46552
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	2174	6389	137795	46552
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	6377	2058	44143	137859
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21764	2389	2301	49497	51032
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	6990	2244	48149	151081
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	2358	7009	151102	50519
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	2358	7009	151102	50519
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	6990	2244	48149	151081
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21764	3099	3018	65012	66331
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	9357	2961	63603	202078
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	3068	9399	202660	65818
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	20397	3068	9399	202660	65818
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	20104	9357	2961	63603	202078

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	40630	1242	2349	59763	28665
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	38130	2104	728	17547	55531
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	39960	1144	2724	69830	27337
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	39960	1144	2724	69830	27337
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	38130	2104	728	17547	55531
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	51817	1498	2775	70434	34525
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	48917	2499	902	21628	65700
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	51040	1385	3210	82112	32985
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	51040	1385	3210	82112	32985
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	48917	2499	902	21628	65700
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	37207	1054	1907	48328	24273
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	35207	1739	643	15378	45671
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	36671	976	2207	56381	23210
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	36671	976	2207	56381	23210
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	35207	1739	643	15378	45671
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	36215	903	935	23539	20758
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	36215	1366	688	16888	32434
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	35786	841	1175	29982	19909
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	35786	841	1175	29982	19909
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	34615	1365	574	13643	35981
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	32247	301	301	6702	6702
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	36573	2953	2864	53020	54802
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	8871	2807	51441	160731
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	2922	8884	160704	54196
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	2922	8884	160704	54196
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	8871	2807	51441	160731
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	36573	3137	3049	57522	59321
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	9485	2993	56005	175793
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	3106	9504	175870	58714
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	3106	9504	175870	58714
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	9485	2993	56005	175793
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	36573	3847	3767	75189	76750
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	11851	3710	73609	233890
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	3816	11894	234600	76143
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	34132	3816	11894	234600	76143
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	33839	11851	3710	73609	233890

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	39 di 52

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	21.6	21.6	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	9357	9399	kN
Momento agente (q=1)	M	202078	202660	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	6377	6389	kN
Momento agente (con q)	MEd	137859	137795	kN*m
Momento Resistente	MRd	140547	140159	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.02	1.02	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	9357	9399	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	6501	6499	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	6501	6499	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	0.78	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.00	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	6501	6499	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.00	1.00	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**V112 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	40 di 52

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 225.0 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	215.0	120	30
2	0.0	0.0	205.0	120	30

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 3.4 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	33525.00	30032.00	62107.00	0.00	0.00
2	30625.00	58204.00	18922.00	0.00	0.00
3	32747.00	28831.00	72480.00	0.00	0.00
4	32747.00	28831.00	72480.00	0.00	0.00
5	30625.00	58204.00	18922.00	0.00	0.00
6	21764.00	47065.00	45552.00	0.00	0.00
7	20104.00	137859.00	44143.00	6501.00	0.00
8	20397.00	46552.00	137795.00	0.00	6499.00
9	20397.00	46552.00	137795.00	0.00	0.00
10	20104.00	137859.00	44143.00	0.00	0.00

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	41 di 52

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	23932.00	42607.00	21111.00
2	21932.00	13450.00	40452.00
3	23396.00	49761.00	20283.00
4	23396.00	49761.00	20283.00
5	21932.00	13450.00	40452.00

**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	22940.00	20733.00 (55448.65)	18049.00 (48270.52)
2	22940.00	14824.00 (29615.32)	28337.00 (56611.53)
3	22511.00	26456.00 (53023.23)	17386.00 (34845.10)
4	22511.00	26456.00 (53023.23)	17386.00 (34845.10)
5	21340.00	11919.00 (20317.02)	31887.00 (54354.29)

**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	18972.00	5798.00 (0.00)	5798.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.5 cm

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	42 di 52

My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	33525.00	30032.00	62107.00	33524.96	70928.92	146689.95	2.361696.5(477.1)	
2	S	30625.00	58204.00	18922.00	30624.78	151956.69	49400.83	2.611696.5(477.1)	
3	S	32747.00	28831.00	72480.00	32747.05	59912.03	150630.25	2.081696.5(477.1)	
4	S	32747.00	28831.00	72480.00	32747.05	59912.03	150630.25	2.081696.5(477.1)	
5	S	30625.00	58204.00	18922.00	30624.78	151956.69	49400.83	2.611696.5(477.1)	
6	S	21764.00	47065.00	45552.00	21763.90	107485.21	104032.93	2.281696.5(477.1)	
7	S	20104.00	137859.00	44143.00	20103.76	140547.19	45005.86	1.021696.5(477.1)	
8	S	20397.00	46552.00	137795.00	20397.02	47337.58	140159.62	1.021696.5(477.1)	
9	S	20397.00	46552.00	137795.00	20397.02	47337.58	140159.62	1.021696.5(477.1)	
10	S	20104.00	137859.00	44143.00	20103.76	140547.19	45005.86	1.021696.5(477.1)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	202.6	159.1	0.00323	191.6	97.6	-0.00830	-191.6	-97.6
2	0.00350	69.6	104.3	0.00322	66.4	204.5	-0.00864	-66.4	-204.5
3	0.00350	209.1	188.0	0.00323	200.7	77.0	-0.00839	-200.7	-77.0
4	0.00350	209.1	188.0	0.00323	200.7	77.0	-0.00839	-200.7	-77.0
5	0.00350	69.6	78.8	0.00322	66.4	204.5	-0.00864	-66.4	-204.5
6	0.00350	156.5	161.7	0.00320	152.0	152.0	-0.00979	-152.0	-152.0
7	0.00350	68.6	214.3	0.00319	66.4	204.5	-0.01004	-66.4	-204.5
8	0.00350	213.2	72.0	0.00319	204.5	66.4	-0.00999	-204.5	-66.4
9	0.00350	213.2	72.0	0.00319	204.5	66.4	-0.00999	-204.5	-66.4
10	0.00350	68.6	214.3	0.00319	66.4	204.5	-0.01004	-66.4	-204.5

**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	0.000024149	0.000011677	-0.002535311	----	----
2	0.000008527	0.000026229	-0.002705513	----	----
3	0.000025108	0.000009987	-0.002579849	----	----
4	0.000025108	0.000009987	-0.002579849	----	----
5	0.000008527	0.000026229	-0.002705513	----	----
6	0.000021012	0.000021710	-0.003298077	----	----
7	0.000009383	0.000029303	-0.003422922	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	43 di 52

8	0.000029054	0.000009815	-0.003400139	----	----
9	0.000029054	0.000009815	-0.003400139	----	----
10	0.000009383	0.000029303	-0.003422922	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 3.4 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.[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	70191.30	11979.05380.3	339.1	396.0	1.000	1.112	0.0	90.3(0.0)
2	S	0.00	69499.42	12055.79381.3	341.4	392.9	1.000	1.102	0.0	90.3(0.0)
3	S	0.00	70108.43	11990.42380.3	339.5	396.0	1.000	1.110	0.0	90.3(0.0)
4	S	0.00	70108.43	11990.42380.3	339.5	396.0	1.000	1.110	0.0	90.3(0.0)
5	S	0.00	69499.42	12055.79381.3	341.4	392.9	1.000	1.102	0.0	90.3(0.0)
6	S	0.00	67523.74	12286.11383.8	347.9	385.0	1.000	1.073	0.0	90.3(0.0)
7	S	6191.34	67128.90	12328.78384.3	349.1	383.4	1.000	1.067	45.3	90.3(0.0)
8	S	6157.13	67160.97	12324.32384.3	349.0	383.3	1.000	1.068	45.1	90.3(0.0)
9	S	0.00	67160.97	12324.32384.3	349.0	383.3	1.000	1.068	0.0	90.3(0.0)
10	S	0.00	67128.90	12328.78384.3	349.1	383.4	1.000	1.067	0.0	90.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.81	99.9	0.0	-93.8	-97.6	-191.6	12298	410.0
2	S	6.10	213.5	0.0	-82.0	-204.5	-66.4	12167	410.0
3	S	7.75	84.9	0.0	-122.7	-77.0	-200.7	12914	438.3
4	S	7.75	84.9	0.0	-122.7	-77.0	-200.7	12914	438.3
5	S	6.10	213.5	0.0	-82.0	-204.5	-66.4	12167	410.0

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	44 di 52

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00049	0	0.500	30.0	85	0.00028 (0.00028)	442	0.124 (0.20)	46201.90	22892.21
2	S	-0.00043	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	440	0.108 (0.20)	16434.08	49426.88
3	S	-0.00064	0	0.500	30.0	85	0.00037 (0.00037)	439	0.162 (0.20)	44993.32	18339.65
4	S	-0.00064	0	0.500	30.0	85	0.00037 (0.00037)	439	0.162 (0.20)	44993.32	18339.65
5	S	-0.00043	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	440	0.108 (0.20)	16434.08	49426.88

**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	3.93	147.7	0.0	-24.8	-143.9	-159.8	8396	303.9
2	S	4.54	199.4	0.0	-38.4	-191.6	-97.6	9946	339.3
3	S	4.49	123.6	0.0	-38.6	-117.1	-180.3	10017	339.3
4	S	4.49	123.6	0.0	-38.6	-117.1	-180.3	10017	339.3
5	S	4.84	210.8	0.0	-50.7	-200.7	-77.0	10996	367.6

**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	-0.00013	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	430	0.032 (0.20)	55448.65	48270.52
2	S	-0.00020	0	0.500	30.0	85	0.00012 (0.00012)	438	0.050 (0.20)	29615.32	56611.53
3	S	-0.00020	0	0.500	30.0	85	0.00012 (0.00012)	440	0.051 (0.20)	53023.23	34845.10
4	S	-0.00020	0	0.500	30.0	85	0.00012 (0.00012)	440	0.051 (0.20)	53023.23	34845.10
5	S	-0.00027	0	0.500	30.0	85	0.00015 (0.00015)	442	0.067 (0.20)	20317.02	54354.29

**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	1.75	159.1	0.0	5.2	-152.0	-152.0	----	----

**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 :

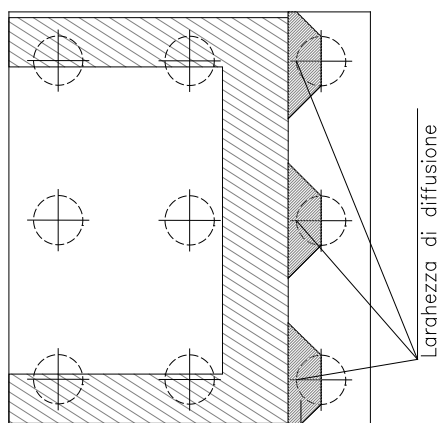
$$N_{\max} = 9983 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 12481 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1111 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

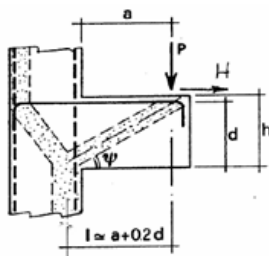


**Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila**

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.

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

$P_r$  : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	47 di 52

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>5.30</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>12481.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1111.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>4.30</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>2.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>4.88</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.87</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

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

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>24.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	<b>23976.61</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>24.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	<b>23976.61</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>1</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>24.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	53.0	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	23976.61	$A_{\phi} \text{ CAL}(mm^2) =$	<b>23976.61</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

#### 4.9.3 Palo di fondazione $L=35.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.34 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 15301 \text{ kN} \quad T = 1388 \text{ kN} \quad M = 1388 * 3.34 = 4636 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -7939 \text{ kN} \quad T = 1388 \text{ kN} \quad M = 1388 * 3.34 = 4636 \text{ kNm}$$

$$N = -7939 \text{ kN} \quad T = 1388 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1388 * 3.34 = 4636 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

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

$$A_s = 40+40 \varnothing 26 \quad \text{staffe } \varnothing 14/15$$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <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**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	49 di 52

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	40	26
2	0.0	0.0	59.0	40	26

#### ARMATURE A TAGLIO

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	15301.00	4636.00	0.00	1388.00	0.00
2	-7939.00	4636.00	0.00	1388.00	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	7056.00	896.00	0.00
2	1117.00	896.00	0.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	50 di 52

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	5851.00	929.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	2008.00	929.00 (2283.24)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	15301.00	4636.00	0.00	15301.14	9167.19	0.00	1.98	424.7(53.0)
2	S	-7939.00	4636.00	0.00	-7938.98	5023.80	0.00	1.08	424.7(53.0)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00311	0.0	65.0	-0.00194	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00217	0.0	65.0	-0.01516	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.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	51 di 52

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038833	0.000587557	----	----
2	0.000000000	0.000133271	-0.006495344	----	----

### 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] = 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.[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	1388.00	2781.61	3345.88117.5	87.4	134.3	2.500	0.971	16.2	39.2(0.0)
2	S	1388.00	3246.52	4516.01127.9	117.9	112.8	2.500	1.000	12.0	39.2(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [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	4.74	0.0	0.0	20.5	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.73	0.0	0.0	-33.3	0.0	-65.0	1881	84.9

### 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  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO PILE 1/6

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 05 001	A	52 di 52

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	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00019	0	0.500	26.0	87	0.00010 (0.00010)	394	0.039 (0.20)	1704.72	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	4.31	0.0	0.0	12.1	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.95	0.0	0.0	-19.1	0.0	-65.0	1153	53.1

**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	-0.00012	0	0.500	26.0	87	0.00006 (0.00006)	392	0.022 (0.20)	2283.24	0.00