

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

### NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

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

### PROGETTO DEFINITIVO

### TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario

Relazione di calcolo Pila

SCALA:

-
---

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

RS3V    40    D    09    CL    VI0505    001    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Dicembre 2019	A.Ferri	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	A. Fittozzi	Marzo 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Marzo 2020	A.Ferri	Marzo 2020	F. Sparacino	Marzo 2020		

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

File: RS3V40D09CLVI0505001B.docx

n. Ela:

895

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	8
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	9
4.1	GENERALITÀ .....	9
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	14
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	21
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	22
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	22
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	24
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	28

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	3 di 52

4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	28
4.7	SOLLECITAZIONI.....	30
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	31
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	32
4.8.1	<i>Scalzamento</i> .....	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	35
4.9.1	<i>Pila</i> .....	38
4.9.2	<i>Pozzo</i> .....	44
4.9.3	<i>Escursione Longitudinale, giunti e varchi</i> .....	44
4.9.4	<i>Ritegni sismici, baggioli, pulvini</i> .....	48
5	SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE .....	52

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI05** della tratta ferroviaria Nuova Enna – Dittaino, viadotto ferroviario previsto nell’ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila** che presenta **l’altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

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

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell’opera

Il viadotto VI05 attraversa il fiume Dittaino ed è costituito da due campate con pila centrale in alveo.

Il viadotto è previsto a doppio binario dal km 14+672 (asse giunto spalla A) al km 14+812 per uno sviluppo complessivo di 140.00 m ed è costituito da 2 campate a struttura reticolare in acciaio da 70 m, per poter rispettare il franco idraulico.

La campata da 70 m è realizzata con struttura in acciaio a via inferiore con armamento su ballast, è del tipo “a maglia triangolare” a via inferiore chiusa superiormente con altezza baricentrica pari a 12.00 m, interasse delle pareti di 9.94 m ed ampiezza della cassetta pari a 800mm. L’impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con nervature saldate a T e da traversi in composizione saldata, le nervature verranno vincolate all’estradosso dei traversi tramite bullonature. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 2789mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti sia ricavati da profili laminati che in composizione saldata. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 8.8 a taglio. Gli apparecchi d’appoggio saranno del tipo ad acciaio-teflon.

La pila, in c.a., presenta un fusto a sezione circolare piena di 4.50 m.

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

La larghezza dell’impalcato fuori tutto è pari a 13.38 m

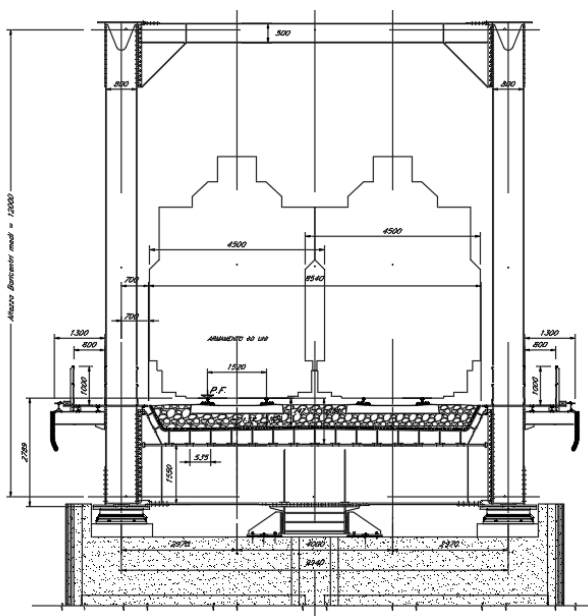


Figura 1 - Sezione trasversale campata di L=70 m

## 1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Per la fondazione della pila del *Viadotto - VI05*, è prevista una fondazione a pozzo il cui dimensionamento è trattato nella specifica relazione di calcolo sulle fondazioni.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B	FOGLIO 6 di 52

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1] **D.M. del 17 gennaio 2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni;**
- [N2] **C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";**
- [N3] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 C: Manuale di progettazione delle Opere Civili. Emissione per applicazione del 21/12/2018;**
- [N4] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;**

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- [N5] **STI 2014 – REGOLAMENTO UE N.1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;**

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

➤ Calcestruzzo pali di fondazione, cordoli, opere provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

➤ Calcestruzzo fondazioni armate

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm (\*\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

- 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 ELETTROSALDATE  
B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :
- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
  - $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

 <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>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B

### 3.1 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2019", ovvero:

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$ .

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

**Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali**

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$



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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione circolare di diametro 4.50m, una altezza complessiva di 6.10m.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x 12.80m ed altezza 2.20m.

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, 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  $G_2$ .

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	12 di 52

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3V 40 D 09 CL VI 05 05 001 B 13 di 52

	Azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3V 40 D 09 CL VI 05 05 001 B 14 di 52

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{sp}$	1.30	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	10.40	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	12.80	m
Area Sezione		67.84	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	6.10	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	$L_f$	16.50	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
$S_s$		1.490	
$a_g$		0.134	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.199	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

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

Impalcato (sx)			
N° Binari		<b>2</b>	
Lunghezza	L	<b>70</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>143</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>164</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>	2502.5	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	2870.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		<b>2</b>	
Lunghezza	L	<b>70</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>143</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>164</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>	2502.5	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	2870.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	17 di 52

sx										
RETICOLARE 70 ML DOPPIO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.700	5	3045	2728	1.1	1	1.00	3350	2728	
2	0.300	-5	3045	2728	1.1	1	1.00	3350	2728	
dx										
RETICOLARE 70 ML DOPPIO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.700	5	3045	3115	1.1	1	1.00	3350	3115	
2	0.300	-5	3045	3115	1.1	1	1.00	3350	3115	
dx ML max										
RETICOLARE 70 ML DOPPIO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	$\alpha$ LM71	$\alpha$ SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.700	5	3343	4465	1.1	1	1.00	3677	4465	
2	0.300	-5	3343	4465	1.1	1	1.00	3677	4465	

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	2503			2503			0.00
Permanenti G2	2870			2870			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	2914			3163			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		2.30
Comb. Nmax Q centrifuga			298			298	4.10
Comb. Nmax Q serpeggio			27			27	2.30
Comb. MTmax Qv	2345			1005			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		2.30
Comb. MTmax Q centrifuga			185			185	4.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	2.30
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		2.30
Comb. MLmax Q centrifuga							4.10
Comb. MLmax Q serpeggio						0	2.30
Vento Ponte Scarico			121			121	2.30
Vento Ponte Carico			307			307	4.30
Attrito permanente		161	161		161	161	0.00
Attrito carichi mobili		87	87		95	95	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						5.00
	Sisma trasversale			2480		2480	5.00
	Sisma verticale	710			710		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0			0	5.00
	Sisma trasversale			2735		2735	5.00
	Sisma verticale	710			710		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0			0	5.00
	Sisma trasversale			3720		3720	5.00
	Sisma verticale	710			710		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	2503			2503			0.00
Permanenti G2	2870			2870			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	3185			3279			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		1375			1375		2.30
Comb. Nmax Q centrifuga			298			298	4.10
Comb. Nmax Q serpeggio			27			27	2.30
Comb. MTmax Qv	2345			1005			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		875			875		2.30
Comb. MTmax Q centrifuga			185			185	4.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	2.30
Comb. MLmax Qv	4229			3914			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		1375			1375		2.30
Comb. MLmax Q centrifuga			298			298	4.10
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	2.30
Vento Ponte Scarico			121			121	2.30
Vento Ponte Carico			307			307	4.30
Attrito permanente		161	161		161	161	0.00
Attrito carichi mobili		127	127		117	117	0.00
Sisma longitudinale		4974			4974		5.00
Sisma trasversale			2480			2480	5.00
Sisma verticale	710			710			0.00
Sisma longitudinale		5486			5486		5.00
Sisma trasversale			2735			2735	5.00
Sisma verticale	710			710			0.00
Sisma longitudinale		7461			7461		5.00
Sisma trasversale			3720			3720	5.00
Sisma verticale	710			710			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	12	12	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.47	2.47	
Larghezza impalcato	b	13.4	13.4	m
Altezza impalcato	h1	2.2	2.9	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	3.7	6.9	m
Rapporto di forma	b/dtot	3.62	1.94	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.41	1.92	
<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.47	2.47	
Coefficiente di forza	cfx	1.41	1.92	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.7	6.9	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	6.9	17.5	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.87	2.54	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	6.9	17.5	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	6.9	6.9	kN/m
Luce impalcato	L	70	70	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	242	242	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	17.5	17.5	kN/m
Luce impalcato	L	70	70	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	613	613	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	20 di 52

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	8.30	8.3	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.24	2.24		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.20	6.10	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	12.80	4.50	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m	
Rapporto di forma	d/b	0.41	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.23	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.67	1.29	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	28.16	27.45	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	75	35	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.20	6.10	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	12.8	4.5	m	
Rapporto di forma	d/b	2.42	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.52	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.82	1.29	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	11.66	27.45	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	21	35	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	75	kN		
Pila	F	35	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.30	m		
Forza totale	F Tot	111	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	21	kN		
Pila	F	35	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.30	m		
Forza totale	F Tot	57	kN		

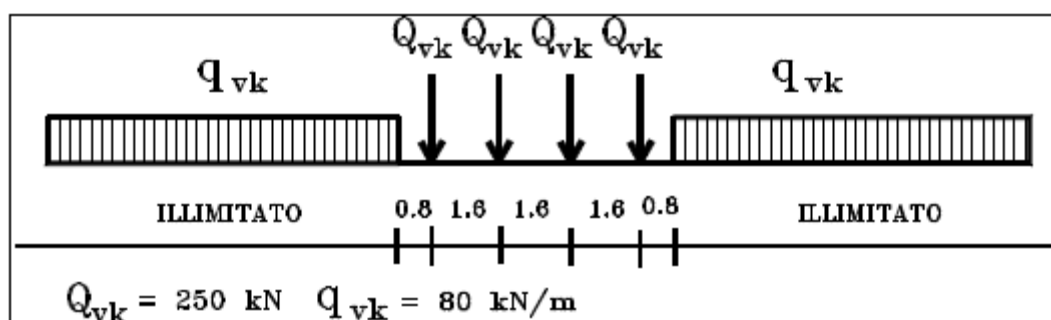
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 2018 (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*

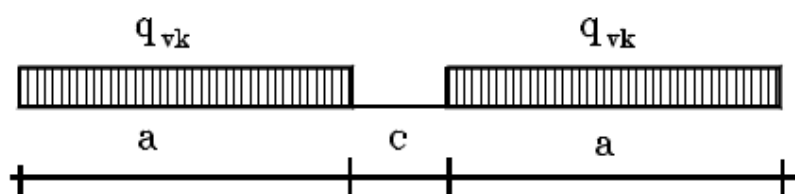
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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 2018 (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 17.1.2018 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	70	m
Lcalc	70	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	50	per SW/2
Qlb,k	1540	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1750	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	1540	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1750	kN

Avviamento		
L	70	m
Lcalc	70	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	50	per SW/2
Qla,k	2541	per Treno LM 71
Qla,k	1089	per Treno SW/0
Qla,k	1650	per SW/2
Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	1000	kN
Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	23 di 52

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

Forza centrifuga sx


L	70	m	L <sub>0</sub>	68.25	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.000	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.78	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	121	Per V>120 km/h						
	96	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	121							
qtk	10	Per V>120 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	10							
L calc= L-6.4m	63.6	m	L calc	30	m	L calc	50	m
qtk*Lcalc	617	kN	qtk*Lcalc	266	kN	qtk*Lcalc	454	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	369	kN	FT= qtk*Lcalc /2	133		FT= qtk*Lcalc /2	227	

Forza centrifuga dx

L	70	m	L <sub>0</sub>	68.25	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.000	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.78	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	$\alpha$	1.1		$\alpha$	1	
$\alpha$	1	Per V>120 km/h						
$\alpha$	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	121	Per V>120 km/h						
	96	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	121							
qtk	10	Per V>120 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h	qtk	9	Per V=100 km/h
	8	Per V<120 km/h						
qtk scelto	10							
L calc= L-6.4m	63.6	m	L calc	30	m	L calc	50	m
qtk*Lcalc	617	kN	qtk*Lcalc	266	kN	qtk*Lcalc	454	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	369	kN	FT= qtk*Lcalc /2	133		FT= qtk*Lcalc /2	227	

 <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>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B

#### 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. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

➤ Valori di progetto

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

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

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 
LATITUDINE:

Ricerca per comune
 REGIONE: 
PROVINCIA: 
COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

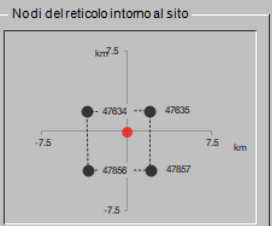
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Noi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**


Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

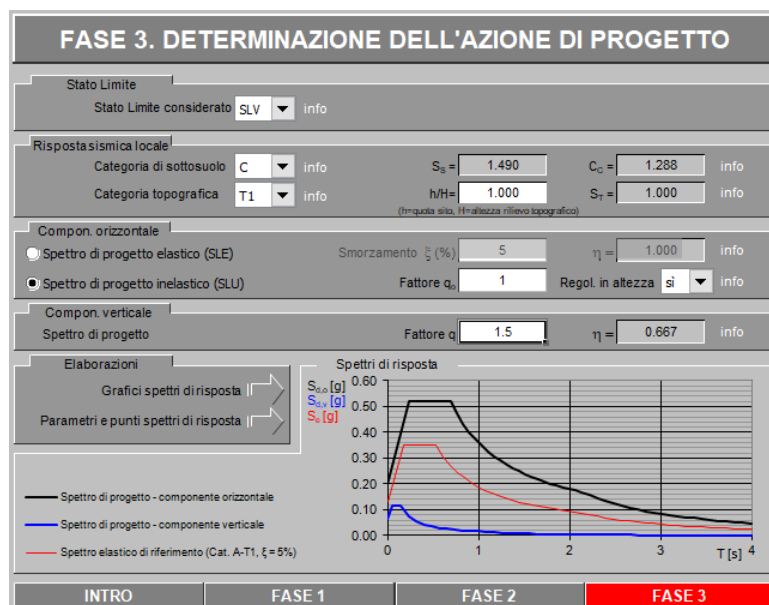
I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.



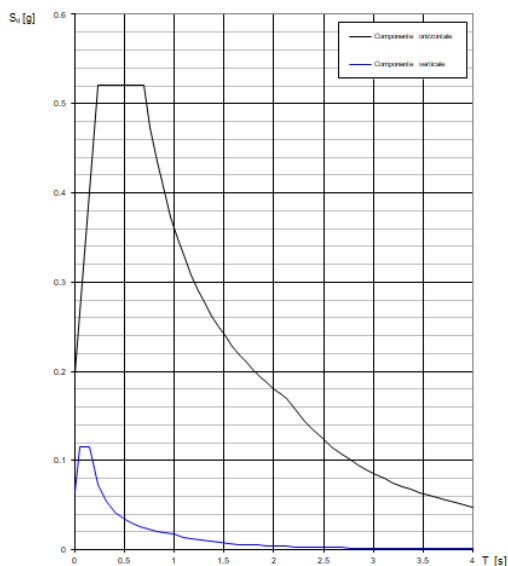


L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

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



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



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.133 g
$F_n$	2.620
$T_c^*$	0.539 s
$S_s$	1.490
$C_c$	1.288
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.490
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_c$	0.694 s
$T_D$	2.133 s

➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, 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
- Per l'azione sismica verticale si adotta  $q=1$

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	24076	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	4540	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	28615	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	4815	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	23998	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	4540	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	28538	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	4800	kN
Verifica requisito dir. Y		si	
Massa sismica impalcato dir. z	mi <sub>z</sub>	23998	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	4540	kN
Massa complessiva dir. Z	mi <sub>z</sub> + mp <sub>z</sub>	28538	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi <sub>z</sub> /5	4800	kN
Verifica requisito dir. Z		si	

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>	847032795.1	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	847032795.1	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	63234014782	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.37	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.36	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.52	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.52	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1.5</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.35	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.35	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1.36</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.38	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.38	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.5	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.5	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.099532	

Condizione Sismica - Taglianti Totali			
<b>q=1.5</b>			
Tagliante direzione x	F x	9949	kN
Tagliante direzione y	F y	9923	kN
Tagliante direzione z	F z	2840	kN
<b>q=1.36</b>			
Tagliante direzione x	F x	10974	kN
Tagliante direzione y	F y	10944	kN
Tagliante direzione z	F z	2840	kN
<b>q=1</b>			
Tagliante direzione x	F x	14924	kN
Tagliante direzione y	F y	14884	kN
Tagliante direzione z	F z	2840	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3V</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 05 05 001	REV. B

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	29 di 52

**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	6157			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		111		0.00	0.00	8.30	0	918
Vento su pila dir. y			56.6	0.00	0.00	8.30	470	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	6157			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	14850			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	3555			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		111		0.00	0.00	11.30	0	1249
Vento su pila dir. y			56.6	0.00	0.00	11.30	639	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		2956		0.00	0.00	1.50	0.00	4434
Plinto sisma y			2956	0.00	0.00	1.50	4434	0
Plinto sisma z	1478			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	354			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	46767	2897	3805	44864	32342
		A2 - SLU - MT max gr.1	39466	2272	3167	55155	24324
		A2 - SLU - ML max gr.1	41269	2983	1985	24227	44692
		A2 - SLU - N max gr.3	46767	4615	2992	33855	52795
		A2 - SLU - MT max gr.3	39466	3365	2674	48447	37340
		A2 - SLU - ML max gr.3	41269	4702	1582	18752	65145
		A2 - SLU - Vento ponte scarico	31091	645	1347	14287	6189
		A2 - SLU Gmin - N max gr.1	31843	2897	3805	44864	32342
		A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	24542	2272	3167	55155	24324
		A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	26345	2983	1985	24227	44692
		A2 - SLU Gmin - N max gr.3	31843	4615	2992	33855	52795
		A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	24542	3365	2674	48447	37340
		A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	26345	4702	1582	18752	65145
		A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	16167	645	1347	14287	6189
		A1 - SLU - N max gr.1	57229	3483	4530	53134	38693
		A1 - SLU - MT max gr.1	48760	2758	3791	65071	29392
		A1 - SLU - ML max gr.1	50852	3582	2426	29280	53014
		A1 - SLU - N max gr.3	57229	5479	3588	40363	62451
		A1 - SLU - MT max gr.3	48760	4028	3218	57290	44511
		A1 - SLU - ML max gr.3	50852	5579	1957	22928	76772
		A1 - SLU - Vento ponte scarico	39045	870	1681	17699	8355
		A1 - SLU Gmin - N max gr.1	34351	3483	4530	53134	38693
		A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	25882	2758	3791	65071	29392
		A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	27974	3582	2426	29280	53014
		A1 - SLU Gmin - N max gr.3	34351	5479	3588	40363	62451
		A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	25882	4028	3218	57290	44511
		A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	27974	5579	1957	22928	76772
		A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	16167	645	1456	15533	6189
		SLE rara - N max gr.1	40188	2446	3142	36708	27111
		SLE rara - MT max gr.1	34347	1946	2632	44941	20697
		SLE rara - ML max gr.1	35790	2513	1717	20620	36969
		SLE rara - N max gr.3	40188	3821	2492	27901	43474
		SLE rara - MT max gr.3	34347	2821	2237	39574	31109
		SLE rara - ML max gr.3	35790	3888	1394	16240	53332
		SLE rara - Vento ponte scarico	27647	645	1185	12418	6189
		SLE freq. - N max gr.1	35171	1726	1681	18187	18742
		SLE freq. - MT max gr.1	33007	1686	1618	28772	17795
		SLE freq. - ML max gr.1	32532	1726	1288	14847	24327
		SLE freq. - N max gr.3	35171	2551	1291	12902	28560
		SLE freq. - MT max gr.3	33007	2386	1302	24479	26125
		SLE freq. - ML max gr.3	32532	2551	1094	12219	34144
		SLE freq. - Vento ponte scarico	27647	645	887	9069	6189
		SLE quasi permanente	27647	645	645	6189	6189
q = 1.5	SLV - N max	32995	3942	3644	50543	54124	
	SLV - MT max gr.1	29839	3742	10486	153572	51651	
	SLV - ML max gr.1	30127	10906	3513	49430	157654	
	SLV - MT max gr.3	28135	3742	10486	153572	51651	
	SLV - ML max gr.3	28423	10906	3513	49430	157654	
SLV - N min	27315	3942	3644	50543	54124		
q = 1.36	SLV - N max	32995	4249	3950	55265	58609	
	SLV - MT max gr.1	29839	4049	11507	167141	56136	
	SLV - ML max gr.1	30127	11930	3819	53903	172605	
	SLV - MT max gr.3	28135	4049	11507	167141	56136	
	SLV - ML max gr.3	28423	11930	3819	53903	172605	
SLV - N min	27315	4249	3950	55265	58609		
q = 1	SLV - N max	32995	5434	5132	72268	75910	
	SLV - MT max gr.1	29839	5234	15446	225988	73437	
	SLV - ML max gr.1	30127	15880	5001	71155	230274	
	SLV - MT max gr.3	28135	5234	15446	225988	73437	
	SLV - ML max gr.3	28423	15880	5001	71155	230274	
SLV - N min	27315	5434	5132	72268	75910		

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	66238	2897	3805	56279	41032	
A2 - SLU - MT max gr.1	58937	2272	3167	64657	31139	
A2 - SLU - ML max gr.1	60741	2983	1985	30184	53640	
A2 - SLU - N max gr.3	66238	4615	2992	42832	66641	
A2 - SLU - MT max gr.3	58937	3365	2674	56468	47436	
A2 - SLU - ML max gr.3	60741	4702	1582	23497	79250	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	50562	645	1347	18330	8123	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	46693	2897	3805	56279	41032	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	39392	2272	3167	64657	31139	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	41195	2983	1985	30184	53640	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	46693	4615	2992	42832	66641	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	39392	3365	2674	56468	47436	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	41195	4702	1582	23497	79250	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	31017	645	1347	18330	8123	
A1 - SLU - N max gr.1	82609	3483	4530	66725	49141	
A1 - SLU - MT max gr.1	74140	2758	3791	76443	37665	
A1 - SLU - ML max gr.1	76232	3582	2426	36556	63760	
A1 - SLU - N max gr.3	82609	5479	3588	51126	78888	
A1 - SLU - MT max gr.3	74140	4028	3218	66943	56595	
A1 - SLU - ML max gr.3	76232	5579	1957	28800	93508	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	64425	870	1681	22743	10966	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	49201	3483	4530	66725	49141	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	40732	2758	3791	76443	37665	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	42824	3582	2426	36556	63760	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	49201	5479	3588	51126	78888	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	40732	4028	3218	66943	56595	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	42824	5579	1957	28800	93508	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	31017	645	1456	19900	8123	
SLE rara - N max gr.1	58593	2446	3142	46135	34450	
SLE rara - MT max gr.1	52752	1946	2632	52837	26536	
SLE rara - ML max gr.1	54195	2513	1717	25772	44507	
SLE rara - N max gr.3	58593	3821	2492	35377	54938	
SLE rara - MT max gr.3	52752	2821	2237	46285	39573	
SLE rara - ML max gr.3	54195	3888	1394	20422	64994	
SLE rara - Vento ponte scarico	46052	645	1185	15974	8123	
SLE freq. - N max gr.1	53576	1726	1681	23229	23919	
SLE freq. - MT max gr.1	51412	1686	1618	33626	22853	
SLE freq. - ML max gr.1	50937	1726	1288	18712	29504	
SLE freq. - N max gr.3	53576	2551	1291	16774	36212	
SLE freq. - MT max gr.3	51412	2386	1302	28385	33283	
SLE freq. - ML max gr.3	50937	2551	1094	15503	41796	
SLE freq. - Vento ponte scarico	46052	645	887	11729	8123	
SLE quasi permanente	46052	645	645	8123	8123	
SLV - N max	53232	4829	4531	62805	67280	
SLV - MT max gr.1	48793	4629	13442	189463	64207	
SLV - ML max gr.1	49082	13862	4400	61299	194805	
SLV - MT max gr.3	45990	4629	13442	189463	64207	
SLV - ML max gr.3	46279	13862	4400	61299	194805	
SLV - N min	43888	4829	4531	62805	67280	
SLV - N max	53232	5136	4837	68445	72687	
SLV - MT max gr.1	48793	4936	14463	206096	69614	
SLV - ML max gr.1	49082	14886	4706	66691	212828	
SLV - MT max gr.3	45990	4936	14463	206096	69614	
SLV - ML max gr.3	46279	14886	4706	66691	212828	
SLV - N min	43888	5136	4837	68445	72687	
SLV - N max	53232	6321	6019	88993	93543	
SLV - MT max gr.1	48793	6121	18402	276759	90470	
SLV - ML max gr.1	49082	18836	5888	87488	282347	
SLV - MT max gr.3	45990	6121	18402	276759	90470	
SLV - ML max gr.3	46279	18836	5888	87488	282347	
SLV - N min	43888	6321	6019	88993	93543	

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradesso del baricentro fondazione

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	82609	3483	4530	66725	49141	9732	4036	476
AI - SLU - MT max gr.1	74140	2758	3791	76443	37665	8923	3433	391
AI - SLU - ML max gr.1	76232	3582	2426	36556	63760	8936	3769	361
AI - SLU - N max gr.3	82609	5479	3588	51126	78888	10212	3557	546
AI - SLU - MT max gr.3	74140	4028	3218	66943	56595	9238	3119	430
AI - SLU - ML max gr.3	76232	5579	1957	28800	93508	9590	3115	493
AI - SLU - Vento ponte scarico	64425	870	1681	22743	10966	6179	4559	158
AI - SLU Gmin - N max gr.1	49201	3483	4530	66725	49141	6948	1252	476
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	40732	2758	3791	76443	37665	6139	649	391
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	42824	3582	2426	36556	63760	6152	985	361
AI - SLU Gmin - N max gr.3	49201	5479	3588	51126	78888	7428	773	546
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	40732	4028	3218	66943	56595	6454	335	430
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	42824	5579	1957	28800	93508	6806	331	493
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	31017	645	1456	19900	8123	3253	1917	133
						10212	331	546

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	53232	5136	4837	68445	72687	7976	896	588
SLV - MT max gr.1	48793	4936	14463	206096	69614	10580	-2448	1274
SLV - ML max gr.1	49082	14886	4706	66691	212828	11484	-3304	1301
SLV - MT max gr.3	45990	4936	14463	206096	69614	10346	-2681	1274
SLV - ML max gr.3	46279	14886	4706	66691	212828	11250	-3537	1301
SLV - N min	43888	5136	4837	68445	72687	7197	117	588
						11484	-3537	1301

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

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	53232	6321	6019	88993	93543	9012	-140	727
SLV - MT max gr.1	48793	6121	18402	276759	90470	12729	-4597	1616
SLV - ML max gr.1	49082	18836	5888	87488	282347	13877	-5697	1645
SLV - MT max gr.3	45990	6121	18402	276759	90470	12496	-4831	1616
SLV - ML max gr.3	46279	18836	5888	87488	282347	13644	-5931	1645
SLV - N min	43888	6321	6019	88993	93543	8233	-919	727
						13877	-5931	1645

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



**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

C.C. n°	N kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm	N <sub>max/palo</sub> kN	N <sub>min/palo</sub> kN	T <sub>/palo</sub> kN
SLE rara - N max gr.1	58593	2446	3142	46135	34450	8023	2985	332
SLE rara - MT max gr.1	52752	1946	2632	52837	26536	7514	2702	273
SLE rara - ML max gr.1	54195	2513	1717	25772	44507	7206	2521	254
SLE rara - N max gr.3	58593	3821	2492	35377	54938	8347	2372	380
SLE rara - MT max gr.3	52752	2821	2237	46285	39573	7732	2307	300
SLE rara - ML max gr.3	54195	3888	1394	20422	64994	7749	1834	344
SLE rara - Vento ponte scarico	46052	645	1185	15974	8123	4784	3322	112
						8347	1834	380

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

#### 4.8.1 Scalzamento

La condizione di scalzamento viene valutata secondo cap. 5.1.2.3” *Compatibilità idraulica*”:

Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associati all’evento di piena di progetto devono essere combinate esclusivamente con le altre azioni variabili da traffico, adottando per queste ultime i coefficienti di combinazione  $\psi_1$ .

L’azione idrodinamica viene valutata secondo:

$$q_{idr} = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Con:

$\rho=1000$  kg/m<sup>3</sup> densità dell’acqua

$v=$  m/s velocità della corrente

da cui, considerando una distribuzione di pressione triangolare ed un certo angolo di incidenza della corrente rispetto alle pile, la risultante della spinta è pari a:

$$F_{idr} = \int (q_{idr}/h) z C_r \sin(\alpha) b dz$$

Con:

$h =$  altezza investita dalla corrente = altezza corrente + altezza scalzamento

$\alpha =$  angolo di incidenza

$b =$  larghezza investita dalla corrente

$C_r=1.44$  coefficiente di forma per pila di forma rettangolare/ 0.7 per pila di forma circolare

#### Dati corrente

h corrente	4.5	m
h scalzamento	12.6	m
angolo corrente (rispetto asse x)	40.0	°
velocità corrente	4	m/s

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	34 di 52

densità acqua 1000 kg/m<sup>3</sup>

**Dati plinto**

ricoprimento plinto 3 m  
 altezza plinto 3 m  
 Lunghezza lungo asse x 12 m  
 Lunghezza lungo asse y 16.5 m

**Dati pila**

Tipo pila c  
 Lunghezza lungo asse x 4.5 m  
 Lunghezza lungo asse y 4.5 m

coefficiente di forma pila 0.7  
 coefficiente di forma plinto 1.44  
 q<sub>idr</sub> 8 kPa  
 h tot investita 17.1 m  
 h pila investita 7.5 m  
 h plinto investita 3 m  
 h pali investita 6.6 m  
 h fondazione investita 9.6 m

q max 8 kPa  
 q spiccato pila 4.49 kPa

**Sollecitazioni**

F pila x 113.03 kN  
 F pila y 94.85 kN  
 M<sub>x</sub> pila 388.97 kN\*m  
 M<sub>y</sub> pila 463.56 kN\*m

---

F fondazione x 505.41 kN  
 F fondazione y 334.30 kN  
 M<sub>x</sub> fondazione 2831.97 kN\*m  
 M<sub>y</sub> fondazione 4059.90 kN\*m

Tali azioni vanno sommate alle azioni agenti sulla pila in condizione di carico Frequente.

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila 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	46767	2897	3805	44864	32342
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	41269	4702	1582	18752	65145
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	46767	2897	3805	44864	32342
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	39466	2272	3167	55155	24324
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	26345	4702	1582	18752	65145
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	57229	3483	4530	53134	38693
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	50852	5579	1957	22928	76772
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	57229	3483	4530	53134	38693
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	48760	2758	3791	65071	29392
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	50852	5579	1957	22928	76772
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	40188	2446	3142	36708	27111
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	35790	3888	1394	16240	53332
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	40188	2446	3142	36708	27111
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	34347	1946	2632	44941	20697
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	35790	3888	1394	16240	53332
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	35171	1726	1681	18187	18742
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	35171	2551	1291	12902	28560
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	35171	1726	1681	18187	18742
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	33007	1686	1618	28772	17795
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	32532	2551	1094	12219	34144
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	27647	645	645	6189	6189
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	32995	3942	3644	50543	54124
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	10906	3513	49430	157654
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	3742	10486	153572	51651
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	3742	10486	153572	51651
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	10906	3513	49430	157654
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	32995	4249	3950	55265	58609
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	11930	3819	53903	172605
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	4049	11507	167141	56136
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	4049	11507	167141	56136
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	11930	3819	53903	172605
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	32995	5434	5132	72268	75910
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	15880	5001	71155	230274
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	5234	15446	225988	73437
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29839	5234	15446	225988	73437
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	30127	15880	5001	71155	230274

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	66238	2897	3805	56279	41032
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	60741	4702	1582	23497	79250
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	66238	2897	3805	56279	41032
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - MT max gr.1	58937	2272	3167	64657	31139
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	60741	4702	1582	23497	79250
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	82609	3483	4530	66725	49141
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	76232	5579	1957	28800	93508
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	82609	3483	4530	66725	49141
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - MT max gr.1	74140	2758	3791	76443	37665
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	76232	5579	1957	28800	93508
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	58593	2446	3142	46135	34450
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	54195	3888	1394	20422	64994
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	58593	2446	3142	46135	34450
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - MT max gr.1	52752	1946	2632	52837	26536
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	54195	3888	1394	20422	64994
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	53576	1726	1681	23229	23919
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	53576	2551	1291	16774	36212
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	53576	1726	1681	23229	23919
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- MT max gr.1	51412	1686	1618	33626	22853
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	50937	2551	1094	15503	41796
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	46052	645	645	8123	8123
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	53232	4829	4531	62805	67280
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	13862	4400	61299	194805
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	4629	13442	189463	64207
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	4629	13442	189463	64207
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	13862	4400	61299	194805
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	53232	5136	4837	68445	72687
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	14886	4706	66691	212828
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	4936	14463	206096	69614
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	4936	14463	206096	69614
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	14886	4706	66691	212828
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	53232	6321	6019	88993	93543
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	18836	5888	87488	282347
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	6121	18402	276759	90470
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	48793	6121	18402	276759	90470
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	49082	18836	5888	87488	282347

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	38 di 52

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	14.6	14.6	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	15880	15446	kN
Momento agente (q=1)	M	230274	225988	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	10906	10486	kN
Momento agente (con q)	MEd	157654	153572	kN*m
Momento Resistente	MRd	159809	158449	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.01	1.03	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	15880	15446	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	11055	10819	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>11055</b>	<b>10819</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	0.80	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.00</b>	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>11055</b>	<b>10819</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.00	1.00	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

La sezione è armata con:

$$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10 \quad \text{staffe } \phi 18/10$$

Nota: nella successiva fase progettuale si dovranno predisporre opportune armature trasversali all'interno delle zone dissipative atte a confinare adeguatamente il nucleo di calcestruzzo della sezione e contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse al fine di garantire la necessaria duttilità strutturale come richiesto dal punto 7.9.6.1 della NTC 2018.

#### 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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	39 di 52

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	
	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 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	215.0	130	30
2	0.0	0.0	205.0	130	30

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	18 mm
Passo staffe:	10.0 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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	40 di 52

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	57229.00	38693.00	53134.00	0.00	0.00
2	50852.00	76772.00	22928.00	0.00	0.00
3	57229.00	38693.00	53134.00	0.00	0.00
4	48760.00	29392.00	65071.00	0.00	0.00
5	50852.00	76772.00	22928.00	0.00	0.00
6	32995.00	54124.00	50543.00	0.00	0.00
7	30127.00	157654.00	49430.00	11055.00	0.00
8	29839.00	51651.00	153572.00	0.00	10819.00
9	29839.00	51651.00	153572.00	0.00	0.00
10	30127.00	157654.00	49430.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
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	40188.00	36708.00	27111.00
2	35790.00	16240.00	53332.00
3	40188.00	36708.00	27111.00
4	34347.00	44941.00	20697.00
5	35790.00	16240.00	53332.00

**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	35171.00	18187.00 (157884.48)	18742.00 (162702.53)
2	35171.00	12902.00 (49655.34)	28560.00 (109917.58)
3	35171.00	18187.00 (157884.48)	18742.00 (162702.53)
4	33007.00	30000.00 (75889.78)	17795.00 (45015.29)
5	32532.00	12219.00 (26323.28)	35000.00 (75400.18)

**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	27368.00	5738.00 (0.00)	5738.00 (0.00)





**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	41 di 52

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.9 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.7 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	57229.00	38693.00	53134.00	57229.01	113598.23	155995.76	2.941837.8(477.1)	
2	S	50852.00	76772.00	22928.00	50852.01	179831.18	53706.17	2.341837.8(477.1)	
3	S	57229.00	38693.00	53134.00	57229.01	113598.23	155995.76	2.941837.8(477.1)	
4	S	48760.00	29392.00	65071.00	48760.27	76499.59	169371.43	2.601837.8(477.1)	
5	S	50852.00	76772.00	22928.00	50852.01	179831.18	53706.17	2.341837.8(477.1)	
6	S	32995.00	54124.00	50543.00	32994.77	124649.66	116410.01	2.301837.8(477.1)	
7	S	30127.00	157654.00	49430.00	30127.28	159809.97	50112.76	1.011837.8(477.1)	
8	S	29839.00	51651.00	153572.00	29839.06	53294.80	158449.11	1.031837.8(477.1)	
9	S	29839.00	51651.00	153572.00	29839.06	53294.80	158449.11	1.031837.8(477.1)	
10	S	30127.00	157654.00	49430.00	30127.28	159809.97	50112.76	1.011837.8(477.1)	

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione 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	181.9	159.1	0.00328	170.8	130.5	-0.00609	-170.8	-130.5
2	0.00350	64.4	92.6	0.00327	61.5	206.0	-0.00655	-61.5	-206.0
3	0.00350	181.9	156.7	0.00328	170.8	130.5	-0.00609	-170.8	-130.5
4	0.00350	205.1	193.5	0.00327	197.1	85.9	-0.00672	-197.1	-85.9
5	0.00350	64.4	74.2	0.00327	61.5	206.0	-0.00655	-61.5	-206.0
6	0.00350	153.6	164.4	0.00323	150.2	153.9	-0.00817	-150.2	-153.9
7	0.00350	67.3	214.7	0.00323	61.5	206.0	-0.00849	-61.5	-206.0
8	0.00350	213.3	71.7	0.00323	204.5	66.4	-0.00852	-204.5	-66.4
9	0.00350	213.3	71.7	0.00323	204.5	66.4	-0.00852	-204.5	-66.4
10	0.00350	67.3	214.7	0.00323	61.5	206.0	-0.00849	-61.5	-206.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	42 di 52

**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	0.000017613	0.000012826	-0.001402255	----	----
2	0.000006539	0.000021895	-0.001641447	----	----
3	0.000017613	0.000012826	-0.001402255	----	----
4	0.000021167	0.000009561	-0.001725860	----	----
5	0.000006539	0.000021895	-0.001641447	----	----
6	0.000018109	0.000019392	-0.002469847	----	----
7	0.000008152	0.000026001	-0.002631116	----	----
8	0.000025898	0.000008710	-0.002647761	----	----
9	0.000025898	0.000008710	-0.002647761	----	----
10	0.000008152	0.000026001	-0.002631116	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    18 mm  
Passo staffe:                    10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiezi. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                     Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                   Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                          Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                          L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                          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	74374.66	12557.88374.7	322.7	411.6	1.000	1.191	0.0	99.4(0.0)
2	S	0.00	73333.27	12709.27376.0	326.7	408.2	1.000	1.170	0.0	99.4(0.0)
3	S	0.00	74374.66	12557.88374.7	322.7	411.6	1.000	1.191	0.0	99.4(0.0)
4	S	0.00	72974.30	12762.51376.5	328.0	407.0	1.000	1.163	0.0	99.4(0.0)
5	S	0.00	73333.27	12709.27376.0	326.7	408.2	1.000	1.170	0.0	99.4(0.0)
6	S	0.00	70142.69	13158.34379.8	338.1	397.5	1.000	1.110	0.0	99.4(0.0)
7	S	10548.66	69457.67	13241.95380.8	340.3	394.5	1.000	1.101	79.2	99.4(0.0)
8	S	10254.55	69426.08	13246.64380.8	340.5	394.5	1.000	1.100	77.0	99.4(0.0)
9	S	0.00	69426.08	13246.64380.8	340.5	394.5	1.000	1.100	0.0	99.4(0.0)
10	S	0.00	69457.67	13241.95380.8	340.3	394.5	1.000	1.101	0.0	99.4(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)

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	43 di 52

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	6.43	133.7	152.0	-35.1	-126.4	-173.9	7547	296.9
2	S	7.72	215.2	165.0	-76.0	-204.5	-66.4	10701	402.9
3	S	6.43	133.7	152.0	-35.1	-126.4	-173.9	7547	296.9
4	S	6.86	94.1	152.0	-59.7	-90.6	-195.0	10088	374.6
5	S	7.72	215.2	165.0	-76.0	-204.5	-66.4	10701	402.9

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
 e1 Esito della verifica  
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k3 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 wk Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]  
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 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	-0.00019	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	419	0.044 (0.20)	64518.48	47650.66
2	S	-0.00040	0	0.500	30.0	85	0.00023 (0.00023)	424	0.097 (0.20)	17555.09	57650.75
3	S	-0.00019	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	419	0.044 (0.20)	64518.48	47650.66
4	S	-0.00032	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	426	0.076 (0.20)	57887.08	26659.15
5	S	-0.00040	0	0.500	30.0	85	0.00023 (0.00023)	424	0.097 (0.20)	17555.09	57650.75

**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	4.14	161.5	152.0	-4.2	-157.4	-146.4	1024	42.4
2	S	4.65	205.0	165.0	-12.5	-197.1	-85.9	3583	183.8
3	S	4.14	161.5	152.0	-4.2	-157.4	-146.4	1024	42.4
4	S	4.97	114.8	152.0	-22.8	-109.0	-185.3	6355	268.6
5	S	5.22	212.4	165.0	-28.8	-204.5	-66.4	7609	311.0

**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	-0.00003	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	412	0.005 (0.20)	157884.48	162702.53
2	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	388	0.015 (0.20)	49655.34	109917.58
3	S	-0.00003	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	412	0.005 (0.20)	157884.48	162702.53
4	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	410	0.028 (0.20)	75889.78	45015.29
5	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85	0.00009 (0.00009)	414	0.036 (0.20)	26323.28	75400.18



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 VI05 - Viadotto ferroviario a Doppio Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	44 di 52

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.16	159.1	165.0	12.0	-150.2	-153.9	----	----

#### 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 Pozzo

Il calcolo della fondazione a pozzo della pila del VI05 è trattato nella specifica relazione di calcolo sulle fondazioni.

#### 4.9.3 Escursione Longitudinale, giunti e varchi

Le escursioni longitudinali che i vincoli mobili devono consentire, sono state determinate in accordo con quanto indicato nel §2.1.5 della specifica RFI per i ponti [3].

Per i ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio viene valutato mediante la seguente relazione:

$$EL = k1 \cdot (E1 + E2 + E3) = k1 \cdot (2 \cdot Dt + 4 \cdot dEd \cdot k2 + 2 \cdot deg)$$

dove:

E1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

dEd = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento dE prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel §7.3.3.3 delle NTC [1];

deg = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il §3.2.3.3 e §3.2.4.2 delle NTC [1];

In favore di sicurezza  $d_{ij} = d_{ij \max}$

$$d_{ij \max} = 1,25 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2}$$

Dove  $d_{gi}$  e  $d_{gj}$  sono gli spostamenti massimi del suolo nei punti  $i$  e  $j$ , calcolati con riferimento alle caratteristiche locali del sottosuolo:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

In ogni caso, dovrà risultare:

$$EL \geq E0 \quad \text{e} \quad EL \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

$E0$  = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

$E_i$  = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi

$$EL = \max(E0; E_i).$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore  $EL$  dovrà essere assunto non minore di:

$$EL \geq 3,3 \cdot L/1000 + 0,1 \text{ m} \quad \text{e} \quad EL \geq 0,15 \text{ m} \quad \text{per } a_g(SLV) \geq 0,25 \text{ g}$$

$$EL \geq 2,3 \cdot L/1000 + 0,073 \text{ m} \quad \text{e} \quad EL \geq 0,10 \text{ m} \quad \text{per } a_g(SLV) < 0,25 \text{ g}$$

dove:

$L$  = la lunghezza del ponte (m).

- a) La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a

$$EC_{\min} = \pm(EL/2 + EL/8) \text{ con un minimo di } \pm(EL/2 + 15 \text{ mm}).$$

- b) Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$EG_{\min} = \pm(EL/2 + 10 \text{ mm})$$

- c) Il varco da prevedere fra le testate degli impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$EV_{\min} = EL/2 + 20 \text{ mm}$$

- d) Il ritegno sismico dovrà essere disposto ad una distanza, dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$ER_{\min} = V - 10 \text{ mm}$$

Di seguito vengono valutati preliminarmente i diversi contributi relativi alle diverse azioni (termica, sismica e moto delle fondazioni) e successivamente vengono riportati i calcoli delle diverse grandezze.

$a_g$		0.133	g
$F_0$		2.62	
$S_s$		1.49	
$S_t$		1	
$T_c$		0.694	s
$T_D$		2.133	s
Accel. massima al suolo	$S^*a_{g\max}$	0.20	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0^*S^*a_{g\max}$	0.52	g
Inerzia Pila asse y	$J_{yy}$	20.1	m <sup>4</sup>
Altezza pila	h1	8.3	m
Altezza baricentro impalcato	h2	2.7	m
Altezza totale	h=h1+h2	11.0	
Rigidezza Pila asse y	K	748636364	N/m
Forza agente in fase sismica in dir.x	F	14924	kN
Fattore di struttura	q	1	
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.020	m
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1	
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee}^*\mu_d$	0.020	m
k1		0.45	
k2		0.55	
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.07	m
$d_{ij \max}$ (par.3.2.4.2)		0.13	
Lunghezza impalcato		70	m
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.0224	m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	47 di 52
E1	$2 * D_t$		0.045	m		
E2	$4 * d_E * k_2$		0.044	m		
E3	$2 * d_{ij \max}$		0.254	m		
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$		0.135	m	Spalla - Spalla	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$		0.154	m	Spalla - Pila	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$		0.174	m	Pila - Pila	
EL min 1			0.234	m		
EL min 2			0.100	m		
EL min	$\max(EL_{\min 1}; EL_{\min 2})$		0.234	m		
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$		<b>0.254</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$		<b>0.254</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Pila</b>	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{\min}; E_i)$		<b>0.254</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>	
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2		<b>0.159</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>	
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5		<b>0.159</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>	
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5		<b>0.159</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>	
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3		<b>0.137</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>	
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3		<b>0.137</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>	
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3		<b>0.137</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>	
<b>Ampiezza dei varchi 'V'</b>	par 2.5.2.1.5.4		<b>0.147</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>	
<b>Ritegni sismici</b>	par 2.5.2.1.5.5		<b>0.137</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>	

#### 4.9.4 Ritegni sismici, baggioli, pulvini

Le massime forze sismiche afferenti alla pila in direzione longitudinale sono le seguenti:

$$P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 15168 \text{ kN}$$

Il ritegno longitudinale è dunque soggetto ad una forza orizzontale pari a:

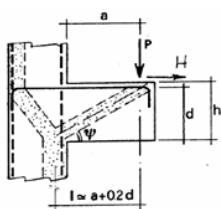
$$P_{max} = 15168/2 = 7584 \text{ kN (2 ritegni)}$$

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$$B = 1,70 \text{ m}$$

$$H = 1,70 \text{ m}$$

#### VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0.9d)$$

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

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

#### CONDIZIONI DI VERIFICA

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	49 di 52

**Dati di progetto**

b(m)=	1.70	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	7584	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	0.30	m	distanza P da incastro
h(m) =	1.70	m	spessore mensola
δ(m) =	0.06	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	1.64	m	altezza utile
l(m) =	0.63	m	a+0,2d
λ =	0.43		λ=ctgψ≧l/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura)

c(m) = 1.50

**Caratteristiche Materiali**

f <sub>cd</sub> =	18.8	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>				
n° R1 =	1	φ1(mm) =	26.0	p1(cm) =	10
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	17.8	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9451.09
				A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9451.09
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>				
n° R2 =	0	φ2(mm) =	24.0	p2(cm) =	10.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 2 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
				A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>				
n° R3 =	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
				A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

ψ =  rad =  °

P<sub>RS</sub> =  KN

P<sub>RC</sub> =  KN

Il ritegno trasversale è costituito da un dispositivo in acciaio.

Il baggio è soggetto ad una forza orizzontale pari a:

P<sub>max</sub> = 7584 kN

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

B = 1,70 m

H = 1,70 m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	50 di 52

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>1.70</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>7584</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>0.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>0.30</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>1.70</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.60</b>	m	altezza utile
$\lambda(m) =$	<b>0.62</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>0.43</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sbalzi di travi (con staffatura)

$c(m) =$  1.50

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>18.8</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

**Registro tipo R1**

$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1 (mm) =$	<b>26.0</b>	$p1 (cm) =$	<b>10</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A\phi_i (mm^2) =$	530.93	$nb_{tot} 1 =$	17.0	$A\phi_{TOT} (mm^2) =$	9025.79	$A\phi_{CAL} (mm^2) =$	9025.79

**Registro tipo R2**

$n^{\circ} R2 =$	<b>0</b>	$\phi 2 (mm) =$	<b>22.0</b>	$p2 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A\phi_i (mm^2) =$	380.13	$nb_{tot} 2 =$	0.0	$A\phi_{TOT} (mm^2) =$	0.00	$A\phi_{CAL} (mm^2) =$	0.00

**Registro tipo R3**

$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3 (mm) =$	<b>26.0</b>	$p3 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A\phi_i (mm^2) =$	530.93	$nb_{tot} 3 =$	0.0	$A\phi_{TOT} (mm^2) =$	0.00	$A\phi_{CAL} (mm^2) =$	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 24212$  kN (scarico massimo SLU appoggi)

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$B = 5,30$  m

$H = 2,20$  m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	51 di 52

**Dati di progetto**

$b(m) =$	5.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}(KN) =$	24212	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}(KN) =$	726.35	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	2.72	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.20	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.20	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.00	m	altezza utile
$l(m) =$	3.12	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.73		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura)

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	18.8	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	30.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i}(mm^2) =$	706.86	$nb\ tot\ 1 =$	53.0	$A_{\phi\ TOT}(mm^2) =$	37463.46	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	37463.46
<b>Registro tipo R2</b>							
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	30.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i}(mm^2) =$	706.86	$nb\ tot\ 2 =$	53.0	$A_{\phi\ TOT}(mm^2) =$	37463.46	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	37463.46
<b>Registro tipo R3</b>							
$n^{\circ} R3 =$	1	$\phi 3(mm) =$	30.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i}(mm^2) =$	706.86	$nb\ tot\ 3 =$	53.0	$A_{\phi\ TOT}(mm^2) =$	37463.46	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	37463.46

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	0.523	rad	=	29.98	°
$P_{RS} =$	24933.6	KN	PRs > PEd - Verifica Soddisfatta		
$P_{RC} =$	29858.8	KN	PRc > PRs - Verifica Soddisfatta		

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 05 05 001	B	52 di 52

## 5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

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

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE	
viadotto	spalla/pila	D[mm]	npali[-]	Lpalo [m]	Nmax,c [kN]	Nmin[kN]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]
VI05	spalla	1500	12	<b>41.0</b>	10383	-201	8256	6957
VI05	pila 1	POZZO	<i>per i dettagli del calcolo della fondazione si rimanda alla specifica relazione di calcolo</i>					

TAGLI E MOMENTI			CAPACITA' PORTANTE PALI							
senza scalzamento			CARICO LIMITE ORIZZONTALE		COMPRESSIONE		TRAZIONE		ESERCIZIO	
Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Hd[kN]	FS	Qd [kN]	FS	Qdt [kN]	FS	QII/1.25[kN]	FS
1542	3.4	5243	1766.9	1.15	10901.0	1.05	8880.0	44.18	13248.0	1.60
<i>per i dettagli del calcolo della fondazione si rimanda alla specifica relazione di calcolo</i>										