

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)**

VIABILITA' - VIADOTTI

NW03 – VIADOTTO STRADALE SU NV53A

Relazione di calcolo pila

SCALA:

-

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

RS3T    30    D    09    CL    NW0300    004    C

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

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

n. Elab.: 09\_672

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	8
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	10
4.1	GENERALITÀ .....	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	14
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	18
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	20
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	22
4.6.6	<i>Azione sismica</i> .....	22
4.6.7	<i>Analisi Dinamica Lineare</i> .....	26
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	27
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	28
4.7	SOLLECITAZIONI.....	29
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	30

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	3 di 57

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

## 1 PREMESSA

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

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle pile del viadotto NW03 sulla viabilità NV53. 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.

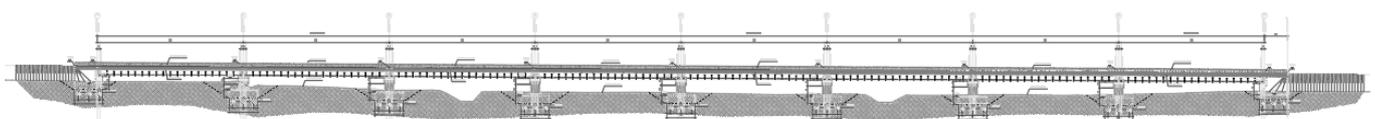
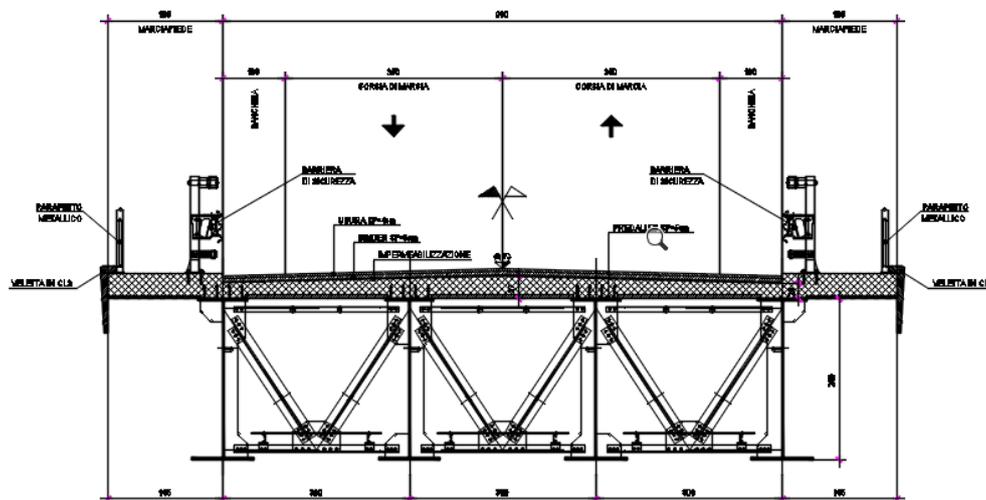
### 1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV53A - Adeguamento SS121 Continuità provinciale (Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressive 1+250 ed 2+100 sono previsti due viadotti di lunghezza totale di 398 e 149 m circa.

Il primo viadotto è suddiviso in 8 campate 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.

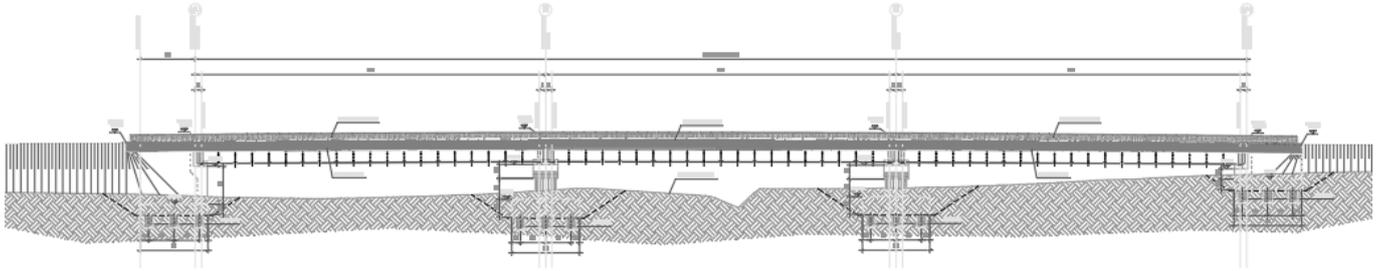
Il secondo viadotto è suddiviso in 3 campate da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante, gettata in opera.

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	5 di 57



Sezione trasversale e prospetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°7 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'Applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.*

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### Calcestruzzo magro e getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

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

#### Calcestruzzo per fondazioni

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

#### Calcestruzzo elevazione

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III-V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

### 3.1 Verifica S.L.E.

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

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	9 di 57

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)</b> <b>Viadotto NW03</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	<b>COMMESSA</b> RS3T	<b>LOTTO</b> 30	<b>CODIFICA</b> D 09 CL	<b>DOCUMENTO</b> NW 03 00 004	<b>REV.</b> C

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 3.00m, una altezza complessiva di 3.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.5x 12.60m ed altezza 2.00m.

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$	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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	15 di 57

#### 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	$L_p$	12.60	m
Area Sezione		44.10	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	3.00	m
Area Sezione		7.07	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	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	9.60	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	
$a_g$		0.197	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.197	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

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

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

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

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

sx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio G1	1000			1000			1000			1000			0.00
Permanenti G2	380			380			380			380			0.00
Comb. Nmax Q1	449			504			453			393			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						48			48				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	733			405			225			5			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						48			48				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1													0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico						106			106				3.80
Vento Ponte Carico						165			165				4.50
Attrito permanente		41	41		41	41		41	41		41	41	0.00
Attrito carichi mobili		22	22		15	15		14	14		12	12	0.00
Sisma longitudinale													2.80
Sisma trasversale						1090			1090				2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			1202			1202			0	2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.80
Sisma trasversale			0			1635			1635			0	2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00

**REAZIONI VINCOLARI [kN,m]**

dx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio G1	1000			1000			1000			1000			0.00
Permanenti G2	380			380			380			380			0.00
Comb. Nmax Q1	449			504			453			393			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						48			48				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	733			405			225			5			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						48			48				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1	551			752			651			439			0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga						48			48				3.00
Comb. MLmax Q folla	201			36			36			201			0.00
Vento Ponte Scarico						106			106				3.80
Vento Ponte Carico						165			165				4.50
Attrito permanente		41	41		41	41		41	41		41	41	0.00
Attrito carichi mobili		22	22		23	23		20	20		13	13	0.00
Sisma longitudinale		0			2170			2170					2.80
Sisma trasversale			0			1090			1090			0	2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00
Sisma longitudinale		0			2393			2393			0		2.80
Sisma trasversale			0			1202			1202			0	2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00
Sisma longitudinale		0			3255			3255			0		2.80
Sisma trasversale			0			1635			1635			0	2.80
Sisma verticale	175			175			175			175			0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	415	415	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	150	150	anni
	αR	1.06	1.06	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.71	29.71	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.55	0.55	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
<b>Vento su impalcato</b>				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	9	9	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.29	2.29	
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	2.29	2.29	
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	8.4	13.2	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.87	2.19	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	8.4	13.2	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	8.4	8.4	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	211	211	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	13.2	13.2	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	329	329	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

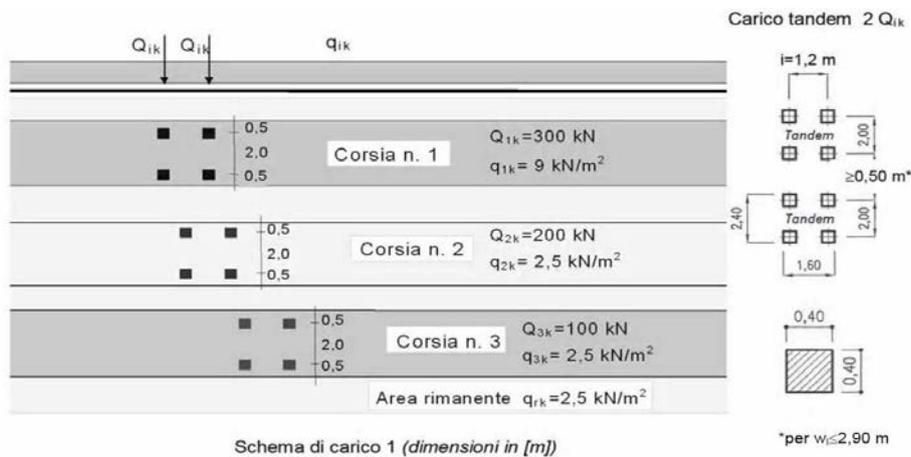
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	19 di 57

Vento su Pila e Pulvino					
Parametri	kr	0.19	0.19		
Parametri	z0	0.05	0.05	m	
Parametri	zmin	4	4	m	
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	5.00	5	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	1.93	1.93		
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	3.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	12.60	3.00	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.5	3	m	
Rapporto di forma	d/b	0.28	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.10	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.12	0.50		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.70	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.57	1.14	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	25.2	9	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	40	10	kN	
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>		
Altezza (dir.z)	h	2.00	3.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.5	3	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	12.6	3	m	
Rapporto di forma	d/b	3.60	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.24	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.43	0.50		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.66	1.14	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	7	9	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	5	10	kN	
<b>Riepilogo</b>					
<b>Vento x</b>					
Pulvino	F	40	kN		
Pila	F	10	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	5.00	m		
Forza totale	F Tot	50	kN		
<b>Vento y</b>					
Pulvino	F	5	kN		
Pila	F	10	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	5.00	m		
Forza totale	F Tot	15	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:

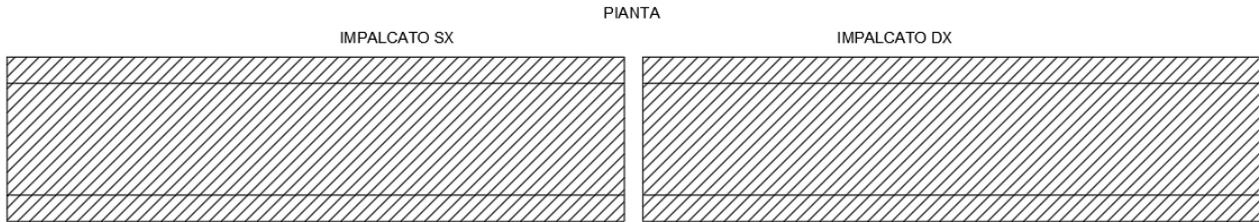
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

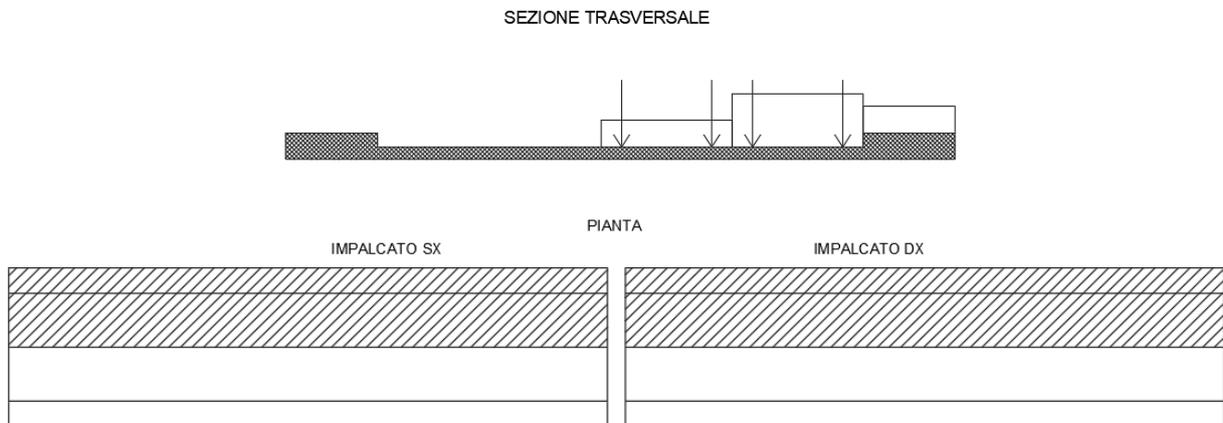


RELAZIONE DI CALCOLO PILA

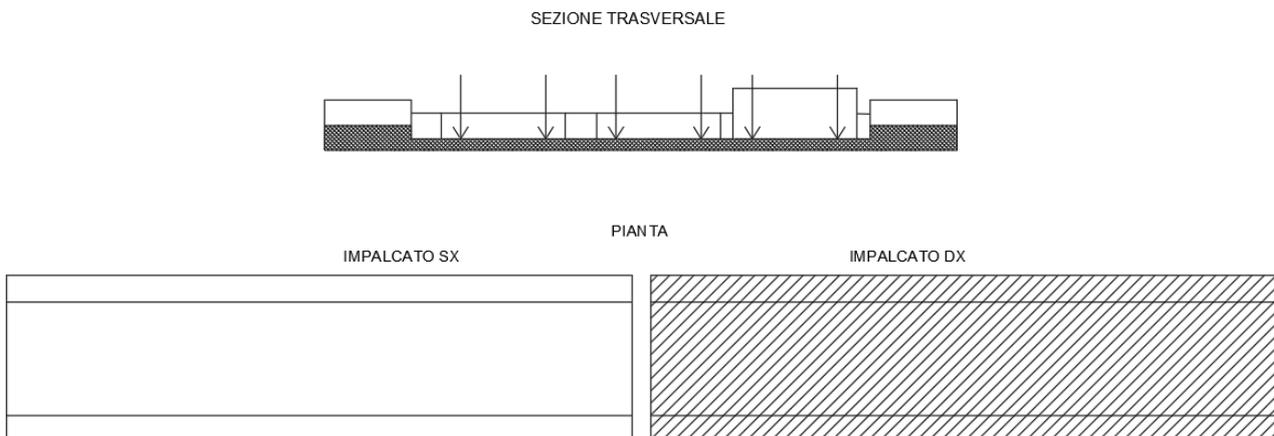
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	21 di 57



- $M_t$  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:



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)</b> <b>Viadotto NW03</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>NW 03 00 004</b>	REV. <b>C</b>

#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

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

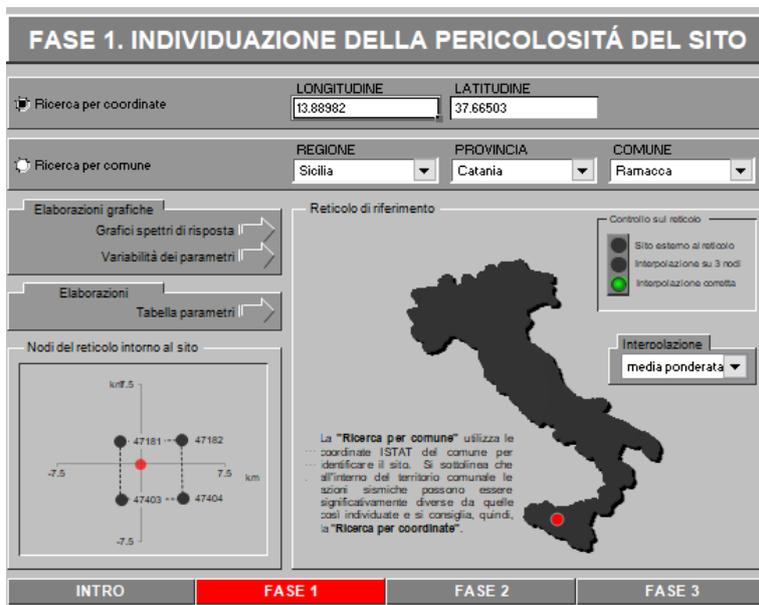
Centrifuga		
Raggio planimetrico	500	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	96	kN

#### 4.6.6 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:



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

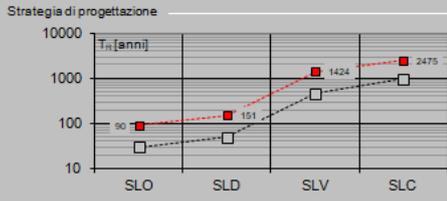
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLD - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

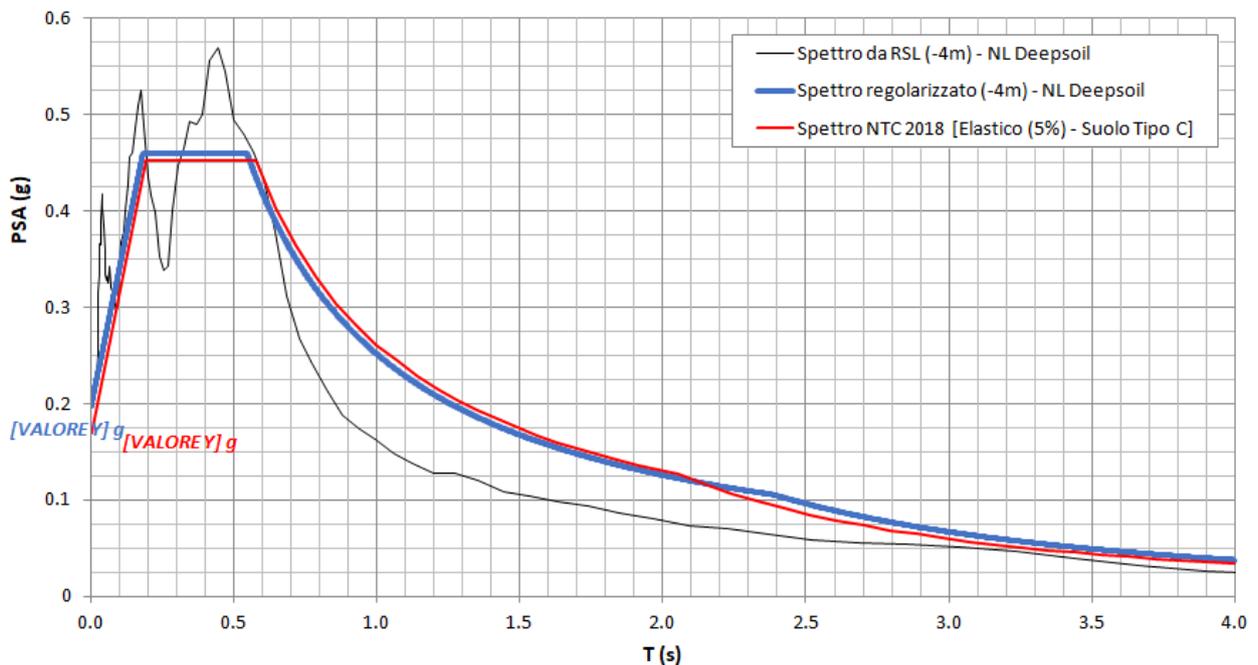


LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

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

**NW03 - prova: DH3AVI21**



	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)          Viadotto NW03</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</p>	<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>NW 03 00 004</td> <td>C</td> <td>24 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	24 di 57
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	24 di 57								

➤ 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  $L= 7.80$  m.

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	11720	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	2382	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	14101	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2344	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	11720	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	2382	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	14101	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2344	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	11720	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	2382	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp <sub>z</sub>	14101	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2344	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

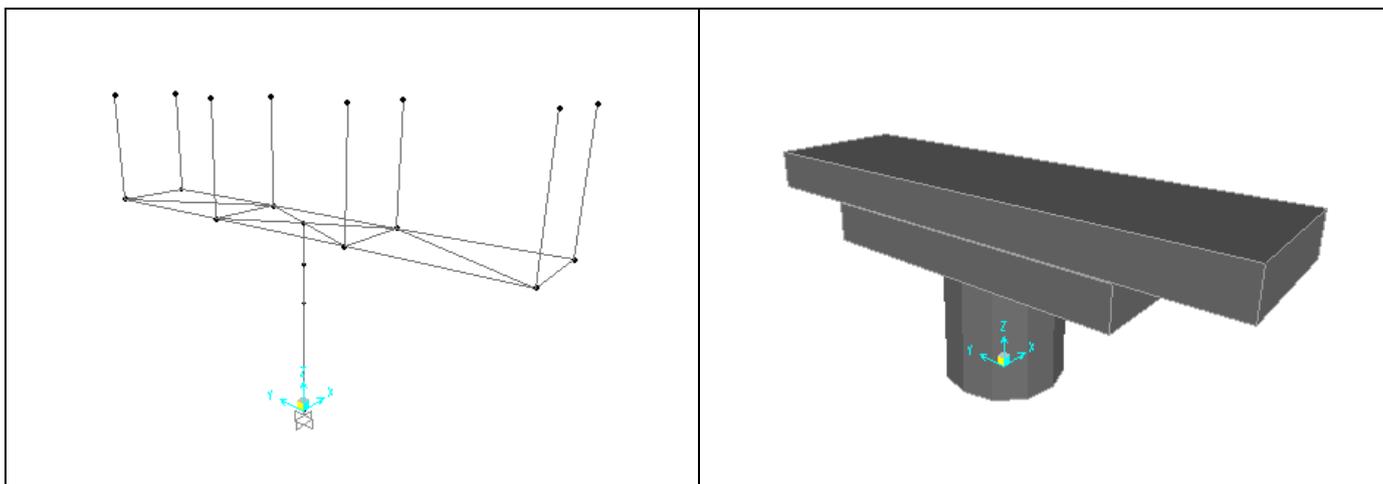
Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	3.98	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	3.98	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	7.07	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	829480735.6	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	829480735.6	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	46652650906	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.26	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.26	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.46	
Accelerazione orizzontale Se(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.46	
Accelerazione Verticale Se(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1.5</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.31	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.31	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1.36</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.34	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.34	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	
<b>q=1</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>x</sub> ) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.46	
Accelerazione orizzontale Sd(T <sub>y</sub> ) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.46	
Accelerazione Verticale Sd(T <sub>z</sub> ) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.10	

Condizione Sismica - Taglianti Totali			
<b>q=1.5</b>			
Tagliante direzione x	F x	4324	kN
Tagliante direzione y	F y	4324	kN
Tagliante direzione z	F z	1389	kN
<b>q=1.36</b>			
Tagliante direzione x	F x	4770	kN
Tagliante direzione y	F y	4770	kN
Tagliante direzione z	F z	1389	kN
<b>q=1</b>			
Tagliante direzione x	F x	6487	kN
Tagliante direzione y	F y	6487	kN
Tagliante direzione z	F z	1389	kN

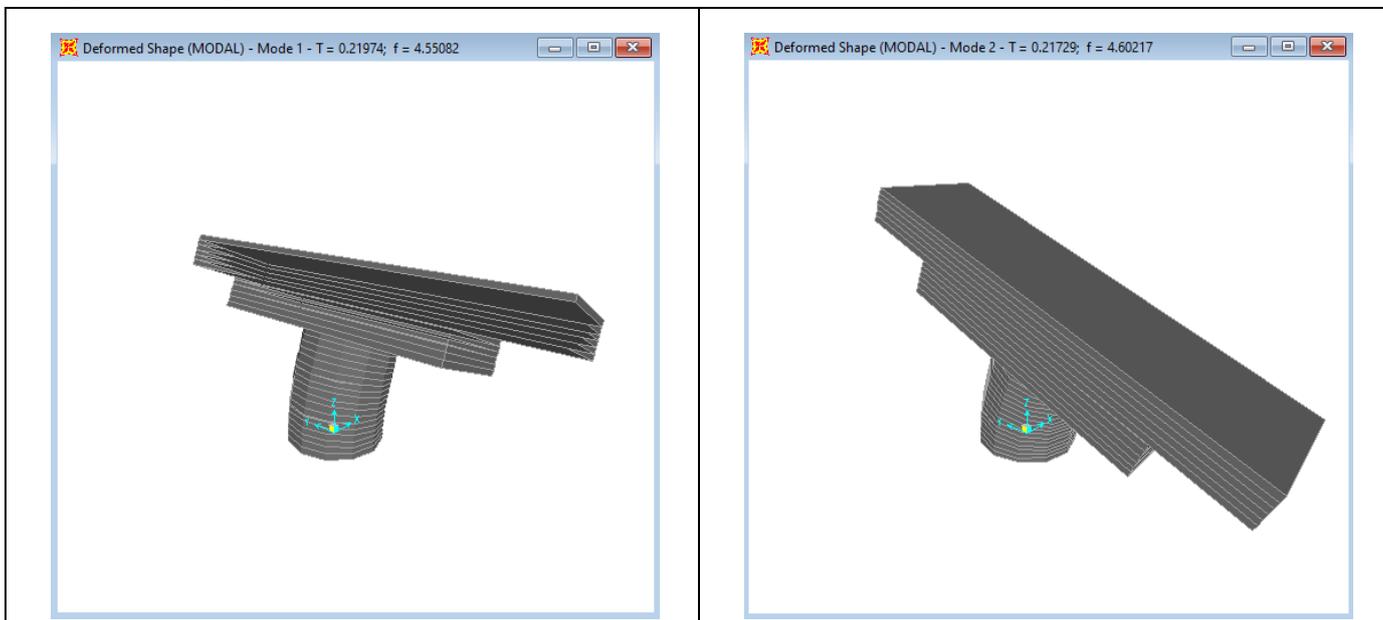
#### 4.6.7 Analisi Dinamica Lineare

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%.

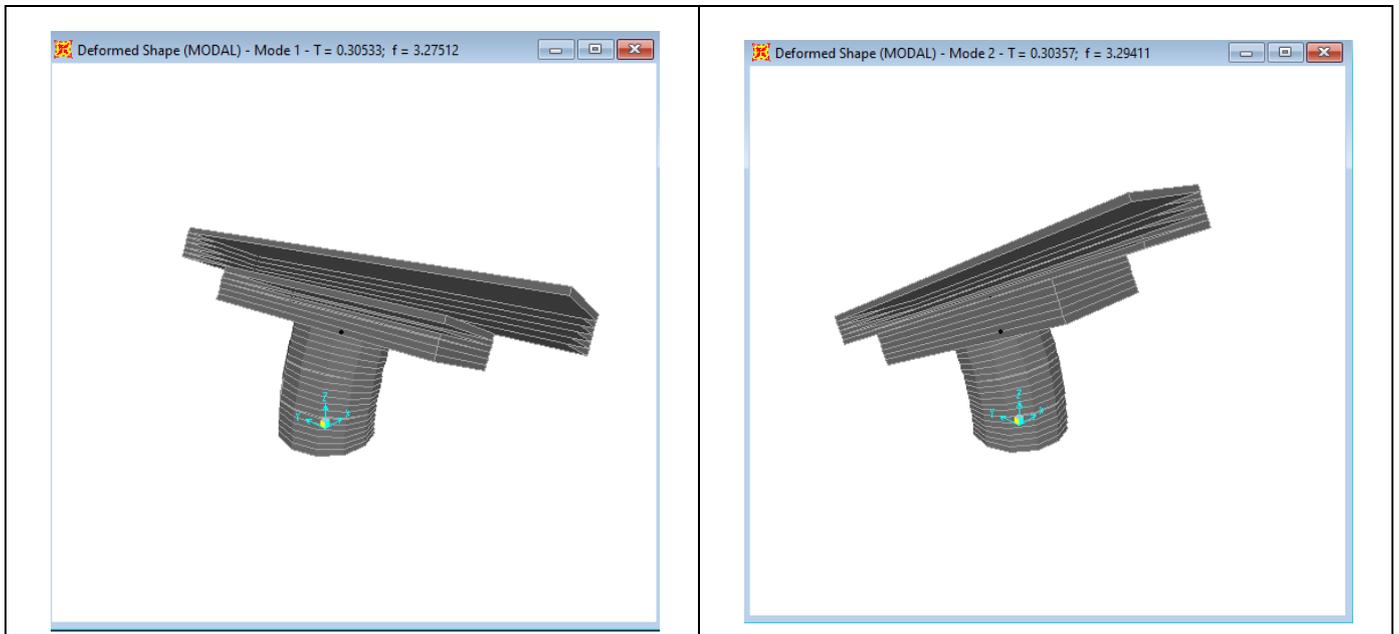


**Figura 1: Modello FEM**

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)**

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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.

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

##### SPICCATO PILA: condizione statica

Descrizione carico	$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	2735			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		50		0.00	0.00	5.00	0	250
Vento su pila dir.y			14.9	0.00	0.00	5.00	75	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	2735			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	5760			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	1663			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		50		0.00	0.00	7.50	0	374
Vento su pila dir.y			14.90765261	0.00	0.00	7.50	112	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		1135		0.00	0.00	1.25	0.00	1418
Plinto sisma y			1135	0.00	0.00	1.25	1418	0
Plinto sisma z	567			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	164			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	19372	591	1118	9360	3222
A2 - SLU - MT max gr.1	18152	591	1118	20753	3222
A2 - SLU - ML max gr.1	17712	630	1106	9299	6442
A2 - SLU - N max gr.2	17790	1162	1118	9121	8042
A2 - SLU - MT max gr.2	17047	1162	1118	16151	8042
A2 - SLU - ML max gr.2	16751	1201	1106	9061	10301
A2 - SLU - N max gr.3	17790	591	1338	10986	3222
A2 - SLU - MT max gr.3	17047	591	1338	18017	3222
A2 - SLU - ML max gr.3	16751	630	1216	9994	5481
A2 - SLU - Vento ponte scarico	14687	495	1001	7542	2671
A2 - SLU - N max gr.1	18460	492	1018	8818	2681
A2 - SLU - MT max gr.1	17240	492	1018	20213	2681
A2 - SLU - ML max gr.1	16800	531	1007	8758	5900
A2 - SLU - N max gr.2	16878	1062	1018	8579	7501
A2 - SLU - MT max gr.2	16135	1062	1018	15609	7501
A2 - SLU - ML max gr.2	15839	1101	1007	8519	9759
A2 - SLU - N max gr.3	16878	492	1239	10445	2681
A2 - SLU - MT max gr.3	16135	492	1239	17475	2681
A2 - SLU - ML max gr.3	15839	531	1117	9452	4940
A2 - SLU - Vento ponte scarico	13775	396	902	7001	2130
A1 - SLU - N max gr.1	24552	685	1293	10837	3736
A1 - SLU - MT max gr.1	23120	685	1293	24213	3736
A1 - SLU - ML max gr.1	22603	730	1279	10767	7511
A1 - SLU - N max gr.2	22695	1355	1293	10556	9394
A1 - SLU - MT max gr.2	21823	1355	1293	18809	9394
A1 - SLU - ML max gr.2	21475	1400	1279	10487	12041
A1 - SLU - N max gr.3	22695	685	1552	12746	3736
A1 - SLU - MT max gr.3	21823	685	1552	20999	3736
A1 - SLU - ML max gr.3	21475	730	1409	11582	6383
A1 - SLU - Vento ponte scarico	19052	760	1344	9731	4110
A1 - SLU - N max gr.1	19275	520	1127	9934	2833
A1 - SLU - MT max gr.1	17843	520	1127	23311	2833
A1 - SLU - ML max gr.1	17326	565	1114	9864	6608
A1 - SLU - N max gr.2	17418	1189	1127	9653	8491
A1 - SLU - MT max gr.2	17418	1189	1127	9653	8491
A1 - SLU - ML max gr.2	16545	1234	1114	17839	8716
A1 - SLU - N max gr.3	16198	1189	1127	9651	10914
A1 - SLU - MT max gr.3	17418	520	1386	11843	2833
A1 - SLU - ML max gr.3	16545	565	1373	20029	3058
A1 - SLU - Vento ponte scarico	16198	595	1266	10791	5631
SLE Rara - N max gr.1	13775	331	976	7733	1805
SLE Rara - MT max gr.1	17849	471	876	7384	2567
SLE Rara - ML max gr.1	16788	501	867	17248	2716
SLE Rara - N max gr.2	16405	471	876	7382	5197
SLE Rara - MT max gr.2	16474	967	876	7176	6758
SLE Rara - ML max gr.2	15827	997	867	13244	6908
SLE Rara - N max gr.3	15570	967	876	7174	8553
SLE Rara - MT max gr.3	16474	471	1068	8798	2567
SLE Rara - ML max gr.3	15827	501	1059	14867	2716
SLE Rara - Vento ponte scarico	15570	521	978	8015	4611
SLE Freq. - N max gr.1	16831	436	436	3000	2376
SLE Freq. - MT max gr.1	16035	436	436	10432	2376
SLE Freq. - ML max gr.1	15748	436	436	2999	4349
SLE Freq. - N max gr.2	15799	808	436	2844	5520
SLE Freq. - MT max gr.2	15314	808	436	7429	5520
SLE Freq. - ML max gr.2	15121	808	436	2843	6866
SLE Freq. - N max gr.3	15799	436	580	4061	2376
SLE Freq. - MT max gr.3	15314	436	580	8646	2376
SLE Freq. - ML max gr.3	15121	436	508	3452	3722
SLE Freq. - Vento ponte scarico	13775	341	419	2604	1855
SLE Q.P. - ML max gr.3	13775	471	471	2567	2567
SLV -dir X_1	14721	4798	1686	13077	39127
SLV -dir X_2	13881	4798	1686	13077	39127
SLV -dir Y_1	14798	1760	4758	40400	13537
SLV -dir Y_2	13958	1760	4758	40400	13537
SLV -dir Z+	15990	1760	1706	13239	13537
SLV -dir Z-	13190	1760	1706	13239	13537
SLV -dir X_1	14721	5245	1821	14187	42812
SLV -dir X_2	13881	5245	1821	14187	42812
SLV -dir Y_1	14798	1894	5206	44103	14643
SLV -dir Y_2	13958	1894	5206	44103	14643
SLV -dir Z+	15990	1894	1840	14350	14643
SLV -dir Z-	13190	1894	1840	14350	14643
SLV -dir X_1	14721	6968	2340	18472	57029
SLV -dir X_2	13881	6968	2340	18472	57029
SLV -dir Y_1	14798	2411	6938	58385	18908
SLV -dir Y_2	13958	2411	6938	58385	18908
SLV -dir Z+	15990	2411	2360	18635	18908
SLV -dir Z-	13190	2411	2360	18635	18908

**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	5996	1800	14144	13600	45315
EX_1	Combination	Min	-5996	-1800	14144	-13600	-45315
EY_1	Combination	Max	1799	6000	14144	45332	13595
EY_1	Combination	Min	-1799	-6000	14144	-45332	-13595
EX_2	Combination	Max	5996	1800	14005	13600	45315
EX_2	Combination	Min	-5996	-1800	14005	-13600	-45315
EY_2	Combination	Max	1799	6000	14005	45332	13595
EY_2	Combination	Min	-1799	-6000	14005	-45332	-13595
EZ_1	Combination	Max	1799	1800	14306	13600	13594
EZ_1	Combination	Min	-1799	-1800	14306	-13600	-13594
EZ_2	Combination	Max	1799	1800	13843	13600	13594
EZ_2	Combination	Min	-1799	-1800	13843	-13600	-13594
			<b>5996</b>	<b>6000</b>		<b>45332</b>	<b>45315</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	6005	1804	14144	13616	45353
EX_1	Combination	Min	-6005	-1804	14144	-13616	-45353
EY_1	Combination	Max	1801	6012	14144	45385	13606
EY_1	Combination	Min	-1801	-6012	14144	-45385	-13606
EX_2	Combination	Max	6005	1804	14005	13616	45353
EX_2	Combination	Min	-6005	-1804	14005	-13616	-45353
EY_2	Combination	Max	1801	6012	14005	45385	13606
EY_2	Combination	Min	-1801	-6012	14005	-45385	-13606
EZ_1	Combination	Max	1801	1804	14306	13616	13606
EZ_1	Combination	Min	-1801	-1804	14306	-13616	-13606
EZ_2	Combination	Max	1801	1804	13843	13616	13606
EZ_2	Combination	Min	-1801	-1804	13843	-13616	-13606
			<b>6005</b>	<b>6012</b>		<b>45385</b>	<b>45353</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 adotteranno 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 INTRADOSSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	27294	591	1118	12154	4701
A2 - SLU - MT max gr.1	26074	591	1118	23549	4701
A2 - SLU - ML max gr.1	25634	630	1106	12065	8017
A2 - SLU - N max gr.2	25713	1162	1118	11915	10946
A2 - SLU - MT max gr.2	24969	1162	1118	18945	10946
A2 - SLU - ML max gr.2	24673	1201	1106	11826	13302
A2 - SLU - N max gr.3	25713	591	1338	14333	4701
A2 - SLU - MT max gr.3	24969	591	1338	21363	4701
A2 - SLU - ML max gr.3	24673	630	1216	13035	7057
A2 - SLU - Vento ponte scarico	22609	495	1001	10045	3910
A2 - SLU - N max gr.1	25883	492	1018	11364	3911
A2 - SLU - MT max gr.1	24663	492	1018	22759	3911
A2 - SLU - ML max gr.1	24223	531	1007	11275	7227
A2 - SLU - N max gr.2	24302	1062	1018	11125	10156
A2 - SLU - MT max gr.2	23558	1062	1018	18155	10156
A2 - SLU - ML max gr.2	23262	1101	1007	11036	12513
A2 - SLU - N max gr.3	24302	492	1239	13543	3911
A2 - SLU - MT max gr.3	23558	492	1239	20573	3911
A2 - SLU - ML max gr.3	23262	531	1117	12245	6267
A2 - SLU - Vento ponte scarico	21198	396	902	9255	3120
A1 - SLU - N max gr.1	34823	685	1293	14069	5449
A1 - SLU - MT max gr.1	33391	685	1293	27445	5449
A1 - SLU - ML max gr.1	32874	730	1279	13966	9337
A1 - SLU - N max gr.2	32966	1355	1293	13788	12781
A1 - SLU - MT max gr.2	32093	1355	1293	22041	12781
A1 - SLU - ML max gr.2	31746	1400	1279	13685	15541
A1 - SLU - N max gr.3	32966	685	1552	16626	5449
A1 - SLU - MT max gr.3	32093	685	1552	24879	5449
A1 - SLU - ML max gr.3	31746	730	1409	15104	8209
A1 - SLU - Vento ponte scarico	29323	760	1344	13090	6011
A1 - SLU - N max gr.1	26698	520	1127	12752	4133
A1 - SLU - MT max gr.1	25266	520	1127	26129	4133
A1 - SLU - ML max gr.1	24749	565	1114	12649	8020
A1 - SLU - N max gr.2	24841	1189	1127	12471	11465
A1 - SLU - MT max gr.2	24841	1189	1127	12471	11465
A1 - SLU - ML max gr.2	23969	1234	1114	20624	11802
A1 - SLU - N max gr.3	23621	1189	1127	12469	13888
A1 - SLU - MT max gr.3	24841	520	1386	15310	4133
A1 - SLU - ML max gr.3	23969	565	1373	23462	4470
A1 - SLU - Vento ponte scarico	23621	595	1266	13956	7117
SLE Rara - N max gr.1	21198	331	976	10173	2633
SLE Rara - MT max gr.1	25272	471	876	9573	3744
SLE Rara - ML max gr.1	24211	501	867	19415	3969
SLE Rara - N max gr.2	23828	471	876	9572	6374
SLE Rara - MT max gr.2	23897	967	876	9365	9175
SLE Rara - ML max gr.2	23250	997	867	15412	9400
SLE Rara - N max gr.3	22993	967	876	9364	10970
SLE Rara - MT max gr.3	23897	471	1068	11468	3744
SLE Rara - ML max gr.3	23250	501	1059	17514	3969
SLE Rara - Vento ponte scarico	22993	521	978	10460	5913
SLE Freq. - N max gr.1	24254	436	436	4090	3466
SLE Freq. - MT max gr.1	23458	436	436	11522	3466
SLE Freq. - ML max gr.1	23171	436	436	4089	5439
SLE Freq. - N max gr.2	23222	808	436	3934	7540
SLE Freq. - MT max gr.2	22737	808	436	8519	7540
SLE Freq. - ML max gr.2	22544	808	436	3933	8886
SLE Freq. - N max gr.3	23222	436	580	5511	3466
SLE Freq. - MT max gr.3	22737	436	580	10096	3466
SLE Freq. - ML max gr.3	22544	436	508	4722	4812
SLE Freq. - Vento ponte scarico	21198	341	419	3652	2708
SLE Q.P. - ML max gr.3	21198	471	471	3744	3744
SLV -dir X_1	22364	5933	2027	17718	52541
SLV -dir X_2	21085	5933	2027	17718	52541
SLV -dir Y_1	22440	2101	5892	53712	18363
SLV -dir Y_2	21162	2101	5892	53712	18363
SLV -dir Z+	24144	2101	2046	17929	18363
SLV -dir Z-	19882	2101	2046	17929	18363
SLV -dir X_1	22364	6380	2161	19166	57344
SLV -dir X_2	21085	6380	2161	19166	57344
SLV -dir Y_1	22440	2235	6341	58537	19804
SLV -dir Y_2	21162	2235	6341	58537	19804
SLV -dir Z+	24144	2235	2181	19376	19804
SLV -dir Z-	19882	2235	2181	19376	19804
SLV -dir X_1	22364	8103	2681	24749	75868
SLV -dir X_2	21085	8103	2681	24749	75868
SLV -dir Y_1	22440	2752	8072	77147	25362
SLV -dir Y_2	21162	2752	8072	77147	25362
SLV -dir Z+	24144	2752	2700	24959	25362
SLV -dir Z-	19882	2752	2700	24959	25362

**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	34823	685	1293	14069	5449	4773	2966	163
AI - SLU - MT max gr.1	33391	685	1293	27445	5449	5233	2187	163
AI - SLU - ML max gr.1	32874	730	1279	13966	9337	4731	2574	164
AI - SLU - N max gr.2	32966	1355	1293	13788	12781	4893	2433	208
AI - SLU - MT max gr.2	32093	1355	1293	22041	12781	5178	1954	208
AI - SLU - ML max gr.2	31746	1400	1279	13685	15541	4880	2174	211
AI - SLU - N max gr.3	32966	685	1552	16626	5449	4685	2641	189
AI - SLU - MT max gr.3	32093	685	1552	24879	5449	4970	2162	189
AI - SLU - ML max gr.3	31746	730	1409	15104	8209	4607	2448	176
AI - SLU - Vento ponte scarico	29323	760	1344	13090	6011	4142	2374	172
AI - SLU - N max gr.1	26698	520	1127	12752	4133	3748	2185	138
AI - SLU - MT max gr.1	25266	520	1127	26129	4133	4208	1406	138
AI - SLU - ML max gr.1	24749	565	1114	12649	8020	3707	1793	139
AI - SLU - N max gr.2	24841	1189	1127	12471	11465	3868	1652	182
AI - SLU - MT max gr.2	24841	1189	1127	12471	11465	3868	1652	182
AI - SLU - ML max gr.2	23969	1234	1114	20624	11802	4164	1162	185
AI - SLU - N max gr.3	23621	1189	1127	12469	13888	3845	1404	182
AI - SLU - MT max gr.3	24841	520	1386	15310	4133	3660	1860	165
AI - SLU - ML max gr.3	23969	565	1373	23462	4470	3956	1370	165
AI - SLU - Vento ponte scarico	23621	595	1266	13956	7117	3600	1649	155
						5233	1162	211

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	22364	6380	2161	19166	57344	6027	-1057	748
SLV -dir.X 2	21085	6380	2161	19166	57344	5885	-1199	748
SLV -dir.Y 1	22440	2235	6341	58537	19804	6120	-1134	747
SLV -dir.Y 2	21162	2235	6341	58537	19804	5978	-1276	747
SLV -dir.Z+	24144	2235	2181	19376	19804	4497	869	347
SLV -dir.Z-	19882	2235	2181	19376	19804	4023	395	347
						6120	-1276	748

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	22364	8103	2681	24749	75868	7143	-2173	948
SLV -dir.X 2	21085	8103	2681	24749	75868	7001	-2315	948
SLV -dir.Y 1	22440	2752	8072	77147	25362	7239	-2252	948
SLV -dir.Y 2	21162	2752	8072	77147	25362	7097	-2394	948
SLV -dir.Z+	24144	2752	2700	24959	25362	5012	353	428
SLV -dir.Z-	19882	2752	2700	24959	25362	4539	-121	428
						7239	-2394	948

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	21198	331	976	10173	2633	2948	1762	115
SLE Rara - MT max gr.1	25272	471	876	9573	3744	3425	2191	110
SLE Rara - ML max gr.1	24211	501	867	19415	3969	3773	1608	111
SLE Rara - N max gr.2	23828	471	876	9572	6374	3386	1909	110
SLE Rara - MT max gr.2	23897	967	876	9365	9175	3514	1797	145
SLE Rara - ML max gr.2	23250	997	867	15412	9400	3732	1435	147
SLE Rara - N max gr.3	22993	967	876	9364	10970	3496	1613	145
SLE Rara - MT max gr.3	23897	471	1068	11468	3744	3359	1951	130
SLE Rara - ML max gr.3	23250	501	1059	17514	3969	3578	1589	130
SLE Rara - Vento ponte scarico	22993	521	978	10460	5913	3313	1797	123
						3773	1435	147

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	24254	436	436	4090	3466	3045	2345	69
SLE Freq. - MT max gr.1	23458	436	436	11522	3466	3300	1913	69
SLE Freq. - ML max gr.1	23171	436	436	4089	5439	3016	2133	69
SLE Freq. - N max gr.2	23222	808	436	3934	7540	3111	2049	102
SLE Freq. - MT max gr.2	22737	808	436	8519	7540	3270	1783	102
SLE Freq. - ML max gr.2	22544	808	436	3933	8886	3098	1911	102
SLE Freq. - N max gr.3	23222	436	580	5511	3466	2996	2165	81
SLE Freq. - MT max gr.3	22737	436	580	10096	3466	3154	1898	81
SLE Freq. - ML max gr.3	22544	436	508	4722	4812	2946	2064	74
SLE Freq. - Vento ponte scarico	21198	341	419	3652	2708	2650	2061	60
						3300	1783	102

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

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila (fusto, pali, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	34 di 57

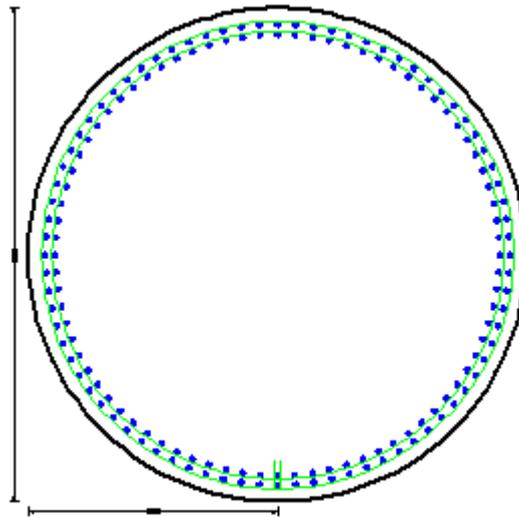
#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy, Tx)	Trasv(Mxx, Ty)	
Altezza pila	H	8.3	8.3	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	6968	6938	kN
Momento agente (q=1)	M	57029	58385	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	4798	4758	kN
Momento agente (con q)	MEd	39127	40400	kN*m
Momento Resistente	MRd	58033	58577	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.48	1.45	
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	6968	6938	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	7117	6898	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	<b>6968</b>	<b>6898</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>6968</b>	<b>6898</b>	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.22	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.

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



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 150.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	36 di 57

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	140.0	80	30
2	0.0	0.0	134.0	80	30

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	16 mm
Passo staffe:	10.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	24552.00	3736.00	10837.00	685.00	1293.00
2	23120.00	3736.00	24213.00	685.00	1293.00
3	22603.00	7511.00	10767.00	730.00	1279.00
4	22695.00	9394.00	10556.00	1355.00	1293.00
5	21823.00	9394.00	18809.00	1355.00	1293.00
6	21475.00	12041.00	10487.00	1400.00	1279.00
7	22695.00	3736.00	12746.00	685.00	1552.00
8	21823.00	3736.00	20999.00	685.00	1552.00
9	21475.00	6383.00	11582.00	730.00	1409.00
10	19052.00	4110.00	9731.00	760.00	1344.00
11	19275.00	2833.00	9934.00	520.00	1127.00
12	17843.00	2833.00	23311.00	520.00	1127.00
13	17326.00	6608.00	9864.00	565.00	1114.00
14	17418.00	8491.00	9653.00	1189.00	1127.00
15	17418.00	8491.00	9653.00	1189.00	1127.00
16	16545.00	8716.00	17839.00	1234.00	1114.00
17	16198.00	10914.00	9651.00	1189.00	1127.00
18	17418.00	2833.00	11843.00	520.00	1386.00
19	16545.00	3058.00	20029.00	565.00	1373.00
20	16198.00	5631.00	10791.00	595.00	1266.00
21	14721.00	39127.00	13077.00	4798.00	1686.00
22	13881.00	39127.00	13077.00	6968.00	1686.00
23	14798.00	13537.00	40400.00	1760.00	6898.00
24	13958.00	13537.00	40400.00	1760.00	4758.00
25	15990.00	13537.00	13239.00	1760.00	1706.00
26	13190.00	13537.00	13239.00	1760.00	1706.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	37 di 57

**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	13775.00	1805.00	7733.00
2	17849.00	2567.00	7384.00
3	16788.00	2716.00	17248.00
4	16405.00	5197.00	7382.00
5	16474.00	6758.00	7176.00
6	15827.00	6908.00	13244.00
7	15570.00	8553.00	7174.00
8	16474.00	2567.00	8798.00
9	15827.00	2716.00	14867.00
10	15570.00	4611.00	8015.00

**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	16831.00	2376.00 (1489.63)	3000.00 (0.00)
2	16035.00	2376.00 (6998.64)	10432.00 (30728.05)
3	15748.00	4349.00 (6324.92)	2999.00 (92747.66)
4	15799.00	5520.00 (8035.80)	2844.00 (81397.15)
5	15314.00	5520.00 (22945.10)	7429.00 (30880.27)
6	15121.00	6866.00 (76976.63)	2843.00 (31873.66)
7	15799.00	2376.00 (16328.38)	4061.00 (95517.60)
8	15314.00	2376.00 (11026.32)	8646.00 (40123.56)
9	15121.00	3722.00 (6324.92)	3452.00 (92747.66)
10	13775.00	1855.00 (12346.00)	2604.00 (116671.55)

**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	13775.00	2567.00 (6138.32)	2567.00 (87845.71)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	24552.00	3736.00	10837.00	24551.91	21905.38	63533.63	5.861131.0(212.1)	
2	S	23120.00	3736.00	24213.00	23120.25	10140.42	65712.48	2.711131.0(212.1)	
3	S	22603.00	7511.00	10767.00	22602.84	37892.82	54315.45	5.041131.0(212.1)	
4	S	22695.00	9394.00	10556.00	22695.06	44056.41	49512.02	4.691131.0(212.1)	
5	S	21823.00	9394.00	18809.00	21823.11	29404.46	58884.50	3.131131.0(212.1)	
6	S	21475.00	12041.00	10487.00	21475.05	49490.62	43113.34	4.111131.0(212.1)	
7	S	22695.00	3736.00	12746.00	22694.71	18650.15	63602.20	4.991131.0(212.1)	
8	S	21823.00	3736.00	20999.00	21822.86	11539.11	64803.11	3.091131.0(212.1)	
9	S	21475.00	6383.00	11582.00	21475.03	31688.69	57486.45	4.961131.0(212.1)	
10	S	19052.00	4110.00	9731.00	19051.95	25014.15	59245.70	6.091131.0(212.1)	
11	S	19275.00	2833.00	9934.00	19275.08	17673.27	61963.73	6.241131.0(212.1)	
12	S	17843.00	2833.00	23311.00	17843.27	7673.33	63160.59	2.711131.0(212.1)	
13	S	17326.00	6608.00	9864.00	17326.22	35237.89	52603.28	5.331131.0(212.1)	
14	S	17418.00	8491.00	9653.00	17417.80	41854.42	47574.51	4.931131.0(212.1)	
15	S	17418.00	8491.00	9653.00	17417.80	41854.42	47574.51	4.931131.0(212.1)	
16	S	16545.00	8716.00	17839.00	16544.96	27579.20	56476.04	3.171131.0(212.1)	
17	S	16198.00	10914.00	9651.00	16198.22	46919.43	41499.31	4.301131.0(212.1)	
18	S	17418.00	2833.00	11843.00	17418.20	14741.55	61626.13	5.201131.0(212.1)	
19	S	16545.00	3058.00	20029.00	16545.30	9478.39	62132.31	3.101131.0(212.1)	
20	S	16198.00	5631.00	10791.00	16198.16	28990.67	55532.18	5.151131.0(212.1)	
21	S	14721.00	39127.00	13077.00	14720.99	58545.57	19559.67	1.501131.0(212.1)	
22	S	13881.00	39127.00	13077.00	13881.24	58033.39	19396.74	1.481131.0(212.1)	
23	S	14798.00	13537.00	40400.00	14798.26	19619.01	58577.57	1.451131.0(212.1)	
24	S	13958.00	13537.00	40400.00	13958.11	19456.22	58065.67	1.441131.0(212.1)	
25	S	15990.00	13537.00	13239.00	15990.01	44698.86	43707.31	3.301131.0(212.1)	
26	S	13190.00	13537.00	13239.00	13190.16	43433.00	42465.93	3.211131.0(212.1)	

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	141.8	106.1	0.00318	133.1	43.3	-0.00572	-133.1	-43.3
2	0.00350	148.2	33.3	0.00318	138.3	21.9	-0.00592	-138.3	-21.9
3	0.00350	123.0	123.5	0.00317	113.3	82.3	-0.00599	-113.3	-82.3

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

4	0.00350	112.1	133.3	0.00317	106.5	90.9	-0.00597	-106.5	-90.9
5	0.00350	134.2	89.5	0.00317	124.7	63.6	-0.00610	-124.7	-63.6
6	0.00350	98.5	138.6	0.00317	90.9	106.5	-0.00615	-90.9	-106.5
7	0.00350	143.9	75.7	0.00317	133.1	43.3	-0.00597	-133.1	-43.3
8	0.00350	147.7	39.7	0.00317	138.3	21.9	-0.00610	-138.3	-21.9
9	0.00350	131.4	110.0	0.00316	124.7	63.6	-0.00615	-124.7	-63.6
10	0.00350	138.2	87.0	0.00315	129.3	53.6	-0.00651	-129.3	-53.6
11	0.00350	144.2	41.1	0.00315	133.1	43.3	-0.00648	-133.1	-43.3
12	0.00350	148.9	18.1	0.00314	138.3	21.9	-0.00670	-138.3	-21.9
13	0.00350	124.6	83.5	0.00314	113.3	82.3	-0.00678	-113.3	-82.3
14	0.00350	112.6	99.1	0.00315	106.5	90.9	-0.00677	-106.5	-90.9
15	0.00350	112.6	99.1	0.00315	106.5	90.9	-0.00677	-106.5	-90.9
16	0.00350	134.8	65.8	0.00314	124.7	63.6	-0.00692	-124.7	-63.6
17	0.00350	99.4	112.4	0.00314	90.9	106.5	-0.00698	-90.9	-106.5
18	0.00350	145.9	34.9	0.00315	136.1	32.7	-0.00678	-136.1	-32.7
19	0.00350	148.3	22.6	0.00314	138.3	21.9	-0.00692	-138.3	-21.9
20	0.00350	133.0	69.4	0.00314	124.7	63.6	-0.00698	-124.7	-63.6
21	0.00350	47.5	142.3	0.00313	43.3	133.1	-0.00724	-43.3	-133.1
22	0.00350	47.5	142.3	0.00312	43.3	133.1	-0.00740	-43.3	-133.1
23	0.00350	142.2	47.7	0.00313	133.1	43.3	-0.00723	-133.1	-43.3
24	0.00350	142.2	47.7	0.00312	133.1	43.3	-0.00738	-133.1	-43.3
25	0.00350	104.9	107.2	0.00314	99.0	99.0	-0.00702	-99.0	-99.0
26	0.00350	104.9	107.2	0.00312	99.0	99.0	-0.00753	-99.0	-99.0

**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	0.000030070	0.000010366	-0.001270976	----	----
2	0.000032092	0.000004952	-0.001370740	----	----
3	0.000026833	0.000018719	-0.001407546	----	----
4	0.000024407	0.000021720	-0.001400811	----	----
5	0.000029610	0.000014789	-0.001464672	----	----
6	0.000021850	0.000025088	-0.001490345	----	----
7	0.000031350	0.000009189	-0.001400419	----	----
8	0.000032585	0.000005797	-0.001464513	----	----
9	0.000029137	0.000016058	-0.001490333	----	----
10	0.000031804	0.000013433	-0.001678626	----	----
11	0.000033089	0.000009436	-0.001661216	----	----
12	0.000034923	0.000004244	-0.001776946	----	----
13	0.000029475	0.000019745	-0.001821584	----	----
14	0.000026604	0.000023401	-0.001814727	----	----
15	0.000026604	0.000023401	-0.001814727	----	----
16	0.000032285	0.000015774	-0.001889807	----	----
17	0.000023939	0.000027072	-0.001920809	----	----
18	0.000034463	0.000008244	-0.001815336	----	----
19	0.000035521	0.000005423	-0.001889944	----	----
20	0.000032037	0.000016717	-0.001920422	----	----
21	0.000011740	0.000035128	-0.002055685	----	----
22	0.000011911	0.000035638	-0.002136337	----	----
23	0.000035073	0.000011752	-0.002048427	----	----
24	0.000035581	0.000011922	-0.002128812	----	----
25	0.000025353	0.000025924	-0.001939061	----	----
26	0.000026586	0.000027185	-0.002203633	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

Diam. Staffe: 16 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1445.65	22224.80	16210.15246.1	210.5	274.9	2.500	1.185	7.0	78.7(0.0)
2	S	1382.34	22067.89	16299.83246.5	211.7	273.9	2.500	1.174	6.7	78.7(0.0)
3	S	1466.64	22030.08	16326.33246.5	212.0	274.0	2.500	1.170	7.1	78.7(0.0)
4	S	1866.70	22036.69	16322.41246.5	212.0	274.0	2.500	1.171	9.0	78.7(0.0)
5	S	1762.19	21914.53	16387.57246.9	212.8	272.8	2.500	1.164	8.5	78.7(0.0)
6	S	1895.74	21888.67	16403.76246.9	213.1	272.9	2.500	1.162	9.1	78.7(0.0)
7	S	1682.02	22036.31	16325.66246.5	212.0	274.0	2.500	1.171	8.1	78.7(0.0)
8	S	1647.99	21914.38	16389.90246.9	212.8	272.8	2.500	1.164	7.9	78.7(0.0)
9	S	1586.35	21888.66	16411.63246.9	213.1	272.9	2.500	1.162	7.6	78.7(0.0)
10	S	1533.80	21644.71	16544.50247.4	214.9	271.8	2.500	1.143	7.3	78.7(0.0)
11	S	1226.40	21662.05	16544.97247.4	214.8	271.8	2.500	1.145	5.8	78.8(0.0)
12	S	1181.50	21485.30	16640.31247.8	216.0	270.6	2.500	1.134	5.6	78.8(0.0)
13	S	1239.98	21446.10	16666.13247.8	216.3	270.6	2.500	1.130	5.9	78.8(0.0)
14	S	1631.51	21453.97	16652.07247.8	216.3	270.6	2.500	1.131	7.7	78.7(0.0)
15	S	1631.51	21453.97	16652.07247.8	216.3	270.6	2.500	1.131	7.7	78.7(0.0)
16	S	1542.64	21316.62	16723.71248.3	217.2	269.3	2.500	1.125	7.3	78.7(0.0)
17	S	1637.27	21289.81	16740.31248.3	217.4	269.3	2.500	1.122	7.7	78.7(0.0)
18	S	1468.95	21454.44	16650.64247.8	216.3	270.6	2.500	1.131	6.9	78.7(0.0)
19	S	1442.55	21316.72	16721.69248.3	217.2	269.3	2.500	1.125	6.8	78.7(0.0)
20	S	1397.64	21289.53	16738.42248.3	217.4	269.3	2.500	1.122	6.6	78.7(0.0)
21	S	5085.01	21101.40	16839.07248.7	218.7	268.0	2.500	1.111	23.8	78.7(0.0)
22	S	7143.10	21035.15	16879.16248.7	219.2	268.0	2.500	1.104	33.3	78.7(0.0)
23	S	7099.77	21107.45	16835.52248.7	218.7	268.0	2.500	1.111	33.2	78.7(0.0)
24	S	5070.65	21041.22	16875.58248.7	219.2	268.0	2.500	1.105	23.6	78.7(0.0)
25	S	2451.11	21273.33	16748.48248.3	217.5	269.3	2.500	1.120	11.5	78.7(0.0)
26	S	2451.11	20904.59	16943.81249.2	220.1	266.6	2.500	1.099	11.4	78.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

1	S	3.75	146.1	1410.0	-7.5	-136.1	-32.7	1229	49.5
2	S	4.14	141.7	1410.0	1.1	-133.1	-43.3	0	0.0
3	S	7.42	148.2	1410.0	-65.1	-138.3	-21.9	5336	226.2
4	S	4.34	122.7	1410.0	-6.8	-113.3	-82.3	891	35.3
5	S	4.60	109.2	1410.0	-10.8	-99.0	-99.0	1468	70.7
6	S	6.39	133.0	1410.0	-48.1	-124.7	-63.6	4728	205.0
7	S	4.97	96.4	1410.0	-21.0	-90.9	-106.5	2707	141.4
8	S	4.38	144.0	1410.0	-7.3	-133.1	-43.3	1004	42.4
9	S	6.46	147.6	1410.0	-49.6	-138.3	-21.9	4821	212.1
10	S	4.33	130.0	1410.0	-9.8	-119.4	-73.1	1429	63.6

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

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

Ver. Esito della verifica

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

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

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

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

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

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

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

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

Cf 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 =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	416	0.009 (0.20)	9863.08	42255.51
2	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	0	0.003 (0.20)	114859.28	330393.81
3	S	-0.00036	0	0.500	30.0	85	0.00020 (0.00020)	409	0.080 (0.20)	3020.24	19180.09
4	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	418	0.009 (0.20)	28766.24	40860.57
5	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	395	0.013 (0.20)	27011.85	28682.60
6	S	-0.00027	0	0.500	30.0	85	0.00014 (0.00014)	407	0.059 (0.20)	9656.17	18512.79
7	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	387	0.024 (0.20)	21547.37	18073.29
8	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	410	0.009 (0.20)	13508.86	46299.55
9	S	-0.00027	0	0.500	30.0	85	0.00015 (0.00015)	405	0.060 (0.20)	3717.16	20347.21
10	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	404	0.012 (0.20)	20012.46	34786.35

**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	2.95	117.6	1410.0	14.4	-106.5	-90.9	----	----
2	S	4.84	146.3	1410.0	-16.7	-136.1	-32.7	2235	127.2
3	S	3.22	85.2	1410.0	7.0	-82.3	-113.3	----	----
4	S	3.48	68.7	1410.0	3.6	-63.6	-124.7	----	----
5	S	4.31	120.4	1410.0	-10.5	-113.3	-82.3	1521	77.8
6	S	3.73	57.4	1410.0	-2.3	-53.6	-129.3	631	21.2
7	S	3.07	129.5	1410.0	9.3	-119.4	-73.1	----	----
8	S	4.21	144.6	1410.0	-9.0	-136.1	-32.7	1298	49.5
9	S	3.09	102.0	1410.0	6.7	-99.0	-99.0	----	----
10	S	2.43	122.2	1410.0	11.5	-113.3	-82.3	----	----

**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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

1	S	-0.00013	0	----	----	----				0.000 (0.20)	1489.63	0.00
2	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	379	0.019 (0.20)	6998.64	30728.05	
3	S	-0.00004	0	----	----	----			0.000 (0.20)	6324.92	92747.66	
4	S	-0.00008	0	----	----	----			0.000 (0.20)	8035.80	81397.15	
5	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	389	0.012 (0.20)	22945.10	30880.27	
6	S	-0.00002	0	0.500	30.0	85	0.00001 (0.00001)	441	0.003 (0.20)	76976.63	31873.66	
7	S	-0.00004	0	----	----	----			0.000 (0.20)	16328.38	95517.60	
8	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	423	0.011 (0.20)	11026.32	40123.56	
9	S	-0.00004	0	----	----	----			0.000 (0.20)	6324.92	92747.66	
10	S	-0.00002	0	----	----	----			0.000 (0.20)	12346.00	116671.55	

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.55	106.1	1410.0	9.9	-99.0	-99.0	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0	----	----	----			0.000 (0.20)	6138.32	87845.71

#### 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 :

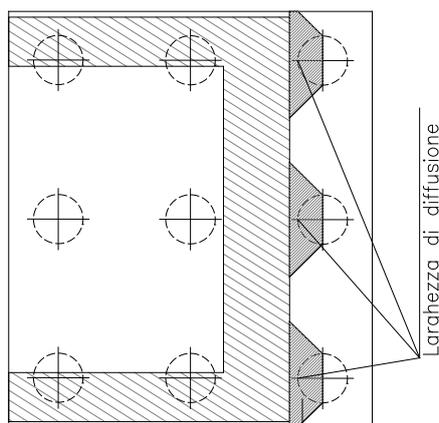
$$N_{\max} = 5233 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 6120 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 748 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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).

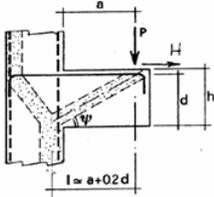
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



**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

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

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)=	3.60	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}$ (KN) =	6120.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}$ (KN) =	748.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	3.60	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) =	4.08	m	a+0,2d
$\lambda$ =	1.90		$\lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
$n^\circ$ R1 =	1	$\phi 1$ (mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	$\theta 1^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	36.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	19113.43	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	19113.43
Registro tipo	R2						
$n^\circ$ R2 =	1	$\phi 2$ (mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	$\theta 2^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 2 =	36.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	19113.43	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	19113.43
Registro tipo	R3						
$n^\circ$ 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

### 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	5233	569	211
SLU	1162	569	211
SLV $q=1$	7239	2560	948
SLV $q=1$	-2394	2560	948

In fase di scalzamento  $\alpha = 4.3$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 120$  cm*

$$A_s = 36 + 36 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 12/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 34.00$  m

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	14.160 MPa	
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ :	7.080 MPa	
	Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020	
	Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	31475.0 MPa	
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	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. $f_{yk}$ :	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :		450.00 MPa	
Resist. snerv. di progetto $f_{yd}$ :		391.30 MPa	
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :		391.30 MPa	
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :		0.068	
Modulo Elastico $E_f$ :		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

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

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	51.5	36	26
2	0.0	0.0	46.5	36	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 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	5233.00	569.00	211.00
2	1162.00	569.00	211.00
3	7239.00	2560.00	948.00
4	-2394.00	2560.00	948.00

**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	3773.00	396.00	0.00
2	1435.00	396.00	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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3300.00	275.00 (1489.63)	0.00 (0.00)
2	1783.00	275.00 (6998.64)	0.00 (30728.05)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 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 $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis. Sic.	As Totale
1	S	5233.00	569.00	5232.99	6138.69	10.79	382.3(33.9)
2	S	1162.00	569.00	1162.06	5774.64	10.15	382.3(33.9)
3	S	7239.00	2560.00	7239.12	6120.44	2.39	382.3(33.9)
4	S	-2394.00	2560.00	-2393.91	5044.22	1.97	382.3(33.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00298	0.0	51.5	-0.00329	0.0	-51.5
2	0.00350	0.0	60.0	0.00285	0.0	51.5	-0.00508	0.0	-51.5
3	0.00350	0.0	60.0	0.00303	0.0	51.5	-0.00267	0.0	-51.5
4	0.00350	0.0	60.0	0.00265	0.0	51.5	-0.00760	0.0	-51.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000060859	-0.000151569	----	----
2	0.000000000	0.000076907	-0.001114418	----	----
3	0.000000000	0.000055357	0.000178582	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

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

4      0.000000000      0.000099554      -0.002473268      ---      ---

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    12 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-  
                          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	211.00	2486.99	1571.34	93.3  74.6	109.2	2.500	1.250	2.9	21.5(0.0)
2	S	211.00	2269.97	1671.77	93.9  79.4	109.2	2.500	1.073	2.7	21.5(0.0)
3	S	948.00	2403.25	1528.13	93.3  72.6	108.5	2.500	1.250	13.4	21.5(0.0)
4	S	948.00	2184.60	1777.15	95.3  84.4	106.0	2.500	1.000	11.5	21.5(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.60	0.0	1410.0	15.3	0.0	-51.5	---	---
2	S	2.29	0.0	1410.0	-6.9	0.0	-51.5	291	5.3

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

Ver.                    La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
                          Esito della verifica  
e1                    Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2                    Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                    = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                    = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                    = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3                    = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                    = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                    Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                    Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm                    Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
                          Tra parentesi: valore minimo = 0.6 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]

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

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	-0.00005	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	9863.08	42255.51
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	72	0.00002 (0.00002)	487	0.010 (0.20)	1846.16	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	2.90	0.0	1410.0	16.6	0.0	-51.5	----	----
2	S	2.01	0.0	1410.0	3.3	0.0	-51.5	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1489.63	0.00
2	S	-0.00010	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	6998.64	30728.05

#### 4.10 Escursione Longitudinale, giunti e varchi

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

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

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

dove:

$E_1$  = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

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

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

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

$k_2$  = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

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

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

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

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

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

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

In ogni caso, dovrà risultare:

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

dove:

$E_0$  = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

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

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

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

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

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

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

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$a_g$		0.197	g
$F_0$		2.33	
$S_s$		1	
$S_t$		1	
$T_c$		0.545	s
$T_D$		2.390	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.20	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.46	g
Inerzia Pila asse y	$J_{yy}$	3.98	m <sup>4</sup>
Altezza pila	h1	5.0	m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	52 di 57

Altezza baricentro impalcato	h2	2.8	m	
Altezza totale	$h=h1+h2$	7.8		
Rigidezza Pila asse y	K	415149446	N/m	
Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per q=1</u>	F	6487	kN	
Fattore di struttura	q	1		
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.016	m	
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.016	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.06	m	
$d_{ij}$ max (par.3.2.4.2)		0.11		
Lunghezza impalcato		50	m	
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.016	m	
E1	$2 * D_t$	0.032	m	
E2	$4 * d_E * k2$	0.034	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.223	m	
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.115	m	Spalla - Spalla
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.130	m	Spalla - Pila
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.146	m	Pila - Pila
EL min 1		0.188	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(ELmin1; Elmin2)$	0.188	m	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; Elmin; Ei)$	<b>0.223</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; Elmin; Ei)$	<b>0.223</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; Elmin; Ei)$	<b>0.223</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2	<b>0.139</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.139</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.139</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.121</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.121</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Pila</b>
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.121</b>	<b>+/- m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	<b>0.131</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.121</b>	<b>m</b>	<b>Pila - Pila</b>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)  
Viadotto NW03

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	54 di 57

#### 4.11 Ritegni

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

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

Imp 50,00 m:  $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 5391 \text{ kN}$

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

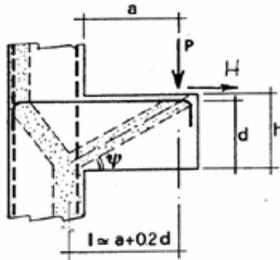
Imp 50,00 m:  $P_{max} = 5391 \text{ kN}$

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<sub>Ed</sub>, H<sub>Ed</sub>)**

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

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

**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 <sub>Ed</sub> (KN) =	5391	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	0.50	m	distanza P da incastro
h(m) =	0.50	m	spessore mensola
δ(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
λ =	1.54		λ=ctgψ≈l/(0,9d).

2

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

c(m) = 1.50

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
n° R1 =	1	φ1(mm) =	26.0	p1(cm) =	10	θ1° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 1 =	40.8	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	21670.56	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	21670.56
<b>Registro tipo R2</b>							
n° R2 =	0	φ2(mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 2 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00
<b>Registro tipo R3</b>							
n° R3 =	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ =  rad =  °

P<sub>RS</sub> =  KN

P<sub>RC</sub> =  KN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 03 00 004	C	56 di 57

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

$$(Imp\ 50,00\ m)/2+(Imp\ 50,00\ m)/2: P_{max} = 5391\ kN$$

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>5391</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		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

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>22.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10</b>
$A\phi\ i (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 1 =$	35.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	13304.63
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>13304.63</b>
<u>Registro tipo</u>	<b>R2</b>				
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>22.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>
$A\phi\ i (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 2 =$	35.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	13304.63
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>13304.63</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>
$A\phi\ i (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	0.00
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	<b>0.00</b>

#### Verifiche di resistenza

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

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

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{Ed} = 6563$  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>6563</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>196.88</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>3.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>3.38</b>	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	<b>1.98</b>		$\lambda = ctg\psi \approx l / (0,9d)$

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

#### Verifiche di resistenza

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN