

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 3/3**

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL IV0300 006 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.03.0.0.006.C

n. Elab.: 09\_621

## 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> .....	29
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	31
4.8.1	<i>Scalzamento</i> .....	32
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	34
4.9.1	<i>Pila</i> .....	35
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	44
4.9.3	<i>Palo di fondazione</i> .....	46
4.10	ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI .....	51
4.11	RITEGNI.....	55

## 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.

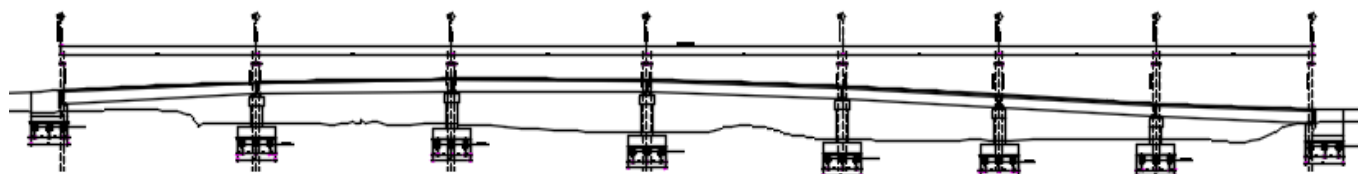
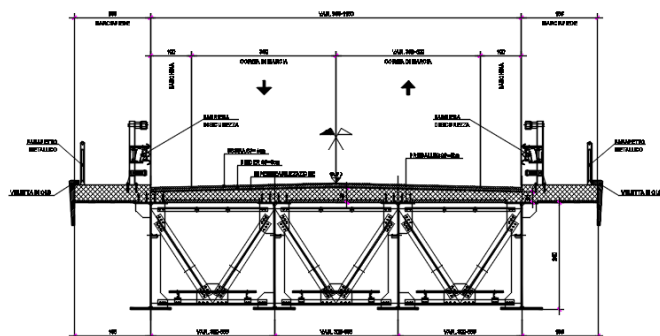
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 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

	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)          Viadotto IV03</p>												
RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 09 CL</td> <td>IV 03 00 006</td> <td>C</td> <td>5 di 58</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	5 di 58
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	5 di 58								

## 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 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	8 di 58

		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 3/3	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO 30	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IV 03 00 006	REV. C

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 3.50m, una altezza complessiva di 6.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.5x 11.60m ed altezza 2.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50 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	$H_p$	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	11.60	m
Area Sezione		40.60	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	6.50	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>40</b>	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	<b>150</b>	kN/m
Permanenti portati	G <sub>2</sub>	<b>50</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>	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>1</sub>	250.0	kN

Impalcato (dx)			
N° Corsie convenzionali		<b>3</b>	
Lunghezza	L	<b>40</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>150</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>50</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	250.0	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	750			750			750			750			0.00
Permanenti G2	250			250			250			250			0.00
Comb. Nmax Q1	333			436			376			287			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. Nmax Q folla	169			21			21			169			0.00
Comb. MTmax Q1	565			228			126			9			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MTmax Q folla	214			54			33			-45			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		30	30		30	30		30	30		30	30	0.00
Attrito carichi mobili		17	17		13	13		11	11		9	9	0.00
Sisma longitudinale													2.80
Sisma trasversale						730			730				2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			805			805			0	2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			1095			1095			0	2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			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	750			750			750			750			0.00
Permanenti G2	250			250			250			250			0.00
Comb. Nmax Q1	333			436			376			287			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura						234			234				3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. Nmax Q folla	169			21			21			169			0.00
Comb. MTmax Q1	565			228			126			9			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura						234			234				3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MTmax Q folla	214			54			33			-45			0.00
Comb. MLmax Q1	418			698			579			326			0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura						234			234				3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MLmax Q folla	169			21			21			169			0.00
Vento Ponte Scarico						123			123				3.80
Vento Ponte Carico						192			192				4.50
Attrito permanente		30	30		30	30		30	30		30	30	0.00
Attrito carichi mobili		17	17		21	21		17	17		10	10	0.00
Sisma longitudinale		0				1450			1450				2.80
Sisma trasversale			0			730			730			0	2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			0.00
Sisma longitudinale		0			1599			1599			0		2.80
Sisma trasversale			0			805			805			0	2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			0.00
Sisma longitudinale		0			2175			2175			0		2.80
Sisma trasversale			0			1095			1095			0	2.80
Sisma verticale	105			105			105			105			0.00



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	17 di 58

#### 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	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	196	196	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	15.3	15.3	kN/m
Luce impalcato	L	40	40	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	306	306	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

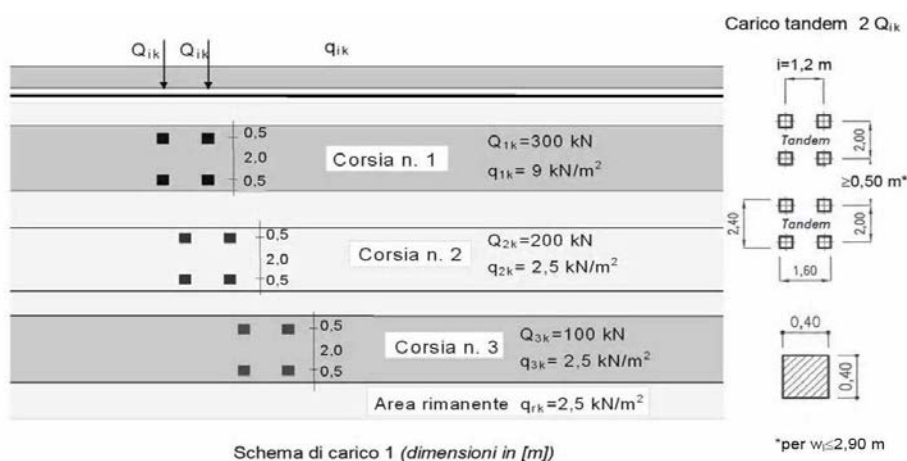
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	18 di 58

Vento su Pila e Pulvino					
Parametri	kr	0.19	0.19		
Parametri	z0	0.05	0.05	m	
Parametri	zmin	4	4	m	
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	8.50	8.5	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.25	2.25		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.50	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	11.60	3.50	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.5	3.5	m	
Rapporto di forma	d/b	0.30	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.13	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.13	0.43		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.68	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.79	1.33	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	23.2	22.75	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	42	30	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.50	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.5	3.5	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	11.6	3.5	m	
Rapporto di forma	d/b	3.31	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.30	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.80	1.33	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	7	22.75	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	30	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	42	kN		
Pila	F	30	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.50	m		
Forza totale	F Tot	72	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	6	kN		
Pila	F	30	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.50	m		
Forza totale	F Tot	36	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.

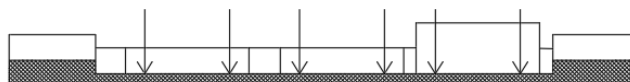
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

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:

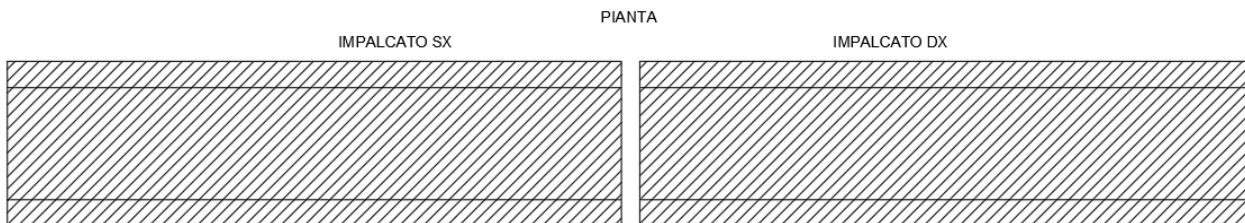
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

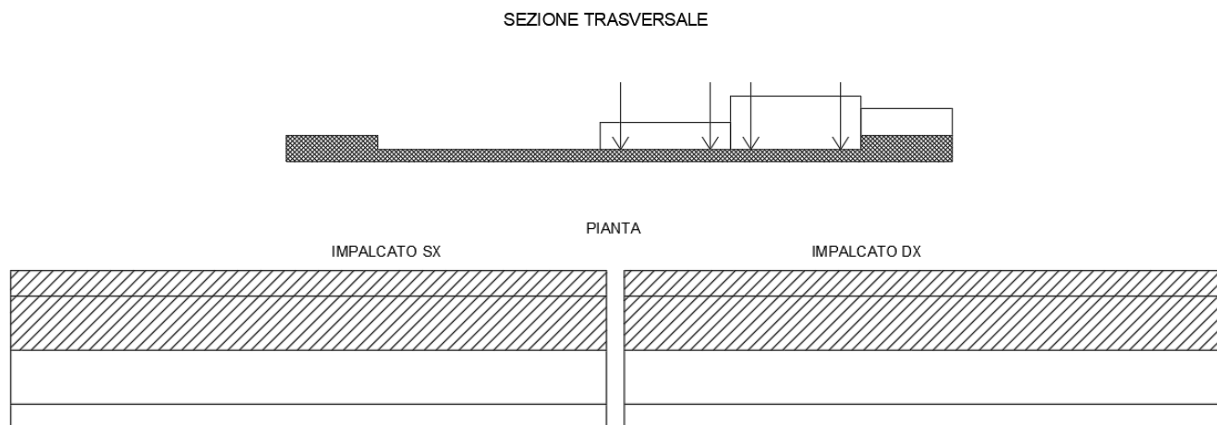


RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

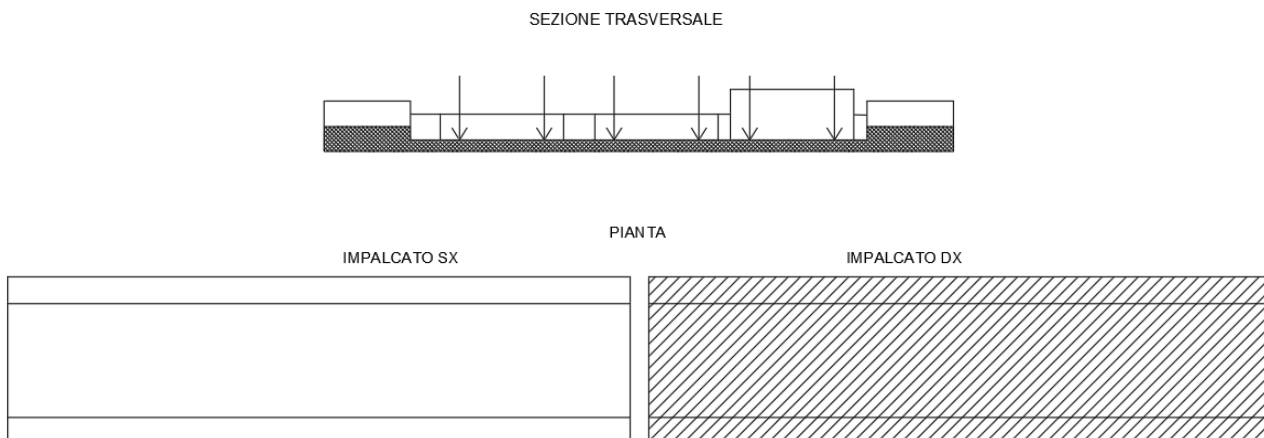
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	20 di 58



- $M_t$  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	40	m
q3	468	kN
q3 (filtrata)	468	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	10000	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	0	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".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

**Valori di progetto**

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

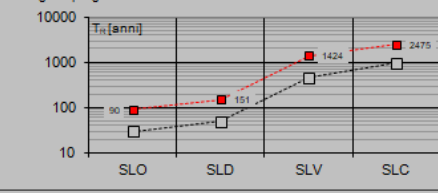
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE  $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$

Stati limite ultimi - SLU  $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

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

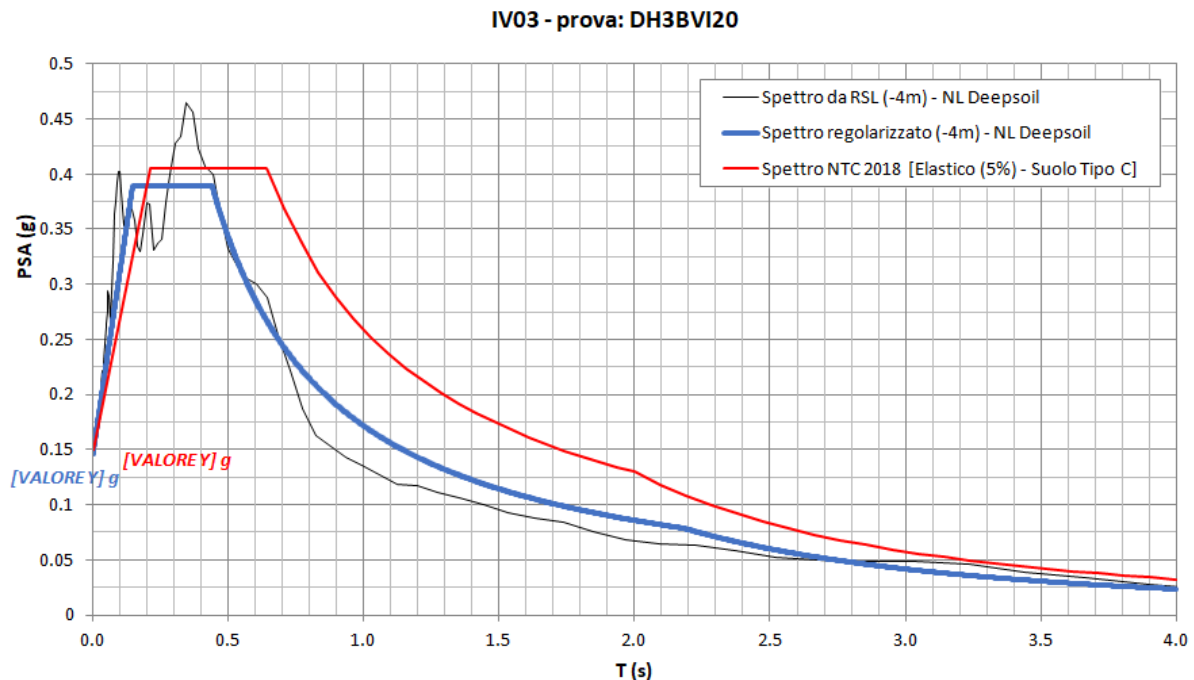
**Strategia di progettazione**



**LEGENDA GRAFICO**  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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  $L= 11.30$  m.

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	8573	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2551	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	11124	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	1715	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	8573	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	2551	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	11124	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	1715	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	8573	kN
Massa efficace pila dir. Z	mpz	2551	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mpz	11124	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	1715	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>
Rigidità Pila asse y	K <sub>y</sub>	505407800.1	N/m
Rigidità Pila asse x	K <sub>x</sub>	505407800.1	N/m
rigidità Pila asse z	K <sub>z</sub>	37352612653	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.29	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.29	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.03	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 - Taglienti Totali**

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	2885	kN
Tagliante direzione y	F y	2885	kN
Tagliante direzione z	F z	834	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	3182	kN
Tagliante direzione y	F y	3182	kN
Tagliante direzione z	F z	834	kN

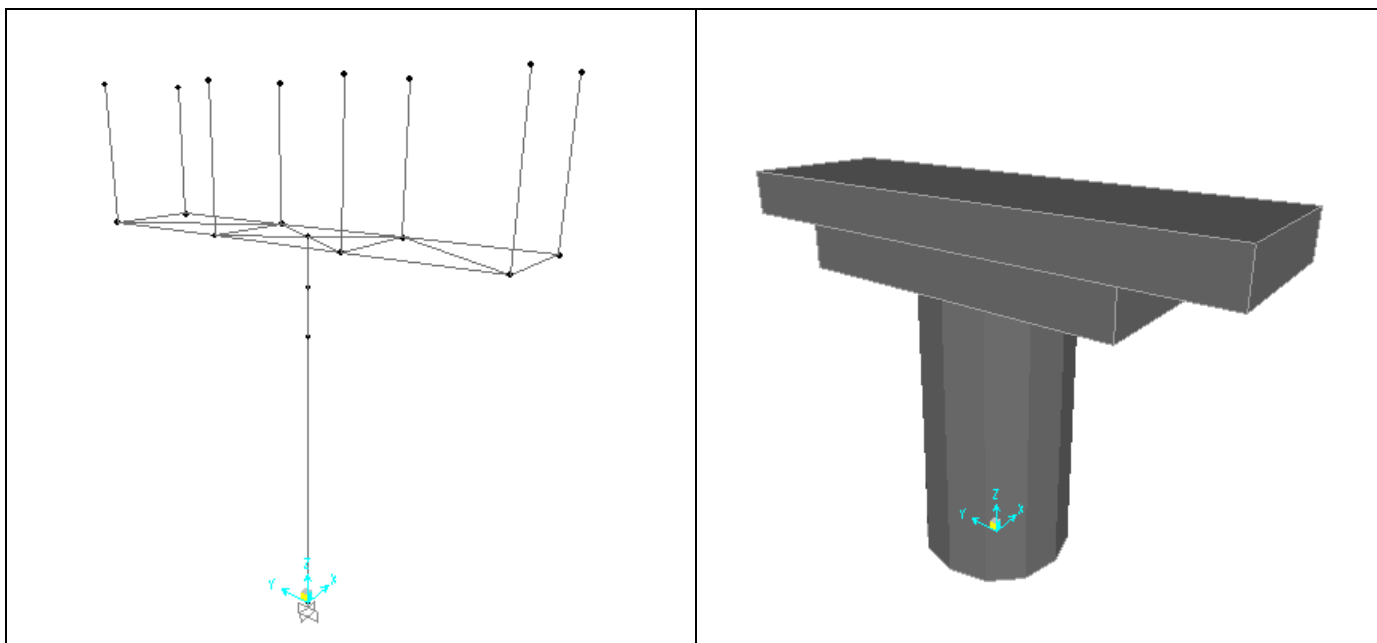
q=1

Tagliante direzione x	F x	4327	kN
Tagliante direzione y	F y	4327	kN
Tagliante direzione z	F z	834	kN



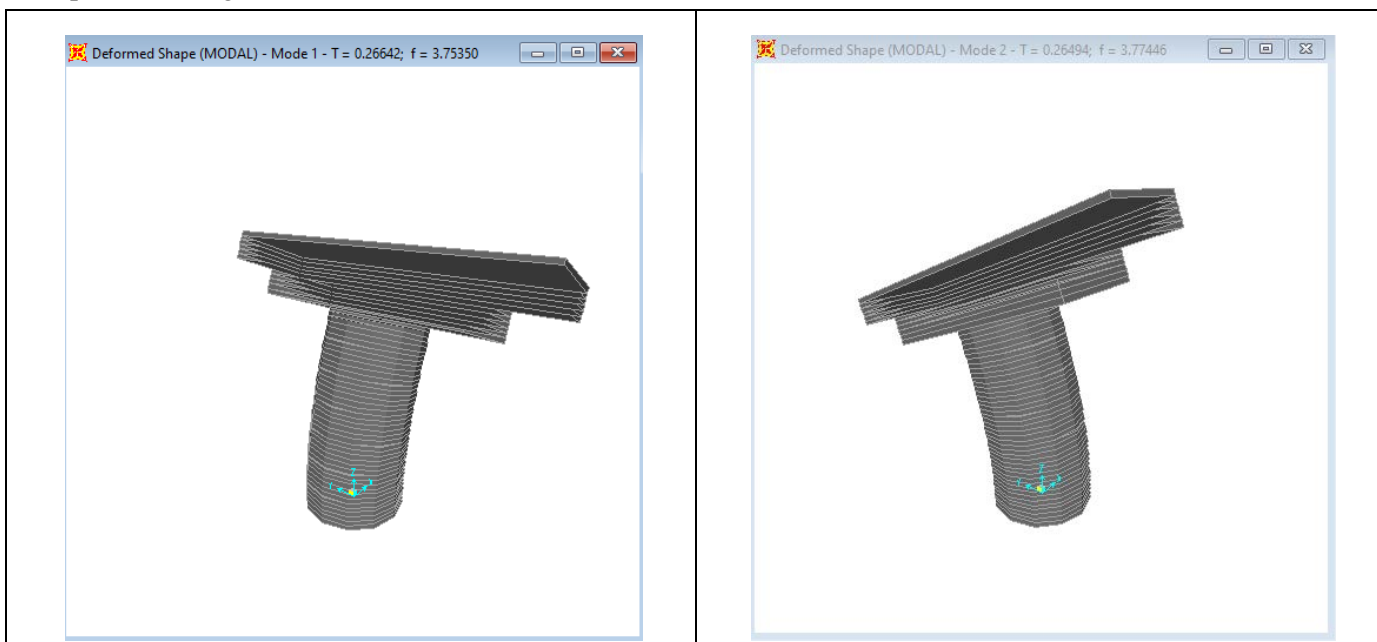
#### 4.6.8 Analisi Dinamica Lineare

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%.

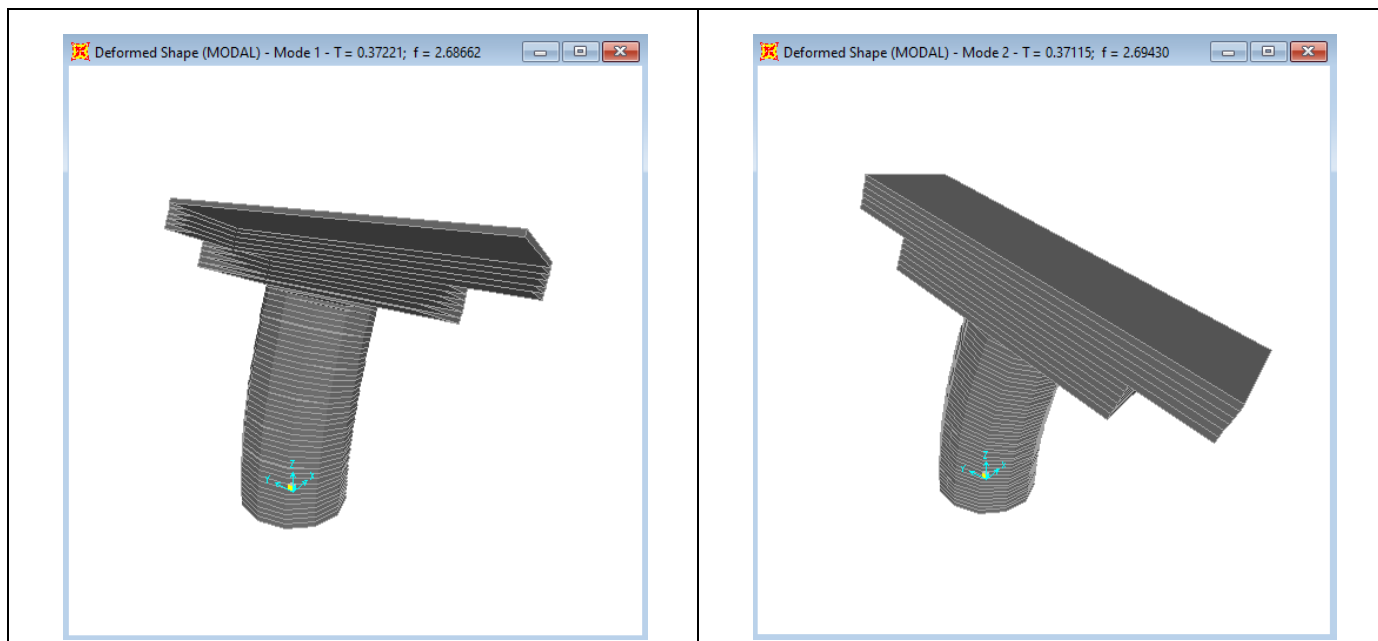


**Figura 1: Modello FEM**

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

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

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	3593			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		72		0.00	0.00	8.50	0	611
Vento su pila dir.y			36.0	0.00	0.00	8.50	306	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	3593			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		72		0.00	0.00	11.00	0	791
Vento su pila dir.y			35.98819265	0.00	0.00	11.00	396	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	15924	444	1071	12954	3976
A2 - SLU - MT max gr.1	14622	444	1071	19754	3976
A2 - SLU - ML max gr.1	14736	500	1043	12714	6995
A2 - SLU - N max gr.2	14664	982	1071	12784	10407
A2 - SLU - MT max gr.2	13794	982	1071	16851	10407
A2 - SLU - ML max gr.2	13937	1038	1043	12544	12627
A2 - SLU - N max gr.3	14664	444	1071	12784	3976
A2 - SLU - MT max gr.3	13794	444	1071	16851	3976
A2 - SLU - ML max gr.3	13937	500	1043	12544	6195
A2 - SLU - Vento ponte scarico	12193	405	998	11343	3587
A2 - SLU - N max gr.1	15324	372	999	12310	3331
A2 - SLU - MT max gr.1	14022	372	999	19110	3331
A2 - SLU - ML max gr.1	14136	428	971	12070	6350
A2 - SLU - N max gr.2	14064	910	999	12139	9763
A2 - SLU - MT max gr.2	13194	910	999	16207	9763
A2 - SLU - ML max gr.2	13337	966	971	11899	11982
A2 - SLU - N max gr.3	14064	372	999	12139	3331
A2 - SLU - MT max gr.3	13194	372	999	16207	3331
A2 - SLU - ML max gr.3	13337	428	971	11899	5551
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11593	333	926	10701	2942
A1 - SLU - N max gr.1	20331	515	1239	14985	4611
A1 - SLU - MT max gr.1	18802	515	1239	22967	4611
A1 - SLU - ML max gr.1	18936	580	1206	14708	8146
A1 - SLU - N max gr.2	18851	1147	1239	14784	12161
A1 - SLU - MT max gr.2	17830	1147	1239	19559	12161
A1 - SLU - ML max gr.2	17997	1212	1206	14508	14757
A1 - SLU - N max gr.3	18851	515	1239	14784	4611
A1 - SLU - MT max gr.3	17830	515	1239	19559	4611
A1 - SLU - ML max gr.3	17997	580	1206	14508	7207
A1 - SLU - Vento ponte scarico	15951	623	1307	14479	5527
A1 - SLU - N max gr.1	15973	395	1119	13911	3537
A1 - SLU - MT max gr.1	14445	395	1119	21893	3537
A1 - SLU - ML max gr.1	14578	460	1086	13634	7072
A1 - SLU - N max gr.2	14493	1027	1119	13710	11087
A1 - SLU - MT max gr.2	14493	1027	1119	13710	11087
A1 - SLU - ML max gr.2	13473	1092	1086	18210	11637
A1 - SLU - N max gr.3	13640	1027	1119	13709	13133
A1 - SLU - MT max gr.3	14493	395	1119	13710	3537
A1 - SLU - ML max gr.3	13473	460	1086	18210	4087
A1 - SLU - Vento ponte scarico	13640	503	1140	13892	6500
SLE Rara - N max gr.1	11593	240	1000	11741	2148
SLE Rara - MT max gr.1	14837	355	837	10152	3177
SLE Rara - ML max gr.1	13705	398	816	15882	3543
SLE Rara - N max gr.2	13804	355	837	10151	5388
SLE Rara - MT max gr.2	13741	823	837	10004	8769
SLE Rara - ML max gr.2	12985	866	816	13357	9136
SLE Rara - N max gr.3	13109	823	837	10003	10285
SLE Rara - MT max gr.3	13741	355	837	10004	3177
SLE Rara - ML max gr.3	12985	398	816	13357	3543
SLE Rara - Vento ponte scarico	13109	427	852	10125	5303
SLE Freq. - N max gr.1	14026	326	326	3365	2920
SLE Freq. - MT max gr.1	13177	326	326	7800	2920
SLE Freq. - ML max gr.1	13252	326	326	3364	4578
SLE Freq. - N max gr.2	13204	677	326	3254	7114
SLE Freq. - MT max gr.2	12637	677	326	5907	7114
SLE Freq. - ML max gr.2	12730	677	326	3253	8251
SLE Freq. - N max gr.3	13204	326	326	3254	2920
SLE Freq. - MT max gr.3	12637	326	326	5907	2920
SLE Freq. - ML max gr.3	12730	326	326	3253	4056
SLE Freq. - Vento ponte scarico	11593	254	346	3464	2270
SLE Q.P. - ML max gr.3	11593	355	355	3177	3177
SLV -dir X_1	12288	3257	1139	12765	37989
SLV -dir X_2	11784	3257	1139	12765	37989
SLV -dir Y_1	12268	1227	3183	37965	13695
SLV -dir Y_2	11764	1227	3183	37965	13695
SLV -dir Z+	13082	1227	1139	12766	13695
SLV -dir Z-	11402	1227	1139	12766	13695
SLV -dir X_1	12288	3555	1229	13825	41497
SLV -dir X_2	11784	3555	1229	13825	41497
SLV -dir Y_1	12268	1316	3484	41497	14747
SLV -dir Y_2	11764	1316	3484	41497	14747
SLV -dir Z+	13082	1316	1229	13825	14747
SLV -dir Z-	11402	1316	1229	13825	14747
SLV -dir X_1	12288	4707	1577	17912	55027
SLV -dir X_2	11784	4707	1577	17912	55027
SLV -dir Y_1	12268	1662	4643	55120	18806
SLV -dir Y_2	11764	1662	4643	55120	18806
SLV -dir Z+	13082	1662	1577	17912	18806
SLV -dir Z-	11402	1662	1577	17912	18806

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	4049	1216	11891	13097	43626
EX_1	Combination	Min	-4049	-1216	11891	-13097	-43626
EY_1	Combination	Max	1215	4051	11891	43641	13093
EY_1	Combination	Min	-1215	-4051	11891	-43641	-13093
EX_2	Combination	Max	4049	1216	11733	13097	43626
EX_2	Combination	Min	-4049	-1216	11733	-13097	-43626
EY_2	Combination	Max	1215	4051	11733	43641	13093
EY_2	Combination	Min	-1215	-4051	11733	-43641	-13093
EZ_1	Combination	Max	1215	1216	12076	13093	13089
EZ_1	Combination	Min	-1215	-1216	12076	-13093	-13089
EZ_2	Combination	Max	1215	1216	11548	13093	13089
EZ_2	Combination	Min	-1215	-1216	11548	-13093	-13089
			<b>4049</b>	<b>4051</b>		<b>43641</b>	<b>43626</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	4054	1218	11891	13108	43660
EX_1	Combination	Min	-4054	-1218	11891	-13108	-43660
EY_1	Combination	Max	1216	4059	11891	43691	13099
EY_1	Combination	Min	-1216	-4059	11891	-43691	-13099
EX_2	Combination	Max	4054	1218	11733	13108	43660
EX_2	Combination	Min	-4054	-1218	11733	-13108	-43660
EY_2	Combination	Max	1216	4059	11733	43691	13099
EY_2	Combination	Min	-1216	-4059	11733	-43691	-13099
EZ_1	Combination	Max	1216	1218	12076	13107	13098
EZ_1	Combination	Min	-1216	-1218	12076	-13107	-13098
EZ_2	Combination	Max	1216	1218	11548	13107	13098
EZ_2	Combination	Min	-1216	-1218	11548	-13107	-13098
			<b>4054</b>	<b>4059</b>		<b>43691</b>	<b>43660</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.

#### 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 INTRADOSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	27310	444	1071	15633	5086
A2 - SLU - MT max gr.1	26008	444	1071	22433	5086
A2 - SLU - ML max gr.1	26122	500	1043	15322	8245
A2 - SLU - N max gr.2	26049	982	1071	15462	12863
A2 - SLU - MT max gr.2	25180	982	1071	19529	12863
A2 - SLU - ML max gr.2	25322	1038	1043	15152	15223
A2 - SLU - N max gr.3	26049	444	1071	15462	5086
A2 - SLU - MT max gr.3	25180	444	1071	19529	5086
A2 - SLU - ML max gr.3	25322	500	1043	15152	7446
A2 - SLU - Vento ponte scarico	23579	405	998	13841	4600
A2 - SLU - N max gr.1	25990	372	999	14808	4262
A2 - SLU - MT max gr.1	24688	372	999	21608	4262
A2 - SLU - ML max gr.1	24802	428	971	14498	7421
A2 - SLU - N max gr.2	24729	910	999	14638	12039
A2 - SLU - MT max gr.2	23860	910	999	18705	12039
A2 - SLU - ML max gr.2	24002	966	971	14327	14398
A2 - SLU - N max gr.3	24729	372	999	14638	4262
A2 - SLU - MT max gr.3	23860	372	999	18705	4262
A2 - SLU - ML max gr.3	24002	428	971	14327	6621
A2 - SLU - Vento ponte scarico	22259	333	926	13017	3776
A1 - SLU - N max gr.1	35089	515	1239	18082	5899
A1 - SLU - MT max gr.1	33561	515	1239	26064	5899
A1 - SLU - ML max gr.1	33695	580	1206	17724	9595
A1 - SLU - N max gr.2	33610	1147	1239	17881	15029
A1 - SLU - MT max gr.2	32589	1147	1239	22656	15029
A1 - SLU - ML max gr.2	32756	1212	1206	17524	17786
A1 - SLU - N max gr.3	33610	515	1239	17881	5899
A1 - SLU - MT max gr.3	32589	515	1239	22656	5899
A1 - SLU - ML max gr.3	32756	580	1206	17524	8657
A1 - SLU - Vento ponte scarico	30710	623	1307	17747	7085
A1 - SLU - N max gr.1	26638	395	1119	16708	4525
A1 - SLU - MT max gr.1	25110	395	1119	24690	4525
A1 - SLU - ML max gr.1	25244	460	1086	16350	8221
A1 - SLU - N max gr.2	25159	1027	1119	16507	13655
A1 - SLU - MT max gr.2	25159	1027	1119	16507	13655
A1 - SLU - ML max gr.2	24138	1092	1086	20926	14366
A1 - SLU - N max gr.3	24305	1027	1119	16506	15701
A1 - SLU - MT max gr.3	25159	395	1119	16507	4525
A1 - SLU - ML max gr.3	24138	460	1086	20926	5236
A1 - SLU - Vento ponte scarico	24305	503	1140	16743	7757
SLE Rara - N max gr.1	22259	240	1000	14240	2748
SLE Rara - MT max gr.1	25503	355	837	12246	4064
SLE Rara - ML max gr.1	24371	398	816	17921	4539
SLE Rara - N max gr.2	24470	355	837	12244	6275
SLE Rara - MT max gr.2	24407	823	837	12097	10827
SLE Rara - ML max gr.2	23651	866	816	15397	11301
SLE Rara - N max gr.3	23775	823	837	12096	12343
SLE Rara - MT max gr.3	24407	355	837	12097	4064
SLE Rara - ML max gr.3	23651	398	816	15397	4539
SLE Rara - Vento ponte scarico	23775	427	852	12254	6371
SLE Freq. - N max gr.1	24692	326	326	4181	3735
SLE Freq. - MT max gr.1	23843	326	326	8615	3735
SLE Freq. - ML max gr.1	23917	326	326	4180	5393
SLE Freq. - N max gr.2	23870	677	326	4069	8807
SLE Freq. - MT max gr.2	23303	677	326	6722	8807
SLE Freq. - ML max gr.2	23396	677	326	4069	9944
SLE Freq. - N max gr.3	23870	326	326	4069	3735
SLE Freq. - MT max gr.3	23303	326	326	6722	3735
SLE Freq. - ML max gr.3	23396	326	326	4069	4872
SLE Freq. - Vento ponte scarico	22259	254	346	4328	2906
SLE Q.P. - ML max gr.3	22259	355	355	4064	4064
SLV -dir X_1	23193	4496	1511	16078	47681
SLV -dir X_2	22209	4496	1511	16078	47681
SLV -dir Y_1	23173	1599	4423	47472	17226
SLV -dir Y_2	22189	1599	4423	47472	17226
SLV -dir Z+	24548	1599	1511	16078	17226
SLV -dir Z-	21268	1599	1511	16078	17226
SLV -dir X_1	23193	4795	1601	17363	51935
SLV -dir X_2	22209	4795	1601	17363	51935
SLV -dir Y_1	23173	1688	4723	51756	18502
SLV -dir Y_2	22189	1688	4723	51756	18502
SLV -dir Z+	24548	1688	1601	17363	18502
SLV -dir Z-	21268	1688	1601	17363	18502
SLV -dir X_1	23193	5946	1949	22319	68343
SLV -dir X_2	22209	5946	1949	22319	68343
SLV -dir Y_1	23173	2034	5883	68277	23425
SLV -dir Y_2	22189	2034	5883	68277	23425
SLV -dir Z+	24548	2034	1949	22319	23425
SLV -dir Z-	21268	2034	1949	22319	23425

**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	35089	515	1239	18082	5899	4787	3011	149
AI - SLU - MT max gr.1	33561	515	1239	26064	5899	4913	2545	149
AI - SLU - ML max gr.1	33695	580	1206	17724	9595	4756	2732	149
AI - SLU - N max gr.2	33610	1147	1239	17881	15029	4953	2516	188
AI - SLU - MT max gr.2	32589	1147	1239	22656	15029	5017	2225	188
AI - SLU - ML max gr.2	32756	1212	1206	17524	17786	4947	2332	190
AI - SLU - N max gr.3	33610	515	1239	17881	5899	4615	2854	149
AI - SLU - MT max gr.3	32589	515	1239	22656	5899	4679	2563	149
AI - SLU - ML max gr.3	32756	580	1206	17524	8657	4609	2670	149
AI - SLU - Vento ponte scarico	30710	623	1307	17747	7085	4332	2492	161
AI - SLU - N max gr.1	26638	395	1119	16708	4525	3746	2173	132
AI - SLU - MT max gr.1	25110	395	1119	24690	4525	3872	1708	132
AI - SLU - ML max gr.1	25244	460	1086	16350	8221	3715	1895	131
AI - SLU - N max gr.2	25159	1027	1119	16507	13655	3913	1678	169
AI - SLU - MT max gr.2	25159	1027	1119	16507	13655	3913	1678	169
AI - SLU - ML max gr.2	24138	1092	1086	20926	14366	3989	1375	171
AI - SLU - N max gr.3	24305	1027	1119	16506	15701	3893	1508	169
AI - SLU - MT max gr.3	25159	395	1119	16507	4525	3574	2016	132
AI - SLU - ML max gr.3	24138	460	1086	20926	5236	3651	1713	131
AI - SLU - Vento ponte scarico	24305	503	1140	16743	7757	3608	1793	138
						5017	1375	190

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	23193	4795	1601	17363	51935	5144	10	562
SLV -dir.X 2	22209	4795	1601	17363	51935	5034	-99	562
SLV -dir.Y 1	23173	1688	4723	51756	18502	5177	-27	557
SLV -dir.Y 2	22189	1688	4723	51756	18502	5068	-137	557
SLV -dir.Z+	24548	1688	1601	17363	18502	4056	1399	259
SLV -dir.Z-	21268	1688	1601	17363	18502	3691	1035	259
						5177	-137	562

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	23193	5946	1949	22319	68343	5935	-781	695
SLV -dir.X 2	22209	5946	1949	22319	68343	5826	-890	695
SLV -dir.Y 1	23173	2034	5883	68277	23425	5971	-822	692
SLV -dir.Y 2	22189	2034	5883	68277	23425	5862	-931	692
SLV -dir.Z+	24548	2034	1949	22319	23425	4422	1033	313
SLV -dir.Z-	21268	2034	1949	22319	23425	4057	669	313
						5971	-931	695

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	22259	240	1000	14240	2748	3102	1844	114
SLE Rara - MT max gr.1	25503	355	837	12246	4064	3438	2230	101
SLE Rara - ML max gr.1	24371	398	816	17921	4539	3540	1876	101
SLE Rara - N max gr.2	24470	355	837	12244	6275	3405	2033	101
SLE Rara - MT max gr.2	24407	823	837	12097	10827	3561	1863	130
SLE Rara - ML max gr.2	23651	866	816	15397	11301	3617	1639	132
SLE Rara - N max gr.3	23775	823	837	12096	12343	3547	1737	130
SLE Rara - MT max gr.3	24407	355	837	12097	4064	3310	2113	101
SLE Rara - ML max gr.3	23651	398	816	15397	4539	3366	1890	101
SLE Rara - Vento ponte scarico	23775	427	852	12254	6371	3331	1952	106
						3617	1639	132

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	24692	326	326	4181	3735	3037	2450	51
SLE Freq. - MT max gr.1	23843	326	326	8615	3735	3107	2192	51
SLE Freq. - ML max gr.1	23917	326	326	4180	5393	3012	2303	51
SLE Freq. - N max gr.2	23870	677	326	4069	8807	3129	2175	84
SLE Freq. - MT max gr.2	23303	677	326	6722	8807	3164	2014	84
SLE Freq. - ML max gr.2	23396	677	326	4069	9944	3119	2081	84
SLE Freq. - N max gr.3	23870	326	326	4069	3735	2941	2363	51
SLE Freq. - MT max gr.3	23303	326	326	6722	3735	2977	2202	51
SLE Freq. - ML max gr.3	23396	326	326	4069	4872	2931	2268	51
SLE Freq. - Vento ponte scarico	22259	254	346	4328	2906	2741	2205	48
						3164	2014	84

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

#### 4.8.1 Scalzamento

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

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

L’azione idrodinamica viene valutata secondo:

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

Con:

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

$v=$  m/s velocità della corrente

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

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

Con:



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

$\alpha$  = angolo di incidenza

$b$  = larghezza investita dalla corrente

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

Verranno presi gli involuipi dei dati relativi a corrente e scalzamento sulla base della tipologia di pila considerata.

#### Dati corrente

h corrente	3.65	m
h scalzamento	5.35	m
angolo corrente (rispetto asse x)	90.0	°
velocità corrente	1.32	m/s
densità acqua	1000	kg/m <sup>3</sup>

#### Dati plinto

ricoprimento plinto	0.5	m
altezza plinto	2.5	m
Lunghezza lungo asse x	12	m
Lunghezza lungo asse y	12	m

#### Dati pila

Tipo pila	c	
Lunghezza lungo asse x	3.5	m
Lunghezza lungo asse y	3.5	m

coefficiente di forma pila	0.7	
coefficiente di forma plinto	1.44	
q <sub>idr</sub>	0.87	kPa
h tot investita	9	m
h pila investita	4.15	m
h plinto investita	2.5	m
h pali investita	2.35	m
h fondazione investita	4.85	m
q max	0.87	kPa
q spiccato pila	0.47	kPa

#### Sollecitazioni

F pila x	0.00	kN
F pila y	6.82	kN
M <sub>x</sub> pila	15.56	kN*m
M <sub>y</sub> pila	0.00	kN*m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	34 di 58

F fondazione x	0.00	kN
F fondazione y	26.49	kN
Mx fondazione	112.22	kN*m
My fondazione	0.00	kN*m

n pali	9	
V palo	3	kN
N palo	5	kN

Tali azioni andrebbero sommate alle azioni agenti sulla pila e sulla fondazione nella condizione Frequente, ma risultano di due ordini di grandezza inferiori. Verranno pertanto trascurate.

#### 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)

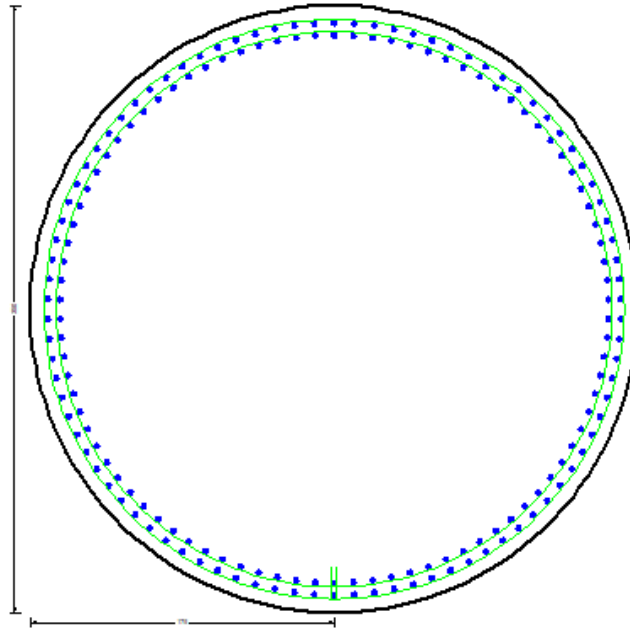
#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy, Tx)	Trasv.(Mxx, Ty)	
Altezza pila	H	11.8	11.8	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	4707	4643	kN
Momento agente (q=1)	M	55027	55120	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	3257	3183	kN
Momento agente (con q)	MEd	37989	37965	kN*m
Momento Resistente	MRd	75855	75680	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	2.00	1.99	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	4707	4643	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	6503	6345	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>4707</b>	<b>4643</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.22	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	<b>1</b>	<b>1.22</b>	
<b>Riassumendo</b>				
Taglio di calcolo	Vgr	<b>4707</b>	<b>4643</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.21	1.22	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

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.

$$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10 \quad \text{spirale } \phi 14/20$$



#### 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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	37 di 58

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	165.0	90	30
2	0.0	0.0	158.0	90	30

**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 [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore 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	20331.00	4611.00	14985.00	515.00	1239.00
2	18802.00	4611.00	22967.00	515.00	1239.00
3	18936.00	8146.00	14708.00	580.00	1206.00
4	18851.00	12161.00	14784.00	1147.00	1239.00
5	17830.00	12161.00	19559.00	1147.00	1239.00
6	17997.00	14757.00	14508.00	1212.00	1206.00
7	18851.00	4611.00	14784.00	515.00	1239.00
8	17830.00	4611.00	19559.00	515.00	1239.00
9	17997.00	7207.00	14508.00	580.00	1206.00
10	15951.00	5527.00	14479.00	623.00	1307.00
11	15973.00	3537.00	13911.00	395.00	1119.00
12	14445.00	3537.00	21893.00	395.00	1119.00
13	14578.00	7072.00	13634.00	460.00	1086.00
14	14493.00	11087.00	13710.00	1027.00	1119.00
15	14493.00	11087.00	13710.00	1027.00	1119.00
16	13473.00	11637.00	18210.00	1092.00	1086.00
17	13640.00	13133.00	13709.00	1027.00	1119.00
18	14493.00	3537.00	13710.00	395.00	1119.00
19	13473.00	4087.00	18210.00	460.00	1086.00
20	13640.00	6500.00	13892.00	503.00	1140.00
21	12288.00	37989.00	12765.00	3257.00	1139.00
22	11784.00	37989.00	12765.00	4707.00	1139.00
23	12268.00	13695.00	37965.00	1227.00	4643.00
24	11764.00	13695.00	37965.00	1227.00	3183.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	38 di 58

25	13082.00	13695.00	12766.00	1227.00	1139.00
26	11402.00	13695.00	12766.00	1227.00	1139.00

**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	11593.00	2148.00	11741.00
2	14837.00	3177.00	10152.00
3	13705.00	3543.00	15882.00
4	13804.00	5388.00	10151.00
5	13741.00	8769.00	10004.00
6	12985.00	9136.00	13357.00
7	13109.00	10285.00	10003.00
8	13741.00	3177.00	10004.00
9	12985.00	3543.00	13357.00
10	13109.00	5303.00	10125.00

**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	14026.00	2920.00 (1992.99)	3365.00 (0.00)
2	13177.00	2920.00 (26949.41)	7800.00 (71988.16)
3	13252.00	4578.00 (142920.33)	3364.00 (89399.80)
4	13204.00	7114.00 (90476.56)	3254.00 (41384.69)
5	12637.00	7114.00 (40410.98)	5907.00 (33554.63)
6	12730.00	8251.00 (54350.13)	3253.00 (21427.82)
7	13204.00	2920.00 (33431.39)	3254.00 (53355.32)
8	12637.00	2920.00 (122486.98)	5907.00 (247784.44)
9	12730.00	4056.00 (56866.82)	3253.00 (56923.37)
10	11593.00	2270.00 (5210.58)	3464.00 (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	11593.00	3177.00 (260908.71)	3177.00 (195249.57)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	39 di 58

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.1 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	20331.00	4611.00	14985.00	20330.94	25647.11	83322.10	5.561272.3(288.6)	
2	S	18802.00	4611.00	22967.00	18801.89	16943.86	84289.69	3.671272.3(288.6)	
3	S	18936.00	8146.00	14708.00	18936.08	41691.84	75308.40	5.121272.3(288.6)	
4	S	18851.00	12161.00	14784.00	18850.97	54658.49	66416.60	4.491272.3(288.6)	
5	S	17830.00	12161.00	19559.00	17830.17	44982.93	72341.42	3.701272.3(288.6)	
6	S	17997.00	14757.00	14508.00	17997.23	60833.22	59828.96	4.121272.3(288.6)	
7	S	18851.00	4611.00	14784.00	18850.97	25596.78	82110.81	5.551272.3(288.6)	
8	S	17830.00	4611.00	19559.00	17829.88	19528.16	82921.10	4.241272.3(288.6)	
9	S	17997.00	7207.00	14508.00	17997.04	37971.06	76408.45	5.271272.3(288.6)	
10	S	15951.00	5527.00	14479.00	15950.97	29847.09	78131.65	5.401272.3(288.6)	
11	S	15973.00	3537.00	13911.00	15972.97	20606.95	81075.63	5.831272.3(288.6)	
12	S	14445.00	3537.00	21893.00	14445.21	13137.93	81303.58	3.711272.3(288.6)	
13	S	14578.00	7072.00	13634.00	14578.01	37973.79	73216.34	5.371272.3(288.6)	
14	S	14493.00	11087.00	13710.00	14492.80	51810.90	64073.59	4.671272.3(288.6)	
15	S	14493.00	11087.00	13710.00	14492.80	51810.90	64073.59	4.671272.3(288.6)	
16	S	13473.00	11637.00	18210.00	13472.74	43888.16	68697.22	3.771272.3(288.6)	
17	S	13640.00	13133.00	13709.00	13640.13	56497.27	58968.34	4.301272.3(288.6)	
18	S	14493.00	3537.00	13710.00	14493.21	20581.48	79784.48	5.821272.3(288.6)	
19	S	13473.00	4087.00	18210.00	13473.17	17840.73	79544.53	4.371272.3(288.6)	
20	S	13640.00	6500.00	13892.00	13640.02	34599.79	73975.71	5.321272.3(288.6)	
21	S	12288.00	37989.00	12765.00	12288.18	76282.10	25632.78	2.011272.3(288.6)	
22	S	11784.00	37989.00	12765.00	11784.07	75855.89	25494.57	2.001272.3(288.6)	
23	S	12268.00	13695.00	37965.00	12268.04	27299.77	75680.53	1.991272.3(288.6)	
24	S	11764.00	13695.00	37965.00	11763.99	27146.44	75259.48	1.981272.3(288.6)	
25	S	13082.00	13695.00	12766.00	13082.20	59389.54	55344.78	4.341272.3(288.6)	
26	S	11402.00	13695.00	12766.00	11401.71	58280.49	54348.03	4.261272.3(288.6)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	167.3	123.7	0.00317	156.9	51.0	-0.00770	-156.9	-51.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	40 di 58

2	0.00350	171.6	61.4	0.00316	162.5	28.7	-0.00794	-162.5	-28.7
3	0.00350	153.1	141.0	0.00316	142.9	82.5	-0.00792	-142.9	-82.5
4	0.00350	135.2	159.1	0.00316	130.0	101.6	-0.00793	-130.0	-101.6
5	0.00350	148.6	134.6	0.00316	142.9	82.5	-0.00810	-142.9	-82.5
6	0.00350	122.7	162.8	0.00316	114.6	118.7	-0.00808	-114.6	-118.7
7	0.00350	167.1	116.9	0.00316	156.9	51.0	-0.00794	-156.9	-51.0
8	0.00350	170.3	77.5	0.00316	160.1	39.9	-0.00810	-160.1	-39.9
9	0.00350	156.7	136.5	0.00316	148.3	72.3	-0.00808	-148.3	-72.3
10	0.00350	163.5	95.9	0.00315	153.0	61.8	-0.00843	-153.0	-61.8
11	0.00350	169.6	43.1	0.00315	160.1	39.9	-0.00842	-160.1	-39.9
12	0.00350	172.8	27.9	0.00314	162.5	28.7	-0.00870	-162.5	-28.7
13	0.00350	155.3	80.6	0.00314	148.3	72.3	-0.00867	-148.3	-72.3
14	0.00350	136.1	110.0	0.00314	130.0	101.6	-0.00869	-130.0	-101.6
15	0.00350	136.1	110.0	0.00314	130.0	101.6	-0.00869	-130.0	-101.6
16	0.00350	147.5	94.2	0.00313	136.8	92.3	-0.00888	-136.8	-92.3
17	0.00350	126.4	121.1	0.00313	122.6	110.4	-0.00885	-122.6	-110.4
18	0.00350	169.5	43.7	0.00314	160.1	39.9	-0.00869	-160.1	-39.9
19	0.00350	170.8	38.3	0.00313	160.1	39.9	-0.00888	-160.1	-39.9
20	0.00350	158.5	74.2	0.00314	148.3	72.3	-0.00885	-148.3	-72.3
21	0.00350	55.7	165.9	0.00313	56.4	155.0	-0.00912	-56.4	-155.0
22	0.00350	55.7	165.9	0.00312	56.4	155.0	-0.00922	-56.4	-155.0
23	0.00350	164.6	59.4	0.00313	156.9	51.0	-0.00912	-156.9	-51.0
24	0.00350	164.6	59.4	0.00312	156.9	51.0	-0.00922	-156.9	-51.0
25	0.00350	119.3	128.0	0.00313	114.6	118.7	-0.00896	-114.6	-118.7
26	0.00350	119.3	128.0	0.00312	114.6	118.7	-0.00930	-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	0.000031492	0.000009690	-0.002266133	----	----
2	0.000033002	0.000006626	-0.002390605	----	----
3	0.000029392	0.000016279	-0.002379799	----	----
4	0.000025978	0.000021369	-0.002386469	----	----
5	0.000028992	0.000018026	-0.002474321	----	----
6	0.000023870	0.000024280	-0.002458459	----	----
7	0.000032115	0.000010016	-0.002387145	----	----
8	0.000033220	0.000007831	-0.002472818	----	----
9	0.000030493	0.000015148	-0.002458496	----	----
10	0.000032777	0.000012512	-0.002639600	----	----
11	0.000033989	0.000008642	-0.002637415	----	----
12	0.000035432	0.000005724	-0.002781010	----	----
13	0.000031792	0.000016490	-0.002767472	----	----
14	0.000027887	0.000022552	-0.002776318	----	----
15	0.000027887	0.000022552	-0.002776318	----	----
16	0.000030695	0.000019616	-0.002874804	----	----
17	0.000026236	0.000025134	-0.002858212	----	----
18	0.000034729	0.000008960	-0.002776534	----	----
19	0.000035543	0.000007977	-0.002874735	----	----
20	0.000032910	0.000015398	-0.002858492	----	----
21	0.000011821	0.000035179	-0.002994618	----	----
22	0.000011916	0.000035461	-0.003046722	----	----
23	0.000034922	0.000012597	-0.002996769	----	----
24	0.000035202	0.000012698	-0.003048912	----	----
25	0.000024990	0.000026809	-0.002913738	----	----
26	0.000025663	0.000027531	-0.003086432	----	----



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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1335.67	29041.29	7630.15292.4	258.8	311.2	2.500	1.112	5.3	30.1(0.0)
2	S	1316.13	28831.01	7669.24292.9	260.1	309.8	2.500	1.104	5.2	30.1(0.0)
3	S	1336.01	28841.60	7666.14292.9	260.0	309.8	2.500	1.105	5.3	30.1(0.0)
4	S	1685.52	28834.74	7668.69292.9	260.1	309.8	2.500	1.104	6.6	30.1(0.0)
5	S	1657.84	28661.50	7700.26293.4	261.1	308.3	2.500	1.099	6.5	30.2(0.0)
6	S	1709.76	28673.22	7693.34293.4	261.0	308.3	2.500	1.099	6.7	30.1(0.0)
7	S	1336.14	28835.28	7666.94292.9	260.1	309.8	2.500	1.104	5.3	30.1(0.0)
8	S	1324.11	28660.33	7696.49293.4	261.1	308.3	2.500	1.099	5.2	30.1(0.0)
9	S	1338.11	28673.25	7693.24293.4	261.0	308.3	2.500	1.099	5.2	30.1(0.0)
10	S	1443.24	28416.40	7741.65293.9	262.6	306.8	2.500	1.088	5.6	30.1(0.0)
11	S	1181.83	28417.99	7739.88293.9	262.6	306.8	2.500	1.088	4.6	30.1(0.0)
12	S	1167.67	28198.21	7779.30294.4	263.9	305.3	2.500	1.080	4.5	30.1(0.0)
13	S	1175.83	28208.14	7778.46294.4	263.8	305.3	2.500	1.081	4.6	30.1(0.0)
14	S	1515.88	28201.93	7778.76294.4	263.8	305.3	2.500	1.080	5.9	30.1(0.0)
15	S	1515.88	28201.93	7778.76294.4	263.8	305.3	2.500	1.080	5.9	30.1(0.0)
16	S	1503.13	28018.34	7809.99294.9	264.9	303.7	2.500	1.074	5.8	30.1(0.0)
17	S	1518.50	28031.51	7808.45294.9	264.8	303.7	2.500	1.075	5.9	30.1(0.0)
18	S	1182.20	28202.08	7777.96294.4	263.8	305.3	2.500	1.080	4.6	30.1(0.0)
19	S	1160.37	28018.30	7809.75294.9	264.9	303.7	2.500	1.074	4.5	30.1(0.0)
20	S	1245.73	28031.70	7805.78294.9	264.8	303.7	2.500	1.075	4.8	30.1(0.0)
21	S	3450.16	27819.74	7843.06295.4	266.0	302.2	2.500	1.068	13.3	30.1(0.0)
22	S	4824.64	27779.28	7851.68295.4	266.3	302.2	2.500	1.065	18.5	30.1(0.0)
23	S	4783.88	27818.20	7845.01295.4	266.0	302.2	2.500	1.068	18.4	30.2(0.0)
24	S	3410.50	27777.74	7853.64295.4	266.3	302.2	2.500	1.065	13.1	30.2(0.0)
25	S	1674.17	27987.28	7815.50294.9	265.1	303.8	2.500	1.072	6.5	30.1(0.0)
26	S	1674.17	27748.30	7856.95295.4	266.5	302.2	2.500	1.063	6.4	30.1(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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	42 di 58

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.41	172.1	1190.0	-24.4	-162.5	-28.7	5991	226.2
2	S	3.24	167.0	1190.0	-9.2	-156.9	-51.0	2399	127.2
3	S	4.62	170.8	1190.0	-41.9	-160.1	-39.9	6964	268.6
4	S	3.38	154.6	1190.0	-15.1	-148.3	-72.3	3861	183.8
5	S	3.83	131.6	1190.0	-24.2	-122.6	-110.4	5431	226.2
6	S	4.59	144.4	1190.0	-44.7	-136.8	-92.3	7228	275.7
7	S	4.09	122.0	1190.0	-32.6	-114.6	-118.7	6449	254.5
8	S	3.14	166.8	1190.0	-11.0	-156.9	-51.0	3016	155.5
9	S	3.94	169.2	1190.0	-29.9	-160.1	-39.9	6249	240.3
10	S	3.33	155.0	1190.0	-16.7	-148.3	-72.3	4331	190.9

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

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

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 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 =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(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)	424	0.031 (0.20)	5978.76	32679.99
2	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	385	0.011 (0.20)	16363.96	52290.49
3	S	-0.00023	0	0.500	30.0	85	0.00013 (0.00013)	421	0.053 (0.20)	6458.78	28952.42
4	S	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	396	0.018 (0.20)	19808.29	37318.85
5	S	-0.00013	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	411	0.030 (0.20)	23229.85	26501.47
6	S	-0.00024	0	0.500	30.0	85	0.00013 (0.00013)	423	0.057 (0.20)	16211.35	23701.29
7	S	-0.00018	0	0.500	30.0	85	0.00010 (0.00010)	418	0.041 (0.20)	22606.21	21986.38
8	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	388	0.013 (0.20)	14659.06	46159.66
9	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85	0.00009 (0.00009)	422	0.038 (0.20)	8274.62	31195.05
10	S	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	405	0.020 (0.20)	18421.87	35172.82

**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	2.01	132.2	1190.0	7.1	-122.6	-110.4	----	----
2	S	2.64	163.9	1190.0	-4.3	-153.0	-61.8	1198	42.4
3	S	2.16	103.6	1190.0	3.0	-97.0	-133.5	----	----
4	S	2.54	72.8	1190.0	-2.7	-67.1	-150.7	634	21.2
5	S	2.80	111.8	1190.0	-8.5	-106.1	-126.4	2570	127.2
6	S	2.72	64.2	1190.0	-6.9	-56.4	-155.0	2124	113.1
7	S	1.92	130.2	1190.0	6.2	-122.6	-110.4	----	----
8	S	2.27	156.9	1190.0	-0.1	-148.3	-72.3	405	7.1
9	S	2.03	109.5	1190.0	3.5	-106.1	-126.4	----	----
10	S	1.74	146.4	1190.0	4.7	-136.8	-92.3	----	----

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	43 di 58

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	-0.00003	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	0.006 (0.20)	26949.41	71988.16
3	S	-0.00001	0	----	----	----	----	0.000 (0.20)	142920.33	89399.80
4	S	-0.00002	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	0.004 (0.20)	90476.56	41384.69
5	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	0.010 (0.20)	40410.98	33554.63
6	S	-0.00004	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	0.008 (0.20)	54350.13	21427.82
7	S	-0.00005	0	----	----	----	----	0.000 (0.20)	33431.39	53355.32
8	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	0.000 (0.20)	122486.98	247784.44
9	S	-0.00003	0	----	----	----	----	0.000 (0.20)	56866.82	56923.37
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	1.80	123.7	1190.0	3.8	-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	-0.00001	0	----	----	----	----	0.000 (0.20)	260908.71	195249.57

#### 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 :

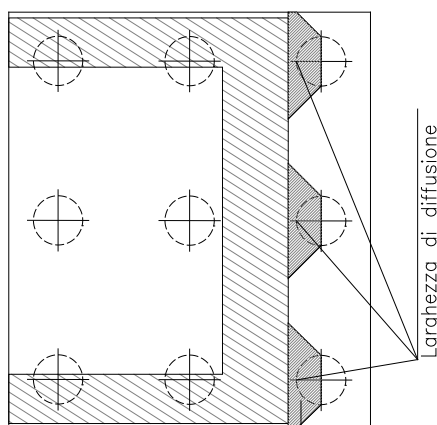
$$N_{\max} = 5017 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5177 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 562 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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).

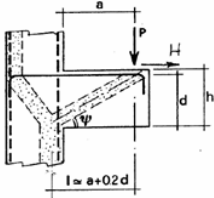
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



**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) =	5177.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}$ (KN) =	562.00	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) =	22.0	p1(cm) =	10.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 1 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	20147.02
				$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	20147.02
				$\theta 1^\circ$ =	0.0
Registro tipo	R2				
$n^\circ$ R2 =	1	$\phi 2$ (mm) =	22.0	p2(cm) =	10.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 2 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	20147.02
				$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	20147.02
				$\theta 2^\circ$ =	0.0
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
				$\theta 3^\circ$ =	0.0

Verifiche di resistenza

$\Psi$  = 0.399 rad = 22.88 °

$P_{RS}$  = 6411.2 KN  $P_{RS} > P_{Ed}$  - Verifica Soddisfatta

$P_{RC}$  = 10753.6 KN  $P_{RC} > P_{RS}$  - Verifica Soddisfatta

### 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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.7 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

	N	M	V
SLU	5017	513	190
SLU	1375	513	190
SLV $q=1$	5971	1877	695
SLV $q=1$	-931	1877	695

In fase di scalzamento  $\alpha = 4.0$

*Caratteristiche della sezione:*

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

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

La lunghezza del palo è pari a  $L = 27.00 \text{ m}$

#### 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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	47 di 58

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	20	26
2	0.0	0.0	60.0	20	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	5017.00	513.00	190.00
2	1375.00	513.00	190.00
3	5971.00	1877.00	695.00
4	-931.00	1877.00	695.00

**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	3617.00	357.00	0.00
2	1639.00	357.00	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 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	48 di 58

1	3164.00	346.00 (1992.99)	0.00 (0.00)
2	2014.00	346.00 (26949.41)	0.00 (71988.16)

**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 [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5017.00	513.00	5017.07	6094.86	11.88	212.4(53.0)
2	S	1375.00	513.00	1374.91	5039.25	9.82	212.4(53.0)
3	S	5971.00	1877.00	5970.92	6298.47	3.36	212.4(53.0)
4	S	-931.00	1877.00	-931.29	4130.98	2.20	212.4(53.0)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
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	0.00289	0.0	65.0	-0.00505	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00268	0.0	65.0	-0.00801	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00293	0.0	65.0	-0.00451	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00245	0.0	65.0	-0.01113	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	0.000061101	-0.001082607	----	----
2	0.000000000	0.000082215	-0.002666120	----	----
3	0.000000000	0.000057181	-0.000788605	----	----
4	0.000000000	0.000104510	-0.004338222	----	----



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	49 di 58

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] = Vy 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	190.00	3997.37	2883.07117.9	99.6	137.0	2.500	1.200	2.0	29.6(0.0)
2	S	190.00	3622.36	3097.19120.1	106.9	131.5	2.500	1.055	1.8	29.6(0.0)
3	S	695.00	4066.70	2834.05117.5	97.9	137.4	2.500	1.239	7.3	29.6(0.0)
4	S	695.00	3360.30	3272.31123.1	113.0	121.8	2.500	1.000	6.3	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	2.60	0.0	1190.0	14.8	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.65	0.0	1190.0	0.6	0.0	-65.0	0	0.0

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

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

Ver. Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
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 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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	50 di 58

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)	5978.76	32679.99
2	S	-0.00001	0		.0	87	0.00000 (0.00000)	0	0.001 (0.20)	12089.28	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	2.35	0.0	1190.0	11.9	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.80	0.0	1190.0	3.6	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	-0.00003	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	26949.41	71988.16

#### 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:

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

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>
Altezza pila	h1	8.5	m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	53 di 58

Altezza baricentro impalcato	$h_2$	2.8	m	
Altezza totale	$h=h_1+h_2$	11.3		
Rigidezza Pila asse y	K	252835095	N/m	
Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per <math>q=1</math></u>	F	4327	kN	
Fattore di struttura	q	1		
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.017	m	
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.017	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		40	m	
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.0128	m	
E1	$2 * D_t$	0.026	m	
E2	$4 * d_E * k_2$	0.038	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.122	m	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.066	m	Spalla - Spalla
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.083	m	Spalla - Pila
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.100	m	Pila - Pila
EL min 1		0.165	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{min1}; EL_{min2})$	0.165	m	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.165</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.165</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.165</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2	<b>0.103</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.103</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.103</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	54 di 58

Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.093</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.093</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.093</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	<b>0.103</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.093</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 40,00 m:  $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 3335 \text{ kN}$

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

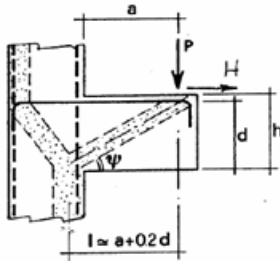
Imp 40,00 m:  $P_{max} = 3335 \text{ kN}$

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

$B = 4,00 \text{ m}$

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

**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)=	4.00	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}$ (KN) =	3335	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}$ (KN) =	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	0.50	m	distanza P da incastro
h(m) =	0.50	m	spessore mensola
$\delta$ (m) =	0.08	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	0.42	m	altezza utile
l(m) =	0.58	m	a+0,2d
$\lambda$ =	1.54		$\lambda = ctg\psi \geq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura)

c(m) = 1.50

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
n° R1 =	1	$\phi 1$ (mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	$\theta 1^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	40.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	21237.15	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	21237.15
<b>Registro tipo R2</b>							
n° R2 =	0	$\phi 2$ (mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	$\theta 2^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 2 =	0.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
<b>Registro tipo R3</b>							
n° R3 =	0	$\phi 3$ (mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	$\theta 3^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	57 di 58

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

$$(Imp\ 40,00\ m)/2+(Imp\ 40,00\ m)/2: P_{max} = 3335\ kN$$

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

$$B = 3,50\ m$$

$$H = 0,70\ m$$

#### Dati di progetto

$b(m) =$	<b>3.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>3335</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>0.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>0.50</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>0.70</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	0.60	m	altezza utile
$l(m) =$	0.62	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.15		$\lambda = ctg\psi \geq l / (0,9d)$

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

<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 1 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	13304.63	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	13304.63
<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 2 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	13304.63	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	13304.63
<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	0.00

#### Verifiche di resistenza

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

$$P_{RS} = 9061.7\ KN \quad PR_s > P_{Ed} - \text{Verifica Soddisfatta}$$

$$P_{RC} = 10218.1\ KN \quad PR_c > PR_s - \text{Verifica Soddisfatta}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 3/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	IV 03 00 006	C	58 di 58

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{Ed} = 6077$  kN (scarico massimo SLU appoggi)

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

$B = 3,50$  m

$H = 2,00$  m

#### Dati di progetto

$b(m) =$	<b>3.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>6077</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>182.30</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>2.80</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>3.18</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.86</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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb\ tot\ 1 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi}\ TOT (mm^2) =$	<b>18582.50</b>
				$A_{\phi}\ CAL(mm^2) =$	<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb\ tot\ 2 =$	<b>35.0</b>	$A_{\phi}\ TOT (mm^2) =$	<b>18582.50</b>
				$A_{\phi}\ CAL(mm^2) =$	<b>18582.50</b>
<u>Registro tipo</u>	<b>R3</b>				
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>530.93</b>	$nb\ tot\ 3 =$	<b>0.0</b>	$A_{\phi}\ TOT (mm^2) =$	<b>0.00</b>
				$A_{\phi}\ CAL(mm^2) =$	<b>0.00</b>

#### Verifiche di resistenza

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN