

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**VIADOTTI IN INTERFERENZA**

**IV03 - CAVALCAFERROVIA SU NV62C**

**Relazione di calcolo pila 1/3**

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL IV0300 004 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	A.Ferr 	Gen-2020	A.Barreca 	Gen-2020	<b>ITALFERR S.p.A.</b> U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Feb-2020	A.Ferr 	Feb-2020	A.Barreca 	Feb-2020	
C	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Mag-2020	A.Ferr 	Mag-2020	A.Barreca 	Mag-2020	

File: RS3T.3.0.D.09.CL.IV.03.0.0.004.C

n. Elab.: 09\_619

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3	MATERIALI .....	6
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	7
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	7
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	7
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	9
4.1	GENERALITÀ .....	9
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	9
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	13
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	14
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	15
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	15
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	15
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	17
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	19
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	21
4.6.6	<i>Urto da traffico ferroviario</i> .....	21
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	21
4.6.8	<i>Analisi Dinamica Lineare</i> .....	25
4.6.9	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	26
4.6.10	<i>Riepilogo risultati</i> .....	27
4.7	SOLLECITAZIONI.....	28

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	30
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	32
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	33
4.9.1	<i>Pila</i> .....	34
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	43
4.9.3	<i>Palo di fondazione</i> .....	45
4.10	ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI .....	50
4.11	RITEGNI.....	54

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al progetto definitivo della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo nell'ambito del nuovo collegamento Palermo - Catania

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 IV03 sulla viabilità NV62c. In particolare si tratterà la pila di altezza maggiore per tipologia di impalcati afferenti.

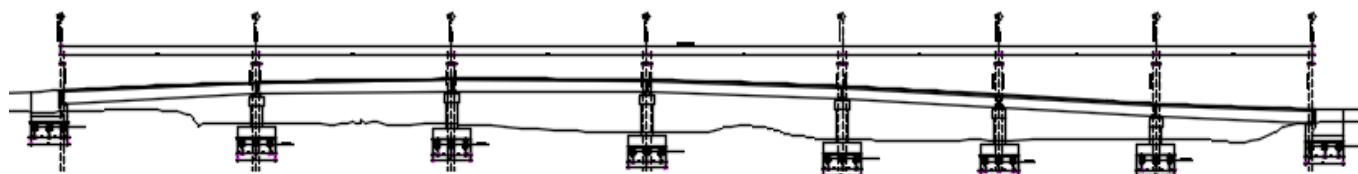
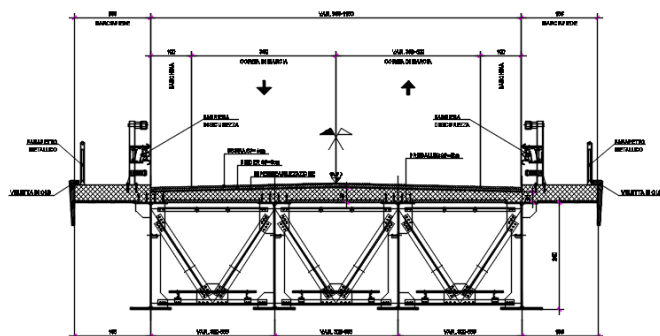
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV62C- Adeguamento SP44 (Continuità provinciale Strada Extraurbana Principale F2 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+138 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 320 m circa.

Il primo viadotto è suddiviso in 7 campate, tre da 40.0m di luce e quattro da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante, gettata in opera.

Pila e spalle saranno realizzate in c.a. gettato in opera e fondate su pali di grande diametro.



Sezione trasversale e prospetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°7 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'Applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. 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 getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

- 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 per fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- TIPO CEMENTO CEM III-V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

#### Calcestruzzo elevazione

- 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 = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

### 3.1 Verifica S.L.E.

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

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A 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	$\leq w_2$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	8 di 57

		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.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b> <b>Viadotto IV03</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO 30	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IV 03 00 004	REV. C

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 3.50m, una altezza complessiva di 7.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.5x 14.50m ed altezza 2.50m.

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1} \text{ e } \gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$



#### 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>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.45	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	14.50	m
Area Sezione		50.75	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	7.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	3.50	m
Area Sezione		9.62	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.00	m
Distanza asse baggioli- asse asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	11.50	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko = 0.426	▼
Sisma			
$S_s$		1.000	
$a_g$		0.150	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.150	

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° Corsie convenzionali		<b>3</b>	
Lunghezza	L	<b>50</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>160</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>60</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>1</sub>	1000.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>2</sub>	375.0	kN

Impalcato (dx)			
N° Corsie convenzionali		<b>3</b>	
Lunghezza	L	<b>50</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>160</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>60</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>1</sub>	1000.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>2</sub>	375.0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato. Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1000			1000			1000			1000			0.00
Permanenti G2	380			380			380			380			0.00
Comb. Nmax Q1	449			504			453			393			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						115			115				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	733			405			225			5			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						115			115				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1													0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico						123			123				3.80
Vento Ponte Carico						192			192				4.50
Attrito permanente		41	41		41	41		41	41		41	41	0.00
Attrito carichi mobili		22	22		15	15		14	14		12	12	0.00
Sisma longitudinale													2.80
Sisma trasversale						1050			1050				2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			1158			1158			0	2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			1575			1575			0	2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1000			1000			1000			1000			0.00
Permanenti G2	380			380			380			380			0.00
Comb. Nmax Q1	449			504			453			393			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						115			115				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	733			405			225			5			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						115			115				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1	551			752			651			439			0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga						115			115				3.00
Comb. MLmax Q folla	201			36			36			201			0.00
Vento Ponte Scarico						123			123				3.80
Vento Ponte Carico						192			192				4.50
Attrito permanente		41	41		41	41		41	41		41	41	0.00
Attrito carichi mobili		22	22		23	23		20	20		13	13	0.00
Sisma longitudinale		0			2100			2100					2.80
Sisma trasversale			0			1050			1050			0	2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00
Sisma longitudinale		0			2316			2316			0		2.80
Sisma trasversale			0			1158			1158			0	2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00
Sisma longitudinale		0			3150			3150			0		2.80
Sisma trasversale			0			1575			1575			0	2.80
Sisma verticale	150			150			150			150			0.00



#### 4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	415	415	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	150	150	anni
	αR	1.06	1.06	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.71	29.71	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.55	0.55	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
<b>Vento su impalcato</b>				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	16	16	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.66	2.66	
Larghezza impalcato	b	15.2	15.2	m
Altezza impalcato	h1	3	3	m
Altezza veicolo o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicolo)	dtot	4.5	6	m
Rapporto di forma	b/dtot	3.38	2.53	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.49	1.74	
<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.55	0.55	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.66	2.66	
Coefficiente di forza	cfx	1.49	1.74	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	9.8	15.3	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.18	2.55	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	9.8	15.3	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	9.8	9.8	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	245	245	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	15.3	15.3	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	383	383	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

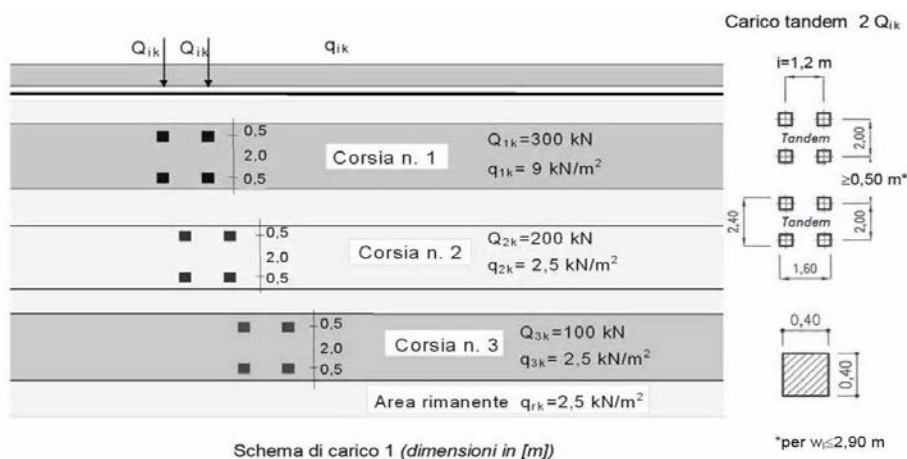
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	18 di 57

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	10.00	10	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.35	2.35		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.50	7.50	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	14.50	3.50	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.5	3.5	m	
Rapporto di forma	d/b	0.24	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.06	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.10	0.43		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.74	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.98	1.39	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	36.25	26.25	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	72	37	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.50	7.50	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.5	3.5	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	14.5	3.5	m	
Rapporto di forma	d/b	4.14	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.14	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.43	0.43		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.74	1.39	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	8.75	26.25	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	37	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	72	kN		
Pila	F	37	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	10.00	m		
Forza totale	F Tot	108	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	6	kN		
Pila	F	37	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	10.00	m		
Forza totale	F Tot	43	kN		

#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico veicolare.

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

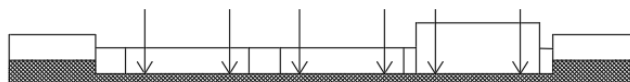
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

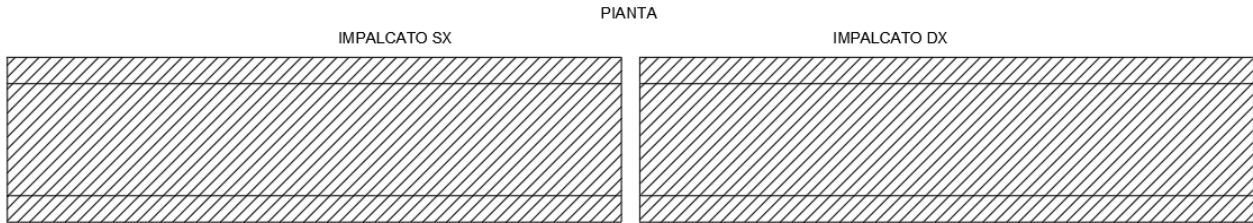
Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore  $q = 5 \text{ kN/mq}$ .

Di seguito si farà riferimento alle tre condizioni di carico seguenti:

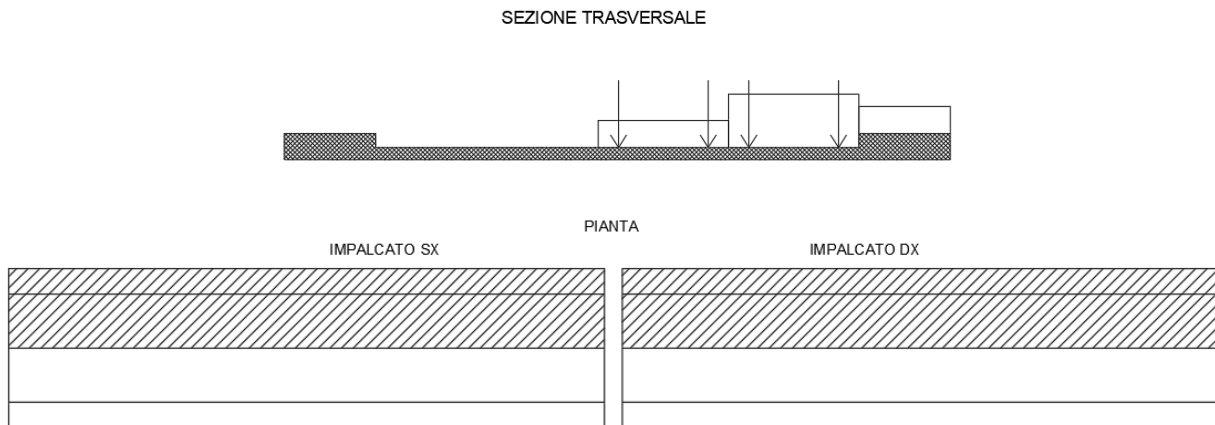
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

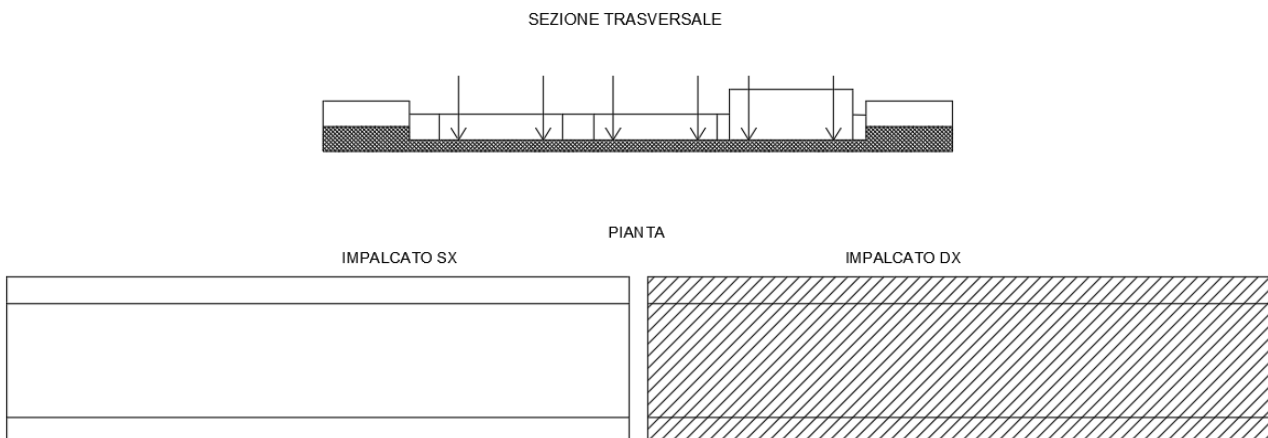




- $M_t$  max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente su entrambi gli impalcati, ma solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



- $M_L$  max, massimo momento lungo l'asse y: il carico è presente su un solo impalcato, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	50	m
q3	495	kN
q3 (filtrata)	495	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	210	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	229	kN

#### 4.6.6 Urto da traffico ferroviario

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza  $d$  degli elementi esposti dall'asse del binario:

- per  $d \leq 5$  m:
  - 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $5 \text{ m} < d \leq 15$  m:
  - 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $d > 15$  m pari a zero in entrambe le direzioni.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

#### 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:  
 Tabella parametri

Nodi 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".

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

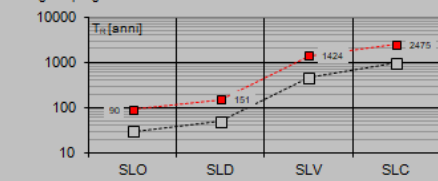
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

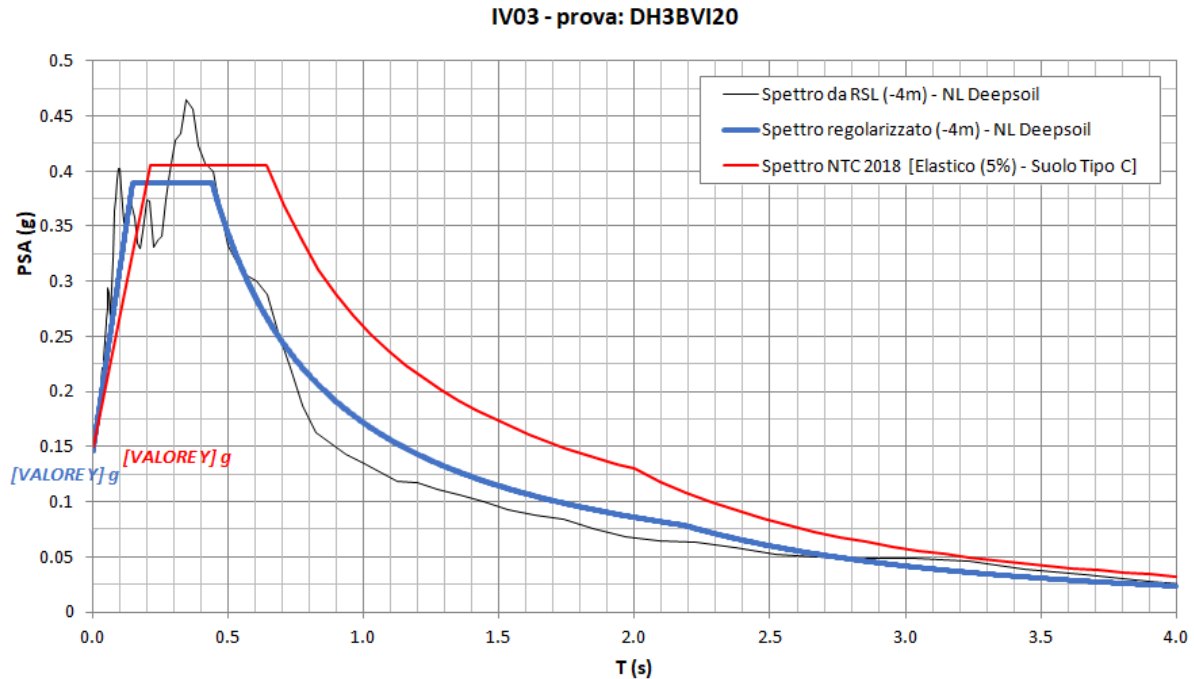
Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie  
 --- Strategie scelta

Per il viadotto in esame è stato effettuato uno specifico studio di Risposta Simica Locale del quale si riportano i risultati:



### ➤ 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  $q=1$

Il baricentro delle masse viene considerato coincidente con quello dell'impalcato; nel caso particolare risulta  $L= 12.80$  m.

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	11720	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3773	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	15493	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2344	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	11720	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	3773	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	15493	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2344	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	11720	kN
Massa efficace pila dir. Z	mpz	3773	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mpz	15493	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2344	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	7.37	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	7.37	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	9.62	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	347734164.5	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	347734164.5	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	31749720755	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.42	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.42	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.39	
Accelerazione orizzontale Se(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.39	
Accelerazione Verticale Se(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.08	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.26	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.26	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.08	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.29	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.29	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.08	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.39	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.39	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.08	

**Condizione Sismica - Taglianti Totali**

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	4018	kN
Tagliante direzione y	F y	4018	kN
Tagliante direzione z	F z	1162	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	4431	kN
Tagliante direzione y	F y	4431	kN
Tagliante direzione z	F z	1162	kN

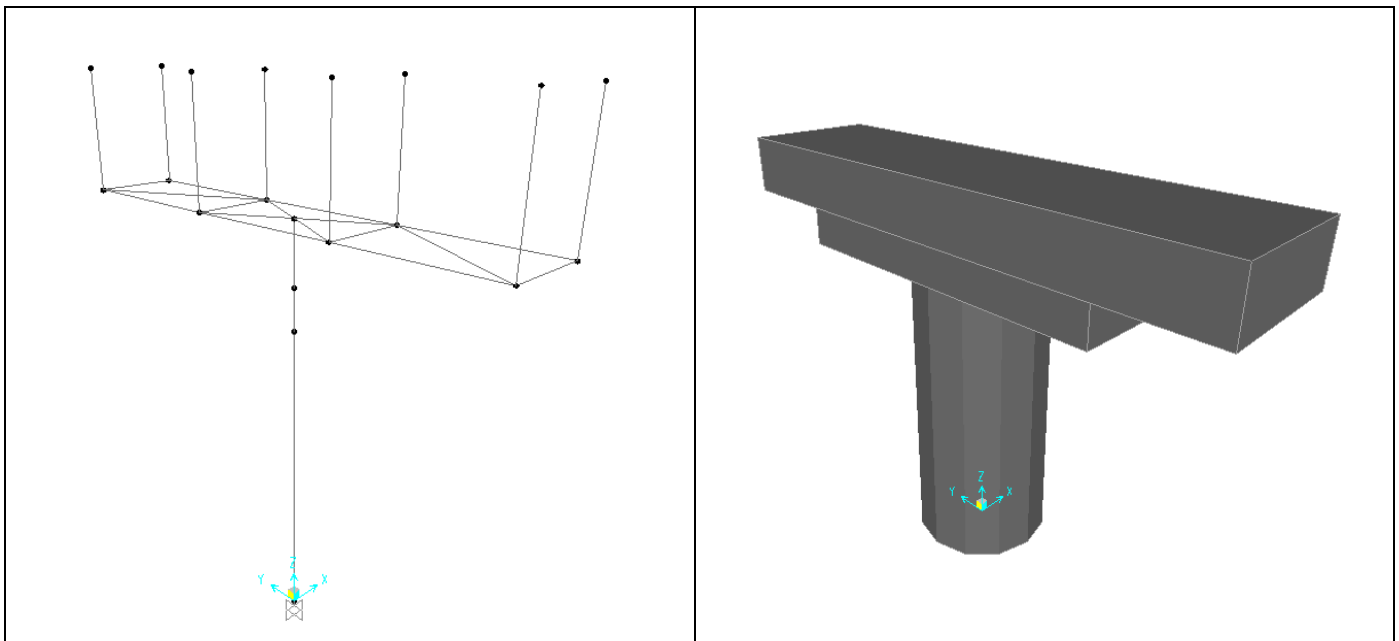
q=1

Tagliante direzione x	F x	6027	kN
Tagliante direzione y	F y	6027	kN
Tagliante direzione z	F z	1162	kN



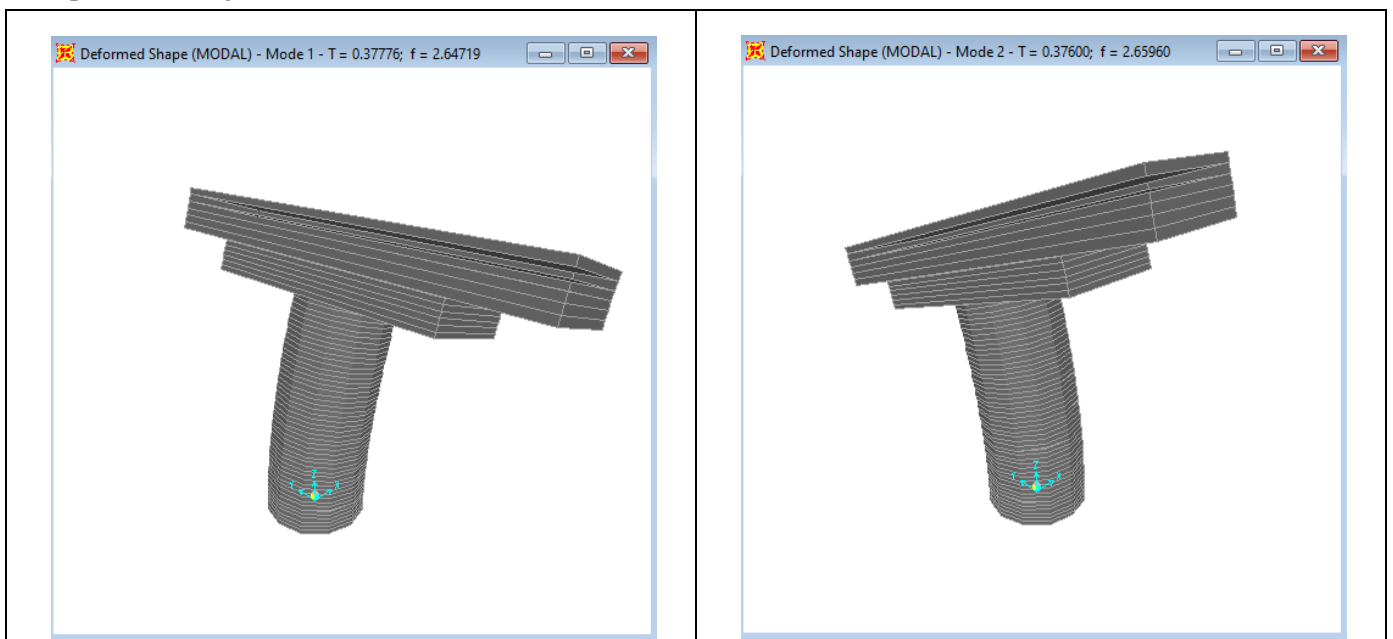
#### 4.6.8 Analisi Dinamica Lineare

Non essendo soddisfatti i criteri per l'analisi statica si svolge una Analisi Dinamica Lineare. L'analisi viene svolta considerando per la pila una rigidezza non fessurata e fessurata con riduzione della rigidezza pari ad al 50%.

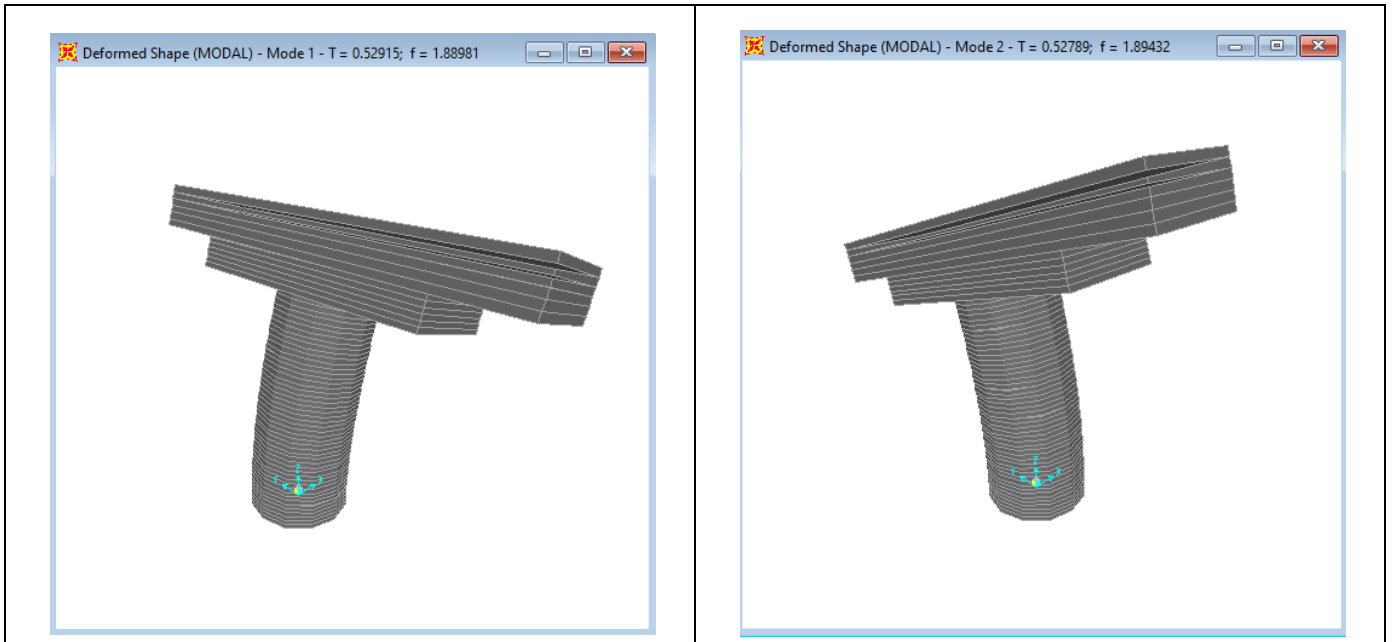


**Figura 1: Modello FEM**

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:



**Figura 2: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)**



**Figura 3: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)**

#### 4.6.9 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.10 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

##### SPICCATO PILA: condizione statica

Descrizione carico	$F_z$	$F_x$	$F_y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	4976			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		108		0.00	0.00	10.00	0	1084
Vento su pila dir.y			43.1	0.00	0.00	10.00	431	0

##### INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica

Descrizione carico	$F_z$	$F_x$	$F_y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	4976			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	8265.625			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	2400			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		108		0.00	0.00	12.50	0	1355
Vento su pila dir.y			43.07647548	0.00	0.00	12.50	538	0

##### INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica

Descrizione carico	$F_z$	$F_x$	$F_y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Plinto sisma x		1240		0.00	0.00	1.25	0.00	1550
Plinto sisma y			1240	0.00	0.00	1.25	1550	0
Plinto sisma z	620			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	180			0.00	0.00	0.00	0	0

## 4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	N <sub>x</sub> [kN]	T <sub>x</sub> [kN]	T <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	21613	591	1224	16427	6179
A2 - SLU - MT max gr.1	20393	591	1224	27822	6179
A2 - SLU - ML max gr.1	19952	676	1190	16089	10049
A2 - SLU - N max gr.2	20031	1162	1224	16188	13851
A2 - SLU - MT max gr.2	19288	1162	1224	23218	13851
A2 - SLU - ML max gr.2	18992	1246	1190	15850	16760
A2 - SLU - N max gr.3	20031	591	1753	23303	6179
A2 - SLU - MT max gr.3	19288	591	1753	30333	6179
A2 - SLU - ML max gr.3	18992	676	1455	19408	9088
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16938	572	1126	14174	5900
A2 - SLU - N max gr.1	20701	492	1125	15389	5140
A2 - SLU - MT max gr.1	19481	492	1125	26784	5140
A2 - SLU - ML max gr.1	19040	576	1091	15051	9011
A2 - SLU - N max gr.2	19119	1062	1125	15150	12812
A2 - SLU - MT max gr.2	18376	1062	1125	22180	12812
A2 - SLU - ML max gr.2	18080	1147	1091	14812	15722
A2 - SLU - N max gr.3	19119	492	1654	22265	5140
A2 - SLU - MT max gr.3	18376	492	1654	29295	5140
A2 - SLU - ML max gr.3	18080	576	1355	18370	8050
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16016	472	1027	13135	4871
A1 - SLU - N max gr.1	27577	685	1415	19008	7163
A1 - SLU - MT max gr.1	26145	685	1415	32384	7163
A1 - SLU - ML max gr.1	25628	783	1377	18617	11689
A1 - SLU - N max gr.2	25720	1355	1415	18727	16169
A1 - SLU - MT max gr.2	24848	1355	1415	26980	16169
A1 - SLU - ML max gr.2	24500	1453	1377	18337	19368
A1 - SLU - N max gr.3	25720	685	2036	27079	7163
A1 - SLU - MT max gr.3	24848	685	2036	35332	7163
A1 - SLU - ML max gr.3	24500	783	1687	22513	10562
A1 - SLU - Vento ponte scarico	22077	848	1488	18326	8789
A1 - SLU - N max gr.1	21516	520	1250	17277	5432
A1 - SLU - MT max gr.1	20083	520	1250	30653	5432
A1 - SLU - ML max gr.1	19566	617	1211	16887	9959
A1 - SLU - N max gr.2	19659	1189	1250	16996	14439
A1 - SLU - MT max gr.2	19659	1189	1250	16996	14439
A1 - SLU - ML max gr.2	18786	1287	1211	24861	15414
A1 - SLU - N max gr.3	18439	1189	1250	16994	16861
A1 - SLU - MT max gr.3	19659	520	1871	25349	5432
A1 - SLU - ML max gr.3	18786	617	1832	33214	6408
A1 - SLU - Vento ponte scarico	18439	683	1586	21429	9482
SLE Rara - N max gr.1	16016	331	1095	14236	3461
SLE Rara - MT max gr.1	20090	471	958	12901	4921
SLE Rara - ML max gr.1	19029	536	932	22551	5572
SLE Rara - N max gr.2	18646	471	958	12899	7551
SLE Rara - MT max gr.2	18714	967	958	12693	11593
SLE Rara - ML max gr.2	18068	1032	932	18548	12243
SLE Rara - N max gr.3	17811	967	958	12691	13387
SLE Rara - MT max gr.3	18714	471	1418	18880	4921
SLE Rara - ML max gr.3	18068	536	1392	24735	5572
SLE Rara - Vento ponte scarico	17811	579	1205	15957	7800
SLE Freq. - N max gr.1	19071	436	436	5180	4556
SLE Freq. - MT max gr.1	18276	436	436	12612	4556
SLE Freq. - ML max gr.1	17988	436	436	5179	6529
SLE Freq. - N max gr.2	18040	808	436	5024	9560
SLE Freq. - MT max gr.2	17555	808	436	9609	9560
SLE Freq. - ML max gr.2	17362	808	436	5023	10906
SLE Freq. - N max gr.3	18040	436	781	9665	4556
SLE Freq. - MT max gr.3	17555	436	781	14250	4556
SLE Freq. - ML max gr.3	17362	436	609	7343	5902
SLE Freq. - Vento ponte scarico	16016	353	438	4949	3678
SLE Q.P. - ML max gr.3	16016	471	471	4921	4921
SLV -dir X_1	16902	4658	1665	21233	61263
SLV -dir X_2	16182	4658	1665	21233	61263
SLV -dir Y_1	16978	1718	4651	62789	21782
SLV -dir Y_2	16258	1718	4651	62789	21782
SLV -dir Z+	18031	1718	1711	21852	21782
SLV -dir Z-	15631	1718	1711	21852	21782
SLV -dir X_1	16902	5091	1795	22951	66992
SLV -dir X_2	16182	5091	1795	22951	66992
SLV -dir Y_1	16978	1848	5084	68517	23501
SLV -dir Y_2	16258	1848	5084	68517	23501
SLV -dir Z+	18031	1848	1841	23571	23501
SLV -dir Z-	15631	1848	1841	23571	23501
SLV -dir X_1	16902	6758	2295	29580	89088
SLV -dir X_2	16182	6758	2295	29580	89088
SLV -dir Y_1	16978	2348	6751	90614	30130
SLV -dir Y_2	16258	2348	6751	90614	30130
SLV -dir Z+	18031	2348	2341	30199	30130
SLV -dir Z-	15631	2348	2341	30199	30130

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

**TABLE: Base Reactions**

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
EX_1	Combination	Max	4708	1418	16365	17280	57372
EX_1	Combination	Min	-4708	-1418	16365	-17280	-57372
EY_1	Combination	Max	1413	4725	16365	57565	17222
EY_1	Combination	Min	-1413	-4725	16365	-57565	-17222
EX_2	Combination	Max	4708	1418	16145	17280	57372
EX_2	Combination	Min	-4708	-1418	16145	-17280	-57372
EY_2	Combination	Max	1413	4725	16145	57565	17222
EY_2	Combination	Min	-1413	-4725	16145	-57565	-17222
EZ_1	Combination	Max	1413	1418	16621	17272	17214
EZ_1	Combination	Min	-1413	-1418	16621	-17272	-17214
EZ_2	Combination	Max	1413	1418	15888	17272	17214
EZ_2	Combination	Min	-1413	-1418	15888	-17272	-17214
			<b>4708</b>	<b>4725</b>		<b>57565</b>	<b>57372</b>

**Tabella 4 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 50%(EI)**

**TABLE: Base Reactions**

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
EX_1	Combination	Max	5655	1699	16365	20692	68917
EX_1	Combination	Min	-5655	-1699	16365	-20692	-68917
EY_1	Combination	Max	1697	5660	16365	68952	20681
EY_1	Combination	Min	-1697	-5660	16365	-68952	-20681
EX_2	Combination	Max	5655	1699	16145	20692	68917
EX_2	Combination	Min	-5655	-1699	16145	-20692	-68917
EY_2	Combination	Max	1697	5660	16145	68952	20681
EY_2	Combination	Min	-1697	-5660	16145	-68952	-20681
EZ_1	Combination	Max	1697	1698	16621	20687	20677
EZ_1	Combination	Min	-1697	-1698	16621	-20687	-20677
EZ_2	Combination	Max	1697	1698	15888	20687	20677
EZ_2	Combination	Min	-1697	-1698	15888	-20687	-20677
			<b>5655</b>	<b>5660</b>		<b>68952</b>	<b>68917</b>

**Tabella 5 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 100%(EI)**

Come si può vedere dai valori massimi indicati in grassetto (per  $q=1$ ), le sollecitazioni della Analisi Lineare Statica sono superiori rispetto a quelli ottenuti dall'analisi Dinamica; pertanto in favore di sicurezza si adatteranno quelli ricavate dalla Analisi Lineare Statica.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)  
Viadotto IV03

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	30 di 57

#### 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 [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	32999	591	1224	19487	7657
A2 - SLU - MT max gr.1	31778	591	1224	30882	7657
A2 - SLU - ML max gr.1	31338	676	1190	19065	11739
A2 - SLU - N max gr.2	31417	1162	1224	19248	16755
A2 - SLU - MT max gr.2	30673	1162	1224	26278	16755
A2 - SLU - ML max gr.2	30377	1246	1190	18826	19876
A2 - SLU - N max gr.3	31417	591	1753	27685	7657
A2 - SLU - MT max gr.3	30673	591	1753	34716	7657
A2 - SLU - ML max gr.3	30377	676	1455	23045	10778
A2 - SLU - Vento ponte scarico	28313	572	1126	16989	7338
A2 - SLU - N max gr.1	31367	492	1125	18200	6370
A2 - SLU - MT max gr.1	30146	492	1125	29595	6370
A2 - SLU - ML max gr.1	29706	576	1091	17778	10452
A2 - SLU - N max gr.2	29785	1062	1125	17961	15468
A2 - SLU - MT max gr.2	29041	1062	1125	24991	15468
A2 - SLU - ML max gr.2	28745	1147	1091	17539	18589
A2 - SLU - N max gr.3	29785	492	1654	26399	6370
A2 - SLU - MT max gr.3	29041	492	1654	33429	6370
A2 - SLU - ML max gr.3	28745	576	1355	21758	9491
A2 - SLU - Vento ponte scarico	26681	472	1027	15702	6051
A1 - SLU - N max gr.1	42336	685	1415	22546	8877
A1 - SLU - MT max gr.1	40904	685	1415	35923	8877
A1 - SLU - ML max gr.1	40386	783	1377	22059	13647
A1 - SLU - N max gr.2	40479	1355	1415	22265	19557
A1 - SLU - MT max gr.2	39606	1355	1415	30518	19557
A1 - SLU - ML max gr.2	39259	1453	1377	21779	23200
A1 - SLU - N max gr.3	40479	685	2036	32170	8877
A1 - SLU - MT max gr.3	39606	685	2036	40423	8877
A1 - SLU - ML max gr.3	39259	783	1687	26731	12519
A1 - SLU - Vento ponte scarico	36836	848	1488	22046	10910
A1 - SLU - N max gr.1	32181	520	1250	20402	6732
A1 - SLU - MT max gr.1	30749	520	1250	33778	6732
A1 - SLU - ML max gr.1	30232	617	1211	19914	11502
A1 - SLU - N max gr.2	30324	1189	1250	20121	17412
A1 - SLU - MT max gr.2	30324	1189	1250	20121	17412
A1 - SLU - ML max gr.2	29452	1287	1211	27889	18632
A1 - SLU - N max gr.3	29104	1189	1250	20119	19833
A1 - SLU - MT max gr.3	30324	520	1871	30026	6732
A1 - SLU - ML max gr.3	29452	617	1832	37794	7952
A1 - SLU - Vento ponte scarico	29104	683	1586	25394	11188
SLE Rara - N max gr.1	26681	331	1095	16974	4289
SLE Rara - MT max gr.1	30755	471	958	15295	6099
SLE Rara - ML max gr.1	29694	536	932	24880	6912
SLE Rara - N max gr.2	29311	471	958	15293	8729
SLE Rara - MT max gr.2	29380	967	958	15087	14010
SLE Rara - ML max gr.2	28733	1032	932	20877	14823
SLE Rara - N max gr.3	28476	967	958	15085	15805
SLE Rara - MT max gr.3	29380	471	1418	22424	6099
SLE Rara - ML max gr.3	28733	536	1392	28214	6912
SLE Rara - Vento ponte scarico	28476	579	1205	18969	9249
SLE Freq. - N max gr.1	29737	436	436	6270	5646
SLE Freq. - MT max gr.1	28941	436	436	13702	5646
SLE Freq. - ML max gr.1	28654	436	436	6269	7619
SLE Freq. - N max gr.2	28705	808	436	6114	11580
SLE Freq. - MT max gr.2	28220	808	436	10699	11580
SLE Freq. - ML max gr.2	28028	808	436	6113	12926
SLE Freq. - N max gr.3	28705	436	781	11617	5646
SLE Freq. - MT max gr.3	28220	436	781	16202	5646
SLE Freq. - ML max gr.3	28028	436	609	8865	6992
SLE Freq. - Vento ponte scarico	26681	353	438	6045	4560
SLE Q.P. - ML max gr.3	26681	471	471	6099	6099
SLV -dir X_1	27807	5898	2037	25861	74459
SLV -dir X_2	26607	5898	2037	25861	74459
SLV -dir Y_1	27884	2090	5891	75966	26543
SLV -dir Y_2	26684	2090	5891	75966	26543
SLV -dir Z+	29496	2090	2083	26595	26543
SLV -dir Z-	25496	2090	2083	26595	26543
SLV -dir X_1	27807	6331	2167	27904	81269
SLV -dir X_2	26607	6331	2167	27904	81269
SLV -dir Y_1	27884	2220	6323	82776	28586
SLV -dir Y_2	26684	2220	6323	82776	28586
SLV -dir Z+	29496	2220	2213	28638	28586
SLV -dir Z-	25496	2220	2213	28638	28586
SLV -dir X_1	27807	7998	2667	35783	107534
SLV -dir X_2	26607	7998	2667	35783	107534
SLV -dir Y_1	27884	2720	7991	109041	36466
SLV -dir Y_2	26684	2720	7991	109041	36466
SLV -dir Z+	29496	2720	2713	36517	36466
SLV -dir Z-	25496	2720	2713	36517	36466

**Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione**

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	42336	685	1415	22546	8877	5868	3540	175
AI - SLU - MT max gr.1	40904	685	1415	35923	8877	6204	2886	175
AI - SLU - ML max gr.1	40386	783	1377	22059	13647	5810	3165	176
AI - SLU - N max gr.2	40479	1355	1415	22265	19557	6047	2949	218
AI - SLU - MT max gr.2	39606	1355	1415	30518	19557	6255	2546	218
AI - SLU - ML max gr.2	39259	1453	1377	21779	23200	6028	2696	222
AI - SLU - N max gr.3	40479	685	2036	32170	8877	6018	2977	239
AI - SLU - MT max gr.3	39606	685	2036	40423	8877	6227	2575	239
AI - SLU - ML max gr.3	39259	783	1687	26731	12519	5816	2908	207
AI - SLU - Vento ponte scarico	36836	848	1488	22046	10910	5313	2872	190
AI - SLU - N max gr.1	32181	520	1250	20402	6732	4581	2571	150
AI - SLU - MT max gr.1	30749	520	1250	33778	6732	4917	1916	150
AI - SLU - ML max gr.1	30232	617	1211	19914	11502	4523	2196	151
AI - SLU - N max gr.2	30324	1189	1250	20121	17412	4759	1979	192
AI - SLU - MT max gr.2	30324	1189	1250	20121	17412	4759	1979	192
AI - SLU - ML max gr.2	29452	1287	1211	27889	18632	4995	1549	196
AI - SLU - N max gr.3	29104	1189	1250	20119	19835	4714	1754	192
AI - SLU - MT max gr.3	30324	520	1871	30026	6732	4731	2008	216
AI - SLU - ML max gr.3	29452	617	1832	37794	7952	4967	1578	215
AI - SLU - Vento ponte scarico	29104	683	1586	25394	11188	4589	1879	192
						6255	1549	239

Tabella 7 – 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 -dir.X 1	27807	6331	2167	27904	81269	7133	-954	743
SLV -dir.X 2	26607	6331	2167	27904	81269	7000	-1087	743
SLV -dir.Y 1	27884	2220	6323	82776	28586	7223	-1026	745
SLV -dir.Y 2	26684	2220	6323	82776	28586	7089	-1160	745
SLV -dir.Z+	29496	2220	2213	28638	28586	5397	1158	348
SLV -dir.Z-	25496	2220	2213	28638	28586	4952	714	348
						7223	-1160	745

Tabella 8 – 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 -dir.X 1	27807	7998	2667	35783	107534	8398	-2218	937
SLV -dir.X 2	26607	7998	2667	35783	107534	8264	-2352	937
SLV -dir.Y 1	27884	2720	7991	109041	36466	8487	-2291	938
SLV -dir.Y 2	26684	2720	7991	109041	36466	8354	-2424	938
SLV -dir.Z+	29496	2720	2713	36517	36466	5980	574	427
SLV -dir.Z-	25496	2720	2713	36517	36466	5536	130	427
						8487	-2424	938

Tabella 9 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1



**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

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
SLE Rara - N max gr.1	26681	331	1095	16974	4289	3752	2177	127
SLE Rara - MT max gr.1	30755	471	958	15295	6099	4210	2625	119
SLE Rara - ML max gr.1	29694	536	932	24880	6912	4477	2122	119
SLE Rara - N max gr.2	29311	471	958	15293	8729	4147	2367	119
SLE Rara - MT max gr.2	29380	967	958	15087	14010	4342	2187	151
SLE Rara - ML max gr.2	28733	1032	932	20877	14823	4515	1870	154
SLE Rara - N max gr.3	28476	967	958	15085	15805	4308	2020	151
SLE Rara - MT max gr.3	29380	471	1418	22424	6099	4321	2208	166
SLE Rara - ML max gr.3	28733	536	1392	28214	6912	4494	1892	166
SLE Rara - Vento ponte scarico	28476	579	1205	18969	9249	4209	2119	149
						4515	1870	166

Tabella 10 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

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
SLE Freq. - N max gr.1	29737	436	436	6270	5646	3745	2863	69
SLE Freq. - MT max gr.1	28941	436	436	13702	5646	3932	2499	69
SLE Freq. - ML max gr.1	28654	436	436	6269	7619	3698	2669	69
SLE Freq. - N max gr.2	28705	808	436	6114	11580	3845	2534	102
SLE Freq. - MT max gr.2	28220	808	436	10699	11580	3961	2310	102
SLE Freq. - ML max gr.2	28028	808	436	6113	12926	3819	2409	102
SLE Freq. - N max gr.3	28705	436	781	11617	5646	3829	2550	99
SLE Freq. - MT max gr.3	28220	436	781	16202	5646	3945	2326	99
SLE Freq. - ML max gr.3	28028	436	609	8865	6992	3701	2527	83
SLE Freq. - Vento ponte scarico	26681	353	438	6045	4560	3357	2572	63
						3961	2310	102

Tabella 11 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE freq.

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila (fusto, pali, ...) 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)

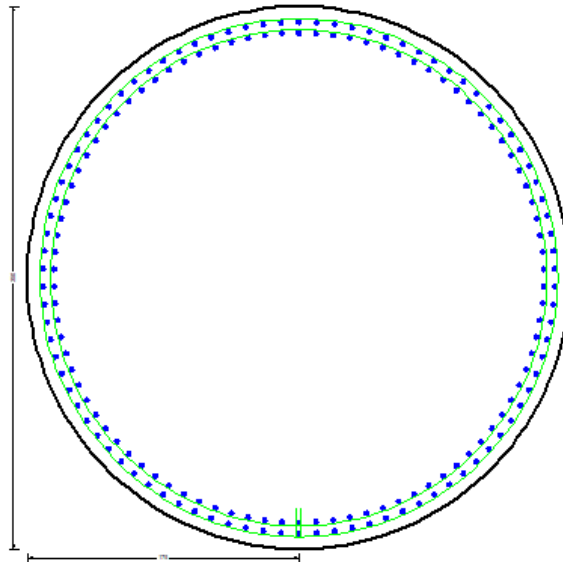
#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy, Tx)	Trasv.(Mxx, Ty)	
Altezza pila	H	13.3	13.3	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	6758	6751	kN
Momento agente (q=1)	M	89088	90614	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4658	4651	kN
Momento agente (con q)	MEd	61263	62789	kN*m
Momento Resistente	MRd	79202	79821	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.29	1.27	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	6758	6751	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	6022	5913	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>6022</b>	<b>5913</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.07	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.07</b>	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>6022</b>	<b>5913</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.09	1.07	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

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.

$$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10 \quad \text{spirale } \phi 16/10$$



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C32/40

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

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della 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	165.0	90	30
2	0.0	0.0	158.0	90	30

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	27577.00	7163.00	19008.00	685.00	1415.00
2	26145.00	7163.00	32384.00	685.00	1415.00
3	25628.00	11689.00	18617.00	783.00	1377.00
4	25720.00	16169.00	18727.00	1355.00	1415.00
5	24848.00	16169.00	26980.00	1355.00	1415.00
6	24500.00	19568.00	18337.00	1453.00	1377.00
7	25720.00	7163.00	27079.00	685.00	2036.00
8	24848.00	7163.00	35332.00	685.00	2036.00
9	24500.00	10562.00	22513.00	783.00	1687.00
10	22077.00	8789.00	18326.00	848.00	1488.00
11	21516.00	5432.00	17277.00	520.00	1250.00
12	20083.00	5432.00	30653.00	520.00	1250.00
13	19566.00	9959.00	16887.00	617.00	1211.00
14	19659.00	14439.00	16996.00	1189.00	1250.00
15	19659.00	14439.00	16996.00	1189.00	1250.00
16	18786.00	15414.00	24861.00	1287.00	1211.00
17	18439.00	16861.00	16994.00	1189.00	1250.00
18	19659.00	5432.00	25349.00	520.00	1871.00
19	18786.00	6408.00	33214.00	617.00	1832.00
20	18439.00	9482.00	21429.00	683.00	1586.00
21	16902.00	61263.00	21233.00	4658.00	1665.00
22	16182.00	61263.00	21233.00	6022.00	1665.00
23	16978.00	21782.00	62789.00	1718.00	5913.00
24	16258.00	21782.00	62789.00	1718.00	4651.00
25	18031.00	21782.00	21852.00	1718.00	1711.00
26	15631.00	21782.00	21852.00	1718.00	1711.00

**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	16016.00	3461.00	14236.00
2	20090.00	4921.00	12901.00
3	19029.00	5572.00	22551.00
4	18646.00	7551.00	12899.00
5	18714.00	11593.00	12693.00
6	18068.00	12243.00	18548.00
7	17811.00	13387.00	12691.00
8	18714.00	4921.00	18880.00
9	18068.00	5572.00	24735.00
10	17811.00	7800.00	15957.00

**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	19071.00	4556.00 (1992.99)	5180.00 (0.00)
2	18276.00	4556.00 (17747.99)	12612.00 (49130.31)
3	17988.00	6529.00 (2604.07)	5179.00 (21516.43)
4	18040.00	9560.00 (83989.95)	5024.00 (44138.65)
5	17555.00	9560.00 (33523.17)	9609.00 (33694.99)
6	17362.00	10906.00 (54004.39)	5023.00 (24872.92)
7	18040.00	4556.00 (42479.26)	9665.00 (90114.58)
8	17555.00	4556.00 (12458.10)	14250.00 (38965.73)
9	17362.00	5902.00 (109662.12)	7343.00 (136436.62)
10	16016.00	3678.00 (5210.58)	4949.00 (26220.14)

**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	16016.00	4921.00 (2488.77)	4921.00 (20644.05)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	38 di 57

Copriferro netto minimo staffe:

6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	27577.00	7163.00	19008.00	27577.00	32607.44	86547.70	4.551272.3(288.6)	
2	S	26145.00	7163.00	32384.00	26145.00	19766.67	89329.82	2.761272.3(288.6)	
3	S	25628.00	11689.00	18617.00	25628.18	48459.83	77174.46	4.151272.3(288.6)	
4	S	25720.00	16169.00	18727.00	25720.28	59611.67	69013.32	3.691272.3(288.6)	
5	S	24848.00	16169.00	26980.00	24847.93	46547.42	77690.52	2.881272.3(288.6)	
6	S	24500.00	19568.00	18337.00	24500.10	65898.12	61759.46	3.371272.3(288.6)	
7	S	25720.00	7163.00	27079.00	25719.77	23300.80	88167.43	3.261272.3(288.6)	
8	S	24848.00	7163.00	35332.00	24847.94	17983.07	88770.18	2.511272.3(288.6)	
9	S	24500.00	10562.00	22513.00	24499.98	38364.18	81761.70	3.631272.3(288.6)	
10	S	22077.00	8789.00	18326.00	22077.11	38280.28	79826.10	4.361272.3(288.6)	
11	S	21516.00	5432.00	17277.00	21515.74	26433.01	84041.95	4.861272.3(288.6)	
12	S	20083.00	5432.00	30653.00	20082.98	15177.57	85647.60	2.791272.3(288.6)	
13	S	19566.00	9959.00	16887.00	19566.22	43982.28	74570.90	4.421272.3(288.6)	
14	S	19659.00	14439.00	16996.00	19659.04	56108.65	66041.56	3.891272.3(288.6)	
15	S	19659.00	14439.00	16996.00	19659.04	56108.65	66041.56	3.891272.3(288.6)	
16	S	18786.00	15414.00	24861.00	18786.09	45304.51	73055.74	2.941272.3(288.6)	
17	S	18439.00	16861.00	16994.00	18438.85	60332.15	60841.35	3.581272.3(288.6)	
18	S	19659.00	5432.00	25349.00	19659.24	18160.35	84737.07	3.341272.3(288.6)	
19	S	18786.00	6408.00	33214.00	18786.00	16300.33	84398.85	2.541272.3(288.6)	
20	S	18439.00	9482.00	21429.00	18438.71	34674.46	78351.77	3.661272.3(288.6)	
21	S	16902.00	61263.00	21233.00	16902.21	79770.52	27650.35	1.301272.3(288.6)	
22	S	16182.00	61263.00	21233.00	16182.11	79202.66	27471.14	1.291272.3(288.6)	
23	S	16978.00	21782.00	62789.00	16978.01	27690.20	79821.53	1.271272.3(288.6)	
24	S	16258.00	21782.00	62789.00	16257.79	27482.04	79263.86	1.261272.3(288.6)	
25	S	18031.00	21782.00	21852.00	18030.99	60241.96	60463.81	2.771272.3(288.6)	
26	S	15631.00	21782.00	21852.00	15631.18	58872.85	59030.69	2.701272.3(288.6)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	163.8	123.7	0.00320	153.0	61.8	-0.00669	-153.0	-61.8
2	0.00350	170.9	59.5	0.00319	160.1	39.9	-0.00687	-160.1	-39.9
3	0.00350	148.2	137.1	0.00319	136.8	92.3	-0.00694	-136.8	-92.3
4	0.00350	132.5	154.9	0.00319	122.6	110.4	-0.00693	-122.6	-110.4

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	39 di 57

5	0.00350	150.1	123.4	0.00319	142.9	82.5	-0.00705	-142.9	-82.5
6	0.00350	119.7	159.0	0.00319	114.6	118.7	-0.00709	-114.6	-118.7
7	0.00350	169.2	74.6	0.00319	160.1	39.9	-0.00693	-160.1	-39.9
8	0.00350	171.5	53.3	0.00319	162.5	28.7	-0.00704	-162.5	-28.7
9	0.00350	158.4	109.6	0.00319	148.3	72.3	-0.00709	-148.3	-72.3
10	0.00350	157.8	104.4	0.00318	148.3	72.3	-0.00744	-148.3	-72.3
11	0.00350	166.9	52.5	0.00318	156.9	51.0	-0.00752	-156.9	-51.0
12	0.00350	172.3	30.5	0.00317	162.5	28.7	-0.00774	-162.5	-28.7
13	0.00350	150.7	88.9	0.00317	142.9	82.5	-0.00782	-142.9	-82.5
14	0.00350	133.4	113.3	0.00317	122.6	110.4	-0.00780	-122.6	-110.4
15	0.00350	133.4	113.3	0.00317	122.6	110.4	-0.00780	-122.6	-110.4
16	0.00350	148.7	92.2	0.00316	142.9	82.5	-0.00794	-142.9	-82.5
17	0.00350	124.2	123.3	0.00316	114.6	118.7	-0.00800	-114.6	-118.7
18	0.00350	171.1	36.7	0.00316	160.1	39.9	-0.00780	-160.1	-39.9
19	0.00350	171.8	33.2	0.00316	162.5	28.7	-0.00795	-162.5	-28.7
20	0.00350	160.0	70.8	0.00316	153.0	61.8	-0.00800	-153.0	-61.8
21	0.00350	57.3	165.4	0.00315	56.4	155.0	-0.00826	-56.4	-155.0
22	0.00350	57.3	165.4	0.00315	56.4	155.0	-0.00839	-56.4	-155.0
23	0.00350	165.3	57.4	0.00315	156.9	51.0	-0.00825	-156.9	-51.0
24	0.00350	165.3	57.4	0.00315	156.9	51.0	-0.00837	-156.9	-51.0
25	0.00350	123.9	123.5	0.00316	114.6	118.7	-0.00807	-114.6	-118.7
26	0.00350	123.9	123.5	0.00315	114.6	118.7	-0.00848	-114.6	-118.7

**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	0.000028038	0.000010566	-0.001743525	----	----
2	0.000029787	0.000006589	-0.001838714	----	----
3	0.000026007	0.000016329	-0.001873896	----	----
4	0.000023214	0.000020043	-0.001867199	----	----
5	0.000026605	0.000015944	-0.001927938	----	----
6	0.000021305	0.000022735	-0.001952589	----	----
7	0.000029649	0.000007843	-0.001867120	----	----
8	0.000030396	0.000006162	-0.001927435	----	----
9	0.000028208	0.000013234	-0.001952592	----	----
10	0.000029007	0.000013911	-0.002129812	----	----
11	0.000030924	0.000009723	-0.002172897	----	----
12	0.000032559	0.000005770	-0.002286655	----	----
13	0.000028688	0.000016919	-0.002328454	----	----
14	0.000025342	0.000021530	-0.002319304	----	----
15	0.000025342	0.000021530	-0.002319304	----	----
16	0.000028615	0.000017741	-0.002391954	----	----
17	0.000024019	0.000023831	-0.002421230	----	----
18	0.000032513	0.000006967	-0.002318893	----	----
19	0.000033061	0.000006378	-0.002392380	----	----
20	0.000030944	0.000013692	-0.002421676	----	----
21	0.000011329	0.000032688	-0.002554199	----	----
22	0.000011449	0.000033034	-0.002618377	----	----
23	0.000032651	0.000011327	-0.002547961	----	----
24	0.000032997	0.000011447	-0.002612042	----	----
25	0.000024105	0.000024028	-0.002456108	----	----
26	0.000024966	0.000024886	-0.002668892	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	40 di 57

Diam. Staffe: 16 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 Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1565.66	43386.30	7798.71290.5	253.1	316.5	1.000	1.152	15.8	78.7(0.0)
2	S	1529.55	43118.19	7836.05291.0	254.3	315.2	1.000	1.145	15.4	78.7(0.0)
3	S	1582.54	43063.39	7846.35291.0	254.6	315.2	1.000	1.142	15.9	78.8(0.0)
4	S	1956.55	43072.55	7842.16291.0	254.5	315.2	1.000	1.142	19.6	78.7(0.0)
5	S	1910.27	42980.32	7856.60291.0	255.0	315.3	1.000	1.137	19.1	78.7(0.0)
6	S	2001.80	42820.70	7874.86291.5	255.6	313.9	1.000	1.135	20.0	78.7(0.0)
7	S	2143.47	43072.44	7841.24291.0	254.5	315.2	1.000	1.142	21.5	78.7(0.0)
8	S	2131.51	42979.58	7857.99291.0	255.0	315.3	1.000	1.137	21.4	78.7(0.0)
9	S	1859.84	42820.71	7874.87291.5	255.6	313.9	1.000	1.135	18.6	78.7(0.0)
10	S	1708.38	42431.69	7928.63291.9	257.4	312.6	1.000	1.122	17.0	78.7(0.0)
11	S	1348.42	42370.72	7938.63291.9	257.7	312.6	1.000	1.119	13.4	78.7(0.0)
12	S	1321.56	42083.30	7976.24292.4	258.9	311.2	1.000	1.111	13.0	78.7(0.0)
13	S	1356.54	41891.00	7998.47292.9	259.7	309.8	1.000	1.108	13.4	78.7(0.0)
14	S	1722.45	42034.37	7986.61292.4	259.2	311.2	1.000	1.109	17.0	78.8(0.0)
15	S	1722.45	42034.37	7986.61292.4	259.2	311.2	1.000	1.109	17.0	78.8(0.0)
16	S	1707.41	41803.19	8015.58292.9	260.1	309.8	1.000	1.104	16.8	78.8(0.0)
17	S	1724.79	41764.62	8019.58292.9	260.3	309.8	1.000	1.102	16.9	78.7(0.0)
18	S	1938.42	42033.87	7987.62292.4	259.2	311.2	1.000	1.109	19.1	78.8(0.0)
19	S	1915.71	41803.69	8012.75292.9	260.1	309.8	1.000	1.104	18.8	78.7(0.0)
20	S	1726.73	41765.13	8022.11292.9	260.3	309.8	1.000	1.102	17.0	78.8(0.0)
21	S	4946.40	41453.51	8058.79293.4	261.6	308.3	1.000	1.093	48.3	78.7(0.0)
22	S	6235.19	41229.74	8084.55293.9	262.4	306.8	1.000	1.089	60.7	78.7(0.0)
23	S	6149.47	41462.62	8058.16293.4	261.6	308.3	1.000	1.094	60.1	78.7(0.0)
24	S	4957.17	41238.92	8083.92293.9	262.4	306.8	1.000	1.090	48.3	78.7(0.0)
25	S	2424.66	41580.61	8039.41293.4	260.9	308.3	1.000	1.100	23.7	78.7(0.0)
26	S	2424.66	41167.36	8094.86293.9	262.7	306.8	1.000	1.086	23.6	78.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.24	170.0	1190.0	-23.8	-160.1	-39.9	4816	197.9



**RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	41 di 57

2	S	4.26	163.5	1190.0	-10.3	-153.0	-61.8	2014	106.0
3	S	6.59	169.9	1190.0	-62.4	-160.1	-39.9	7117	261.5
4	S	4.43	151.0	1190.0	-17.9	-142.9	-82.5	3465	169.6
5	S	4.97	129.2	1190.0	-28.2	-122.6	-110.4	4858	197.9
6	S	6.30	146.1	1190.0	-60.3	-136.8	-92.3	7154	261.5
7	S	5.27	120.4	1190.0	-38.1	-114.6	-118.7	6034	226.2
8	S	5.58	169.3	1190.0	-40.8	-160.1	-39.9	6084	233.3
9	S	7.18	170.7	1190.0	-81.7	-160.1	-39.9	7788	289.8
10	S	5.09	157.2	1190.0	-34.2	-148.3	-72.3	5725	226.2

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

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

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]

Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max^*(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	413	0.030 (0.20)	8851.36	36407.95
2	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	386	0.012 (0.20)	21512.82	56398.46
3	S	-0.00034	0	0.500	30.0	85	0.00019 (0.00019)	428	0.080 (0.20)	6982.04	28257.72
4	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	393	0.021 (0.20)	22582.00	38575.71
5	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	414	0.035 (0.20)	25148.03	27534.20
6	S	-0.00032	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	429	0.078 (0.20)	15954.29	24170.55
7	S	-0.00021	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	425	0.049 (0.20)	23982.55	22735.68
8	S	-0.00022	0	0.500	30.0	85	0.00012 (0.00012)	422	0.052 (0.20)	8286.05	31790.40
9	S	-0.00044	0	0.500	30.0	85	0.00025 (0.00025)	426	0.104 (0.20)	5885.83	26128.13
10	S	-0.00019	0	0.500	30.0	85	0.00010 (0.00010)	418	0.043 (0.20)	15030.17	30748.25

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.88	131.4	1190.0	7.5	-122.6	-110.4	----	----
2	S	4.06	164.6	1190.0	-12.5	-156.9	-51.0	2630	141.4
3	S	3.04	108.8	1190.0	2.5	-106.1	-126.4	----	----
4	S	3.50	81.4	1190.0	-4.0	-77.5	-145.7	672	21.2
5	S	4.05	124.1	1190.0	-14.7	-114.6	-118.7	3079	148.4
6	S	3.69	73.2	1190.0	-9.2	-67.1	-150.7	2060	106.0
7	S	3.47	158.3	1190.0	-3.7	-148.3	-72.3	633	21.2
8	S	4.38	166.7	1190.0	-20.8	-156.9	-51.0	4110	190.9
9	S	3.18	136.4	1190.0	-1.1	-130.0	-101.6	640	21.2
10	S	2.48	140.5	1190.0	5.4	-130.0	-101.6	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00010	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1992.99	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	42 di 57

2	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	384	0.014 (0.20)	17747.99	49130.31
3	S	-0.00019	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2604.07	21516.43
4	S	-0.00003	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	451	0.005 (0.20)	83989.95	44138.65
5	S	-0.00008	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	395	0.017 (0.20)	33523.17	33694.99
6	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	388	0.011 (0.20)	54004.39	24872.92
7	S	-0.00003	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	441	0.005 (0.20)	42479.26	90114.58
8	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	399	0.025 (0.20)	12458.10	38965.73
9	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	443	0.002 (0.20)	109662.12	136436.62
10	S	-0.00008	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	5210.58	26220.14

**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	2.62	123.7	1190.0	3.4	-114.6	-118.7	----	----

**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	-0.00023	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2488.77	20644.05

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b> <b>Viadotto IV03</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO 30	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IV 03 00 004	REV. C

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

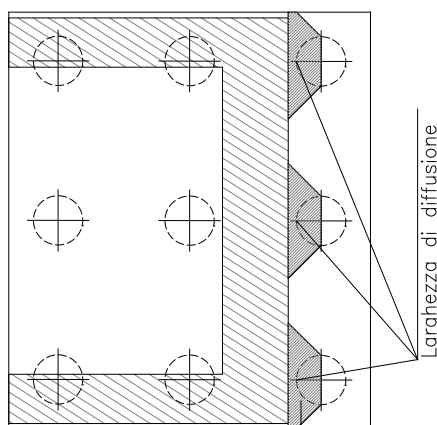
$$N_{\max} = 6255 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 7223 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 745 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

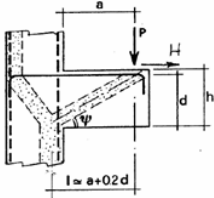
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



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

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 7/19.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

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

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

Dati di progetto

b(m)=	5.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}$ (KN) =	7223.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}$ (KN) =	745.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	4.60	m	distanza P da incastro
h(m) =	2.50	m	spessore mensola
$\delta$ (m) =	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	2.38	m	altezza utile
l(m) =	5.08	m	a+0,2d
$\lambda$ =	2.37		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

Caratteristiche Materiali

$f_{cd}$ =	14.1	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd}$ =	391.0	MPa	Acciaio

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo R1					
$n^\circ$ R1 =	1	$\phi 1$ (mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	28139.22
				$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	28139.22
Registro tipo R2					
$n^\circ$ R2 =	1	$\phi 2$ (mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 2 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	28139.22
				$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	28139.22
Registro tipo R3					
$n^\circ$ R3 =	0	$\phi 3$ (mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
				$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi$  =  rad =  °

$P_{RS}$  =  KN

$P_{RC}$  =  KN

#### 4.9.3 Palo di fondazione

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione; le sollecitazioni sono ricavate dall'analisi elastica con  $q=1$ .

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.8 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

	N	M	V
SLU	6255	668	239
SLU	1549	668	239
SLV $q=1$	8487	2626	938
SLV $q=1$	-2424	2626	938

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 26 + 26 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 34.00 \text{ m}$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	46 di 57

Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
Passo staffe: 20.0 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 [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	6255.00	668.00	239.00
2	1549.00	668.00	239.00
3	8487.00	2626.00	938.00
4	-2424.00	2626.00	938.00

**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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	4515.00	465.00	0.00
2	1870.00	465.00	0.00

**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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	47 di 57

1	3961.00	286.00 (1992.99)	0.00 (0.00)
2	2310.00	286.00 (17747.99)	0.00 (49130.31)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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
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	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6255.00	668.00	6254.99	7310.39	10.94	276.1(53.0)
2	S	1549.00	668.00	1548.96	6202.93	9.29	276.1(53.0)
3	S	8487.00	2626.00	8486.85	7563.16	2.88	276.1(53.0)
4	S	-2424.00	2626.00	-2423.96	4700.47	1.79	276.1(53.0)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00295	0.0	65.0	-0.00422	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00275	0.0	65.0	-0.00703	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00301	0.0	65.0	-0.00336	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00243	0.0	65.0	-0.01155	0.0	-65.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000055108	-0.000633091	----	----
2	0.000000000	0.000075231	-0.002142343	----	----
3	0.000000000	0.000049009	-0.000175685	----	----
4	0.000000000	0.000107485	-0.004561353	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	48 di 57

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 14 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] =  $V_y$  ortogonale 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	239.00	4062.36	2809.45117.5	97.0	137.2	2.500	1.250	2.5	29.6(0.0)
2	S	239.00	3616.56	3041.49119.6	105.0	132.8	2.500	1.062	2.3	29.6(0.0)
3	S	938.00	3922.88	2723.24117.3	94.0	136.7	2.500	1.250	10.2	29.6(0.0)
4	S	938.00	3371.53	3282.86123.4	113.4	121.8	2.500	1.000	8.5	29.6(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.13	0.0	1190.0	17.3	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.92	0.0	1190.0	-1.1	0.0	-65.0	364	5.3

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

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

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

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

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max*(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	49 di 57

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	8851.36	36407.95
2	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	599	0.002 (0.20)	5920.46	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.47	0.0	1190.0	18.8	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.71	0.0	1190.0	7.4	0.0	-65.0	----	----

**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	-0.00010	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1992.99	0.00
2	S	-0.00007	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	17747.99	49130.31

#### 4.10 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:

$$EL = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot Dt + 4 \cdot dEd \cdot k_2 + 2 \cdot deg)$$

dove:

$E_1$  = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

$E_2$  = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

$E_3$  = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

$k_1$  = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

$k_2$  = 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  $deg = d_{ij \max} =$

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

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:

$$EL \geq E_0 \quad e \quad EL \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

$E_0$  = 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

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

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

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

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

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.

$a_g$		0.146	g
$F_0$		2.67	
$S_s$		1	
$S_t$		1	
$T_c$		0.44	s
$T_D$		2.18	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.15	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.39	g
Inerzia Pila asse y	$J_{yy}$	7.37	m <sup>4</sup>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	52 di 57

Altezza pila	h1	10.0	m	
Altezza baricentro impalcato	h2	2.8	m	
Altezza totale	$h=h1+h2$	12.8		
Rigidezza Pila asse y	K	173957348	N/m	
Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per q=1</u>	F	6027	kN	
Fattore di struttura	q	1		
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.035	m	
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.035	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.03	m	
$d_{ij}$ max (par.3.2.4.2)		0.06		
Lunghezza impalcato		50	m	
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.016	m	
E1	$2 * D_t$	0.032	m	
E2	$4 * d_E * k2$	0.076	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.122	m	
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.069	m	Spalla - Spalla
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.103	m	Spalla - Pila
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.138	m	Pila - Pila
EL min 1		0.188	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{min1}; EL_{min2})$	0.188	m	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.188</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.188</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.188</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2	<b>0.118</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.118</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	53 di 57

<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.118</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.104</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.104</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.104</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Ampiezza dei varchi 'V'</b>	par 2.5.2.1.5.4	<b>0.114</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Ritegni sismici</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.104</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>

#### 4.11 Ritegni

Dati i bassi valori di sollecitazione, rispetto alla cautelatività dell'approccio adottato ed ai meccanismi resistenti ipotizzati, per l'elemento in oggetto in questa fase progettuale si omettono le verifiche SLE tensionali e a fessurazione.

Le massime forze sismiche afferenti ai differenti impalcati sono le seguenti:

Imp 50,00 m:  $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 4559 \text{ kN}$

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

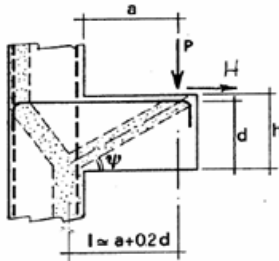
Imp 50,00 m:  $P_{max} = 4559 \text{ kN}$

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

$B = 4,80 \text{ m}$

$H = 0,50 \text{ m}$

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto (P<sub>Ed</sub>, H<sub>Ed</sub>)**

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

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

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

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

**Dati di progetto**

b(m)=	<b>4.80</b>	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	<b>4559</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	<b>0.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	<b>0.50</b>	m	distanza P da incastro
h(m) =	<b>0.50</b>	m	spessore mensola
δ(m) =	<b>0.08</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	<b>0.42</b>	m	altezza utile
l(m) =	<b>0.58</b>	m	a+0,2d
λ =	<b>1.54</b>		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> =	<b>18.8</b>	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
n° R1 =	<b>1</b>	φ1(mm) =	<b>26.0</b>	p1(cm) =	<b>10.0</b>	θ1° =	<b>0.0</b>
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	48.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	25484.58	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>25484.58</b>
<b>Registro tipo R2</b>							
n° R2 =	<b>0</b>	φ2(mm) =	<b>26.0</b>	p2(cm) =	<b>10.0</b>	θ2° =	<b>0.0</b>
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	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> ) =	<b>0.00</b>
<b>Registro tipo R3</b>							
n° R3 =	<b>0</b>	φ3(mm) =	<b>26.0</b>	p3(cm) =	<b>10.0</b>	θ3° =	<b>0.0</b>
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> ) =	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

Ψ =  rad =  °

P<sub>Rs</sub> =  KN

P<sub>Rc</sub> =  KN

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

$$(\text{Imp } 50,00 \text{ m})/2 + (\text{Imp } 50,00 \text{ m})/2: P_{\max} = 4559 \text{ kN}$$

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

$$B = 3,50 \text{ m}$$

$$H = 0,70 \text{ m}$$

#### Dati di progetto

$b(m) =$	<b>3.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} \text{ (KN)} =$	<b>4559</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} \text{ (KN)} =$	<b>0.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>0.50</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>0.70</b>	m	spessore mensola
$\bar{\delta}(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>0.60</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>0.62</b>	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	<b>1.15</b>		$\lambda = ctg\psi \geq 1 / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi 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

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>22.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>380.13</b>	$nb \text{ tot } 1 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>13304.63</b>	$A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$	<b>13304.63</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>22.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>380.13</b>	$nb \text{ tot } 2 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>13304.63</b>	$A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$	<b>13304.63</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb \text{ tot } 3 =$	<b>0.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>0.00</b>	$A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$	<b>0.00</b>

#### Verifiche di resistenza

$$\Psi = \boxed{0.717} \text{ rad} = \boxed{41.05}^{\circ}$$

$$P_{RS} = \boxed{9061.7} \text{ KN} \quad \boxed{PRs > PEd - \text{Verifica Soddisfatta}}$$

$$P_{RC} = \boxed{10218.1} \text{ KN} \quad \boxed{PRc > PRs - \text{Verifica Soddisfatta}}$$



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 1/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 004	C	57 di 57

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 6203 \text{ kN}$  (scarico massimo SLU appoggi)

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

$B = 3,50 \text{ m}$

$H = 2,00 \text{ m}$

#### Dati di progetto

$b(m) =$	<b>3.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>6203</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>186.08</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>4.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>4.38</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>2.56</b>		$\lambda = ctg\psi \geq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi 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

<u>Registro tipo</u>	<b>R1</b>						
$n^\circ R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>26.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb \text{ tot } 1 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>	$A_{\phi} \text{ CAL } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>
<u>Registro tipo</u>	<b>R2</b>						
$n^\circ R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>26.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb \text{ tot } 2 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>	$A_{\phi} \text{ CAL } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>
<u>Registro tipo</u>	<b>R3</b>						
$n^\circ R3 =$	<b>1</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb \text{ tot } 3 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>	$A_{\phi} \text{ CAL } (mm^2) =$	<b>18582.50</b>

#### Verifiche di resistenza

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN