

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

NW02 – VIADOTTO STRADALE SU NV53A

Relazione di calcolo pila

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL NW0200 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	ITALFERR S.p.A. 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.02.0.0.004.C

n. Elab.: 09_651

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>	31

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	3 di 60

4.8	PALI DI FONDAZIONE	33
4.8.1	<i>Scalzamento</i>	34
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	36
4.9.1	<i>Pila</i>	37
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	46
4.9.3	<i>Palo di fondazione</i>	48
4.10	ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI	53
4.11	RITEGNI.....	57

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 NW02 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.

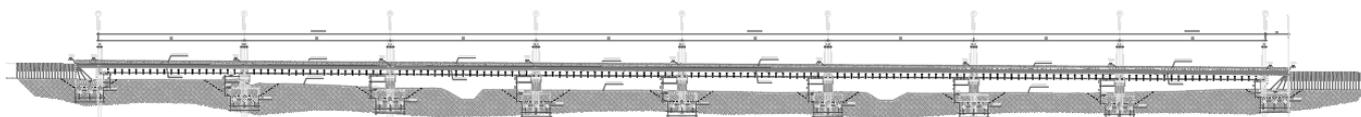
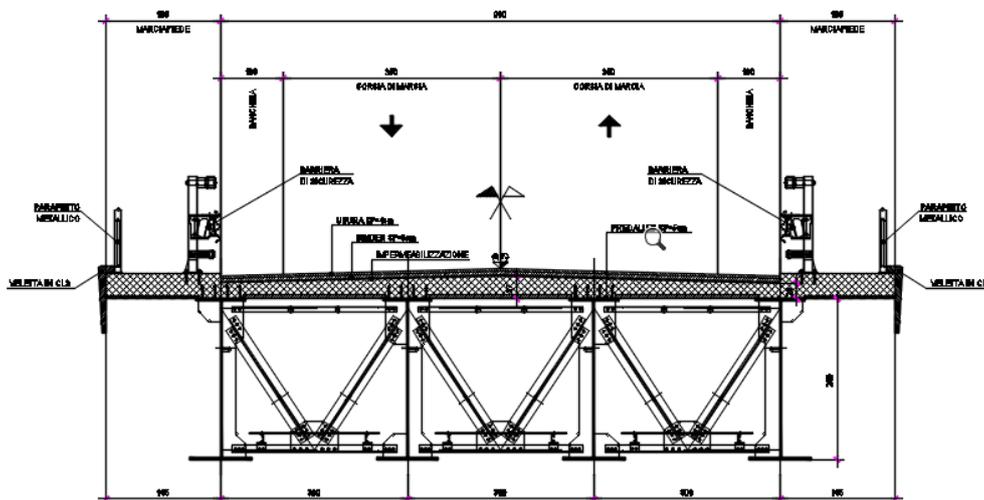
1.1 Descrizione dell'opera

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	NW02.00.004	C	5 di 60

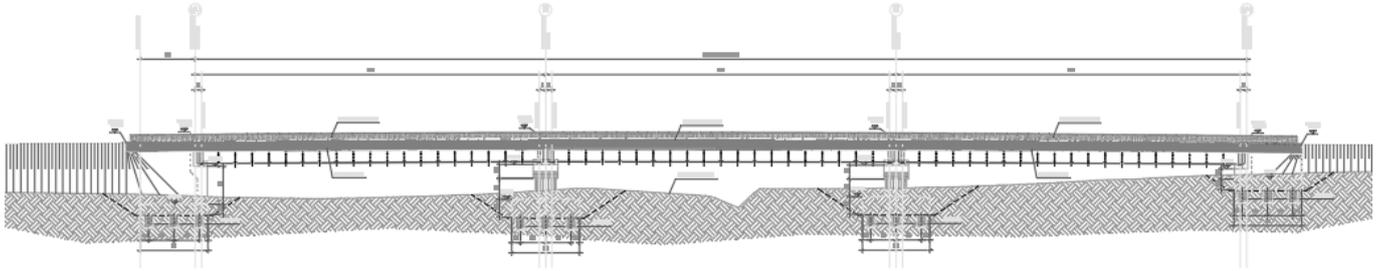


Figura 1: Sezione trasversale e prospetto

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 : ≤ 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 : ≤ 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 : ≤ 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 $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B) Viadotto NW02					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO NW02.00.004	REV. C

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	NW02.00.004	C	9 di 60

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione [circolare](#) di diametro 3.00m, una altezza complessiva di 4.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.5x 16.50m ed altezza 2.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50 m collegate in testa da una platea di spessore 2.50m.

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	$\gamma_{G1} \text{ e } \gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qk}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	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

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

⁽²⁾ 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.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_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 γ_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	NW02.00.004	C	15 di 60

4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
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	16.50	m
Area Sezione		57.75	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	4.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	3.00	m
Area Sezione		7.07	m ²
% 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 pila (dx)	x_{m2}	1.00	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko = 0.426	▼
Sisma			
S_s		1.500	
a_g		0.115	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.173	

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/m³.

Impalcato (sx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G ₁	180	kN/m
Permanenti portati	G ₂	65	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	4	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R ₁	1125.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R ₁	406.3	kN

Impalcato (dx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G1	180	kN/m
Permanenti portati	G2	65	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	4	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1125.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	406.3	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]
sx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1125			1125			1125			1125			0.00
Permanenti G2	410			410			410			410			0.00
Comb. Nmax Q1	466			549			504			405			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						71			71				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	792			433			199			22			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						71			71				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1	0			0									0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico						97			97				3.80
Vento Ponte Carico						156			156				4.50
Attrito permanente		46	46		46	46		46	46		46	46	0.00
Attrito carichi mobili		24	24		16	16		15	15		12	12	0.00
q _{1.5}	Sisma longitudinale												2.80
	Sisma trasversale						1235			1235			2.80
	Sisma verticale	175			175			175			175		0.00
q _{1.36}	Sisma longitudinale		0			0			0			0	2.80
	Sisma trasversale			0			1362			1362		0	2.80
	Sisma verticale	175			175			175			175		0.00
q ₁	Sisma longitudinale		0			0			0			0	2.80
	Sisma trasversale			0			1853			1853		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	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1125			1125			1125			1125			0.00
Permanenti G2	410			410			410			410			0.00
Comb. Nmax Q1	466			549			504			405			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura						248			248				3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						71			71				3.00
Comb. Nmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Comb. MTmax Q1	792			433			199			22			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura						248			248				3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						71			71				3.00
Comb. MTmax Q folla	248			57			20			-48			0.00
Comb. MLmax Q1	576			798			699			453			0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura						248			248				3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga						71			71				3.00
Comb. MLmax Q folla	200			38			38			200			0.00
Vento Ponte Scarico						97			97				3.80
Vento Ponte Carico						156			156				4.50
Attrito permanente		46	46		46	46		46	46		46	46	0.00
Attrito carichi mobili		24	24		24	24		21	21		14	14	0.00
q _{1.5}	Sisma longitudinale		0			2470			2470				2.80
	Sisma trasversale			0			1235			1235		0	2.80
	Sisma verticale	175			175			175			175		0.00
q _{1.36}	Sisma longitudinale		0			2724			2724			0	2.80
	Sisma trasversale			0			1362			1362		0	2.80
	Sisma verticale	175			175			175			175		0.00
q ₁	Sisma longitudinale		0			3705			3705			0	2.80
	Sisma trasversale			0			1853			1853		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	
Vento su impalcato				
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	17.1	17.1	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	3.80	2.85	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.36	1.65	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.55	0.55	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.29	2.29	
Coefficiente di forza	cfx	1.36	1.65	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	7.7	12.4	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.71	2.07	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	7.7	12.4	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	7.7	7.7	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	193	193	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	12.4	12.4	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	311	311	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

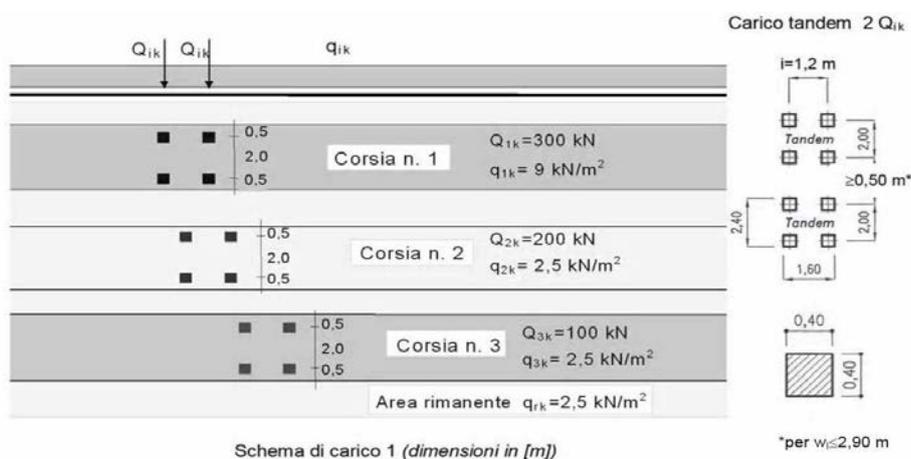
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	19 di 60

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	6.00	6	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.04	2.04		
		dir.x	dir.x		
Altezza (dir.z)	h	2.00	4.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	16.50	3.00	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.5	3	m	
Rapporto di forma	d/b	0.21	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.02	2.15		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.5	1.5	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.09	0.50		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.77	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.75	1.21	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	33	12	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	58	14	kN	
		dir.y	dir.y		
Altezza (dir.z)	h	2.00	4.00	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.5	3	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	16.5	3	m	
Rapporto di forma	d/b	4.71	1.00		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.05	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.59	1.21	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	7	12	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	4	14	kN	
Riepilogo					
Vento x					
Pulvino	F	58	kN		
Pila	F	14	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	6.00	m		
Forza totale	F Tot	72	kN		
Vento y					
Pulvino	F	4	kN		
Pila	F	14	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	6.00	m		
Forza totale	F Tot	19	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 ²]
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:

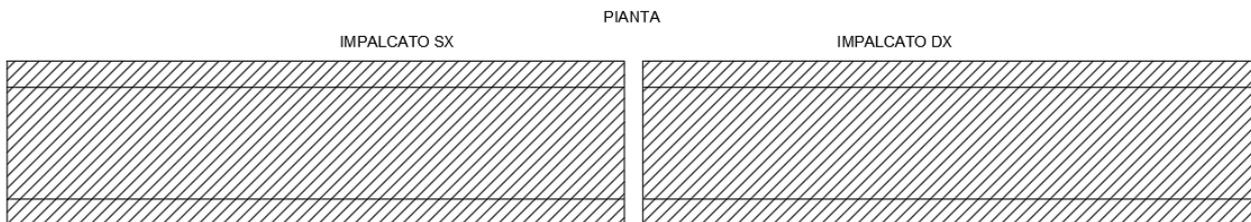
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

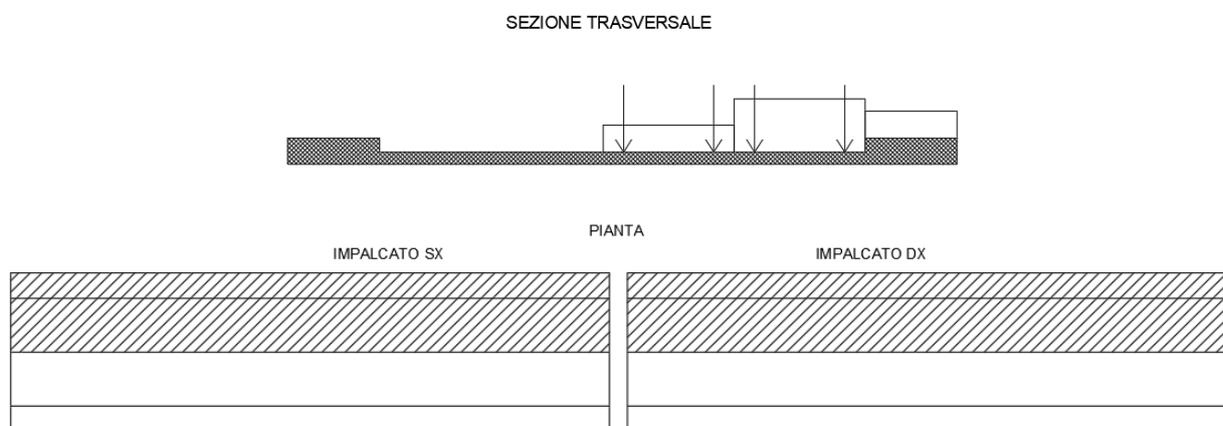


RELAZIONE DI CALCOLO PILA

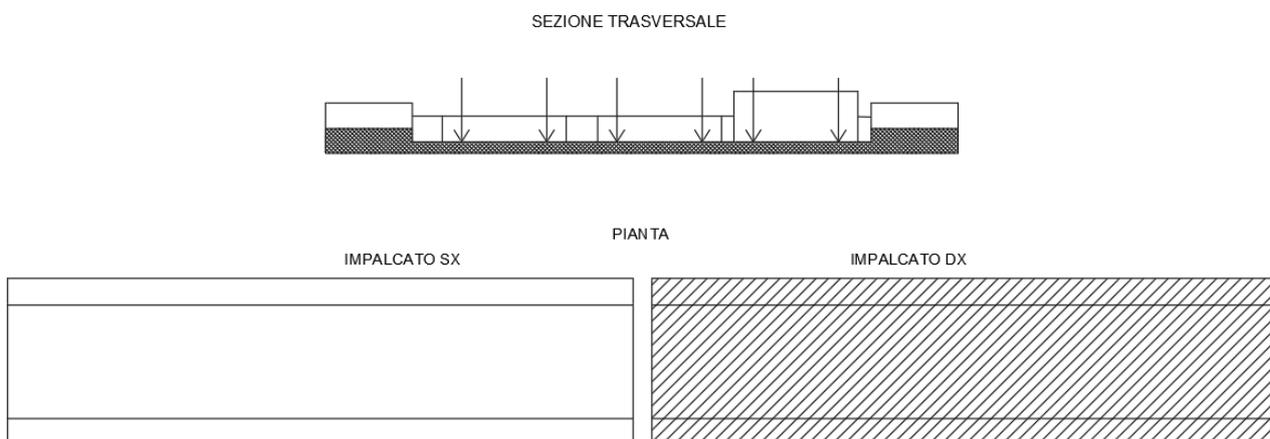
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	21 di 60



- 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:



 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B) Viadotto NW02					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO NW02.00.004	REV. C

4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

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

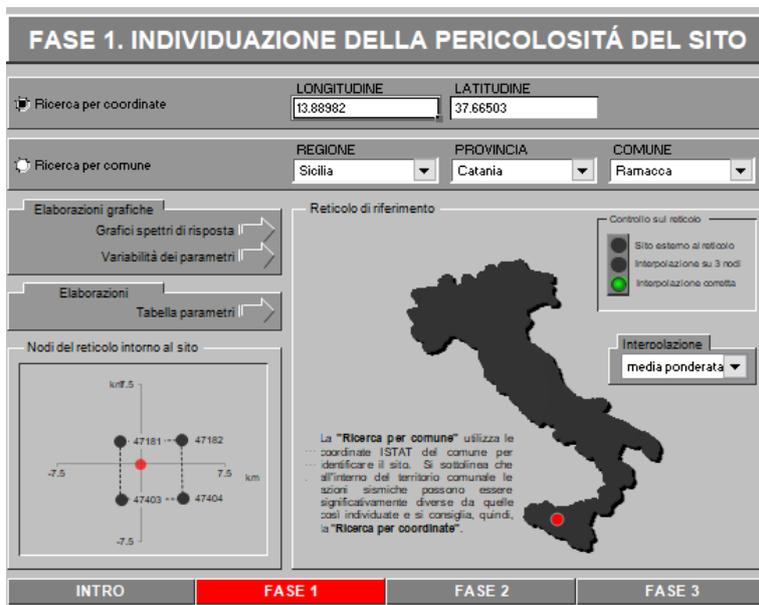
Centrifuga		
Raggio planimetrico	340	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	141	kN

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

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- ... Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info $S_B = 1.500$ $C_C = 1.414$ info
 Categoria topografica **T1** info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(Inquadro sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta_1 = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta

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

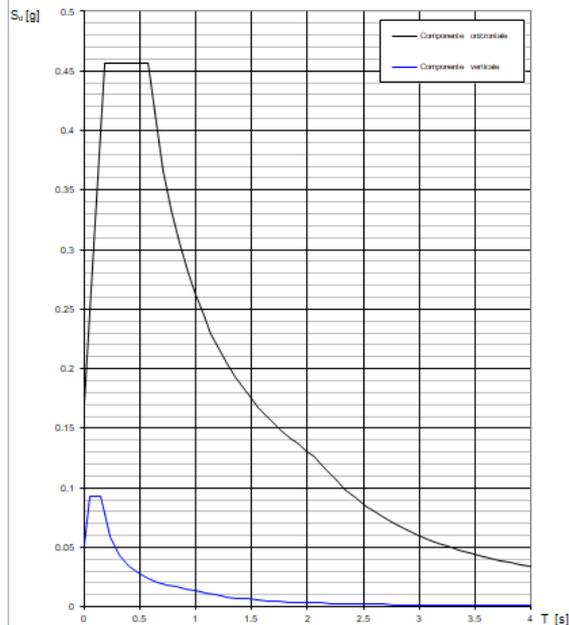
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.115 g
F_n	2.656
T_c	0.406 s
S_s	1.500
C_c	1.414
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.191 s
T_C	0.574 s
T_D	2.059 s

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, 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 $L= 8.80$ m.

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	13020	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3123	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	16143	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2604	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	13020	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	3123	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	16143	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	2604	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	13020	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	3123	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	16143	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2604	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	3.98	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	3.98	m ⁴
Area Pila	A _p	7.07	m ²
Rigidezza Pila asse y	K _y	577619831.8	N/m
Rigidezza Pila asse x	K _x	577619831.8	N/m
rigidezza Pila asse z	K _z	38877209088	N/m
Periodo x	T _x	0.33	s
Periodo y	T _y	0.33	s
Periodo z	T _z	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(T _x) direzione x	a _g x	0.46	
Accelerazione orizzontale Se(T _y) direzione y	a _g y	0.46	
Accelerazione Verticale Se(T _z) direzione z	a _g z	0.09	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x	a _g x	0.31	
Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y	a _g y	0.31	
Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z	a _g z	0.09	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x	a _g x	0.34	
Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y	a _g y	0.34	
Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z	a _g z	0.09	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x	a _g x	0.46	
Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y	a _g y	0.46	
Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z	a _g z	0.09	

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	4931	kN
Tagliante direzione y	F y	4931	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	5438	kN
Tagliante direzione y	F y	5438	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	7396	kN
Tagliante direzione y	F y	7396	kN
Tagliante direzione z	F z	1392	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%.

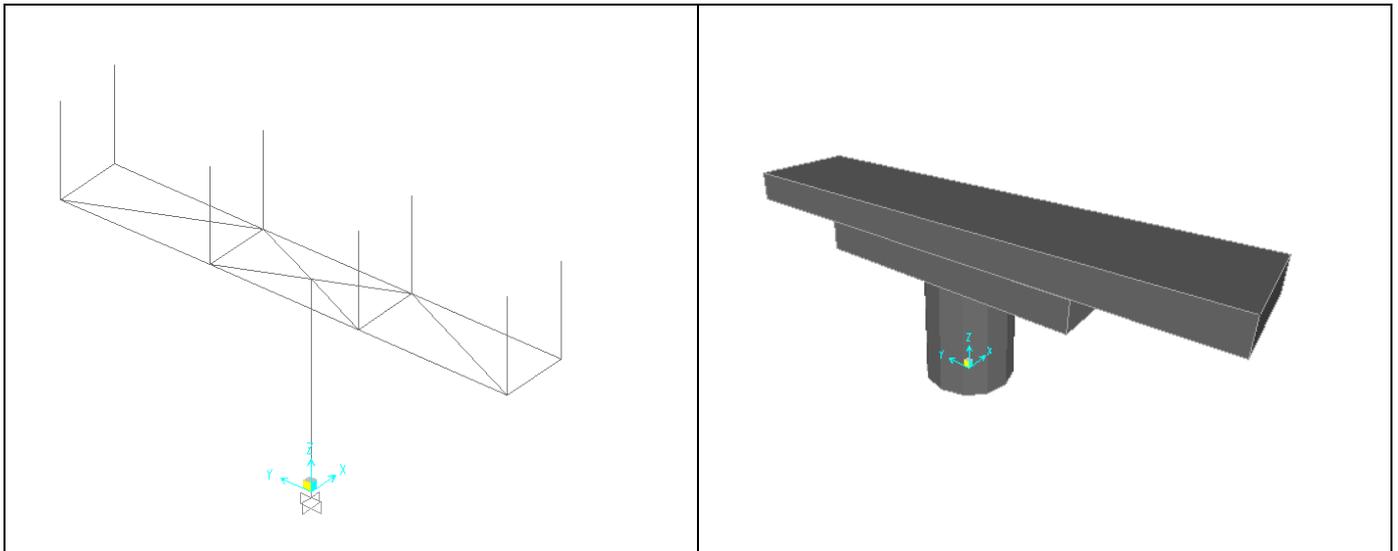


Figura 2: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:

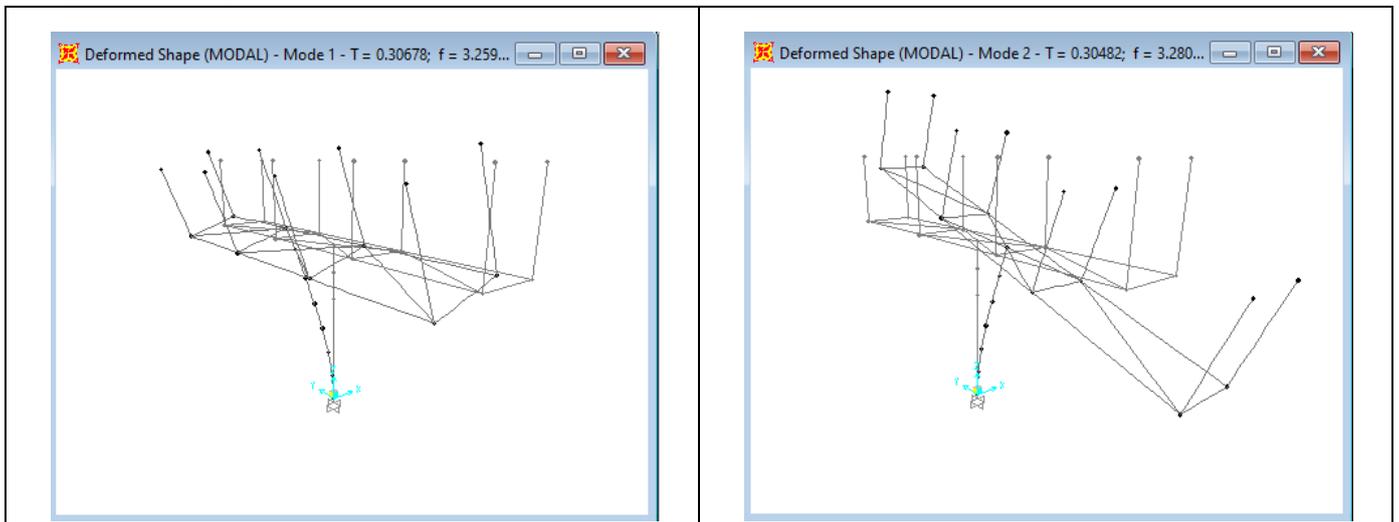


Figura 3: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)

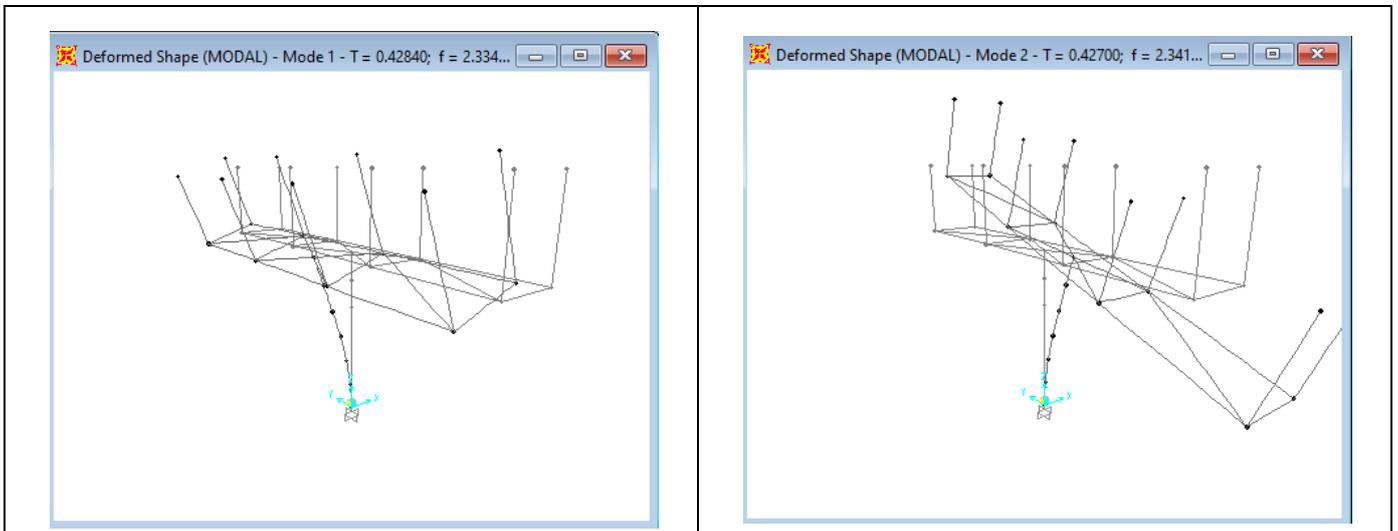


Figura 4: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)

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 di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

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

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

4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

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	3594			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		72		0.00	0.00	6.00	0	434
Vento su pila dir.y			18.6	0.00	0.00	6.00	112	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	3594			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	9000			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	2700			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		72		0.00	0.00	8.50	0	615
Vento su pila dir.y			18.61021954	0.00	0.00	8.50	158	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		1553		0.00	0.00	1.25	0.00	1941
Plinto sisma y			1553	0.00	0.00	1.25	1941	0
Plinto sisma z	776			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	233			0.00	0.00	0.00	0	0

4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	N _x [kN]	T _x [kN]	T _y [kN]	M _x [kN*m]	M _y [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	21831	651	1152	10796	4200
A2 - SLU - MT max gr.1	20503	651	1152	25173	4200
A2 - SLU - ML max gr.1	20037	708	1138	10740	7717
A2 - SLU - N max gr.2	20177	1222	1152	10501	9590
A2 - SLU - MT max gr.2	19353	1222	1152	19490	9590
A2 - SLU - ML max gr.2	19037	1278	1138	10438	12107
A2 - SLU - N max gr.3	20177	651	1479	13588	4200
A2 - SLU - MT max gr.3	19353	651	1479	22577	4200
A2 - SLU - ML max gr.3	19037	708	1301	11981	6717
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16858	573	1008	8404	3653
A2 - SLU - N max gr.1	20847	541	1042	10084	3487
A2 - SLU - MT max gr.1	19519	541	1042	24462	3487
A2 - SLU - ML max gr.1	19053	597	1027	10028	7004
A2 - SLU - N max gr.2	19193	1111	1042	9789	8877
A2 - SLU - MT max gr.2	18369	1111	1042	18778	8877
A2 - SLU - ML max gr.2	18053	1167	1027	9725	11395
A2 - SLU - N max gr.3	19193	541	1368	12875	3487
A2 - SLU - MT max gr.3	18369	541	1368	21864	3487
A2 - SLU - ML max gr.3	18053	597	1191	11268	6004
A2 - SLU - Vento ponte scarico	15874	462	897	7691	2940
A1 - SLU - N max gr.1	27760	755	1333	12503	4868
A1 - SLU - MT max gr.1	26201	755	1333	29383	4868
A1 - SLU - ML max gr.1	25654	820	1316	12439	8990
A1 - SLU - N max gr.2	25818	1424	1333	12157	11196
A1 - SLU - MT max gr.2	24851	1424	1333	22709	11196
A1 - SLU - ML max gr.2	24480	1489	1316	12084	14144
A1 - SLU - N max gr.3	25818	755	1717	15780	4868
A1 - SLU - MT max gr.3	24851	755	1717	26333	4868
A1 - SLU - ML max gr.3	24480	820	1508	13896	7817
A1 - SLU - Vento ponte scarico	21922	863	1365	11001	5519
A1 - SLU - N max gr.1	21712	571	1149	11315	3680
A1 - SLU - MT max gr.1	20153	571	1149	28195	3680
A1 - SLU - ML max gr.1	19606	636	1132	11251	7802
A1 - SLU - N max gr.2	19770	1240	1149	10969	10008
A1 - SLU - MT max gr.2	19770	1240	1149	10969	10008
A1 - SLU - ML max gr.2	18803	1305	1132	21421	10399
A1 - SLU - N max gr.3	18432	1240	1149	10996	12566
A1 - SLU - MT max gr.3	19770	571	1532	14592	3680
A1 - SLU - ML max gr.3	18803	636	1516	25044	4071
A1 - SLU - Vento ponte scarico	18432	679	1352	12875	6889
SLE Rara - N max gr.1	15874	368	962	8409	2376
SLE Rara - MT max gr.1	20198	518	904	8535	3342
SLE Rara - ML max gr.1	19043	562	893	20971	3603
SLE Rara - N max gr.2	18638	518	904	8562	6106
SLE Rara - MT max gr.2	18760	1014	904	8278	8029
SLE Rara - ML max gr.2	18043	1058	893	16028	8290
SLE Rara - N max gr.3	17769	1014	904	8299	9924
SLE Rara - MT max gr.3	18760	518	1188	10962	3342
SLE Rara - ML max gr.3	18043	562	1177	18712	3603
SLE Rara - Vento ponte scarico	17769	591	1053	9685	5671
SLE Freq. - N max gr.1	19117	481	481	3870	3101
SLE Freq. - MT max gr.1	18251	481	481	13248	3101
SLE Freq. - ML max gr.1	17947	481	481	3890	5174
SLE Freq. - N max gr.2	18039	853	481	3678	6616
SLE Freq. - MT max gr.2	17501	853	481	9540	6616
SLE Freq. - ML max gr.2	17295	853	481	3693	8037
SLE Freq. - N max gr.3	18039	481	694	5691	3101
SLE Freq. - MT max gr.3	17501	481	694	11553	3101
SLE Freq. - ML max gr.3	17295	481	587	4699	4522
SLE Freq. - Vento ponte scarico	15874	383	450	3194	2463
SLE Q.P. - ML max gr.3	15874	518	518	3342	3342
SLV -dir.X_1	16847	5438	1909	16757	49755
SLV -dir.X_2	16007	5438	1909	16757	49755
SLV -dir.Y_1	16928	1980	5395	51507	17215
SLV -dir.Y_2	16088	1980	5395	51507	17215
SLV -dir.Z+	18139	1980	1937	17020	17215
SLV -dir.Z-	15339	1980	1937	17020	17215
SLV -dir.X_1	16847	5946	2061	18168	54459
SLV -dir.X_2	16007	5946	2061	18168	54459
SLV -dir.Y_1	16928	2132	5904	56211	18626
SLV -dir.Y_2	16088	2132	5904	56211	18626
SLV -dir.Z+	18139	2132	2090	18431	18626
SLV -dir.Z-	15339	2132	2090	18431	18626
SLV -dir.X_1	16847	7908	2650	23611	72602
SLV -dir.X_2	16007	7908	2650	23611	72602
SLV -dir.Y_1	16928	2721	7865	74354	24070
SLV -dir.Y_2	16088	2721	7865	74354	24070
SLV -dir.Z+	18139	2721	2678	23874	24070
SLV -dir.Z-	15339	2721	2678	23874	24070

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila– Analisi Statica

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	6768	2031	16053	17259	57511
EX_1	Combination	Min	-6768	-2031	16053	-17259	-57511
EY_1	Combination	Max	2030	6771	16053	57528	17254
EY_1	Combination	Min	-2030	-6771	16053	-57528	-17254
EX_2	Combination	Max	6768	2031	15878	17259	57511
EX_2	Combination	Min	-6768	-2031	15878	-17259	-57511
EY_2	Combination	Max	2030	6771	15878	57528	17254
EY_2	Combination	Min	-2030	-6771	15878	-57528	-17254
EZ_1	Combination	Max	2030	2031	16258	17259	17254
EZ_1	Combination	Min	-2030	-2031	16258	-17259	-17254
EZ_2	Combination	Max	2030	2031	15674	17259	17254
EZ_2	Combination	Min	-2030	-2031	15674	-17259	-17254
			6768	6771		57528	57511

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	6777	2035	16053	17277	57557
EX_1	Combination	Min	-6777	-2035	16053	-17278	-57557
EY_1	Combination	Max	2033	6782	16053	57587	17268
EY_1	Combination	Min	-2033	-6782	16053	-57587	-17268
EX_2	Combination	Max	6777	2035	15878	17277	57557
EX_2	Combination	Min	-6777	-2035	15878	-17278	-57557
EY_2	Combination	Max	2033	6782	15878	57587	17268
EY_2	Combination	Min	-2033	-6782	15878	-57587	-17268
EZ_1	Combination	Max	2033	2035	16258	17276	17267
EZ_1	Combination	Min	-2033	-2035	16258	-17276	-17267
EZ_2	Combination	Max	2033	2035	15674	17276	17267
EZ_2	Combination	Min	-2033	-2035	15674	-17276	-17267
			6777	6782		57587	57557

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.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)
Viadotto NW02

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	31 di 60

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	34341	651	1152	13677	5828
A2 - SLU - MT max gr.1	33013	651	1152	28056	5828
A2 - SLU - ML max gr.1	32547	708	1138	13585	9486
A2 - SLU - N max gr.2	32687	1222	1152	13382	12644
A2 - SLU - MT max gr.2	31863	1222	1152	22371	12644
A2 - SLU - ML max gr.2	31547	1278	1138	13282	15302
A2 - SLU - N max gr.3	32687	651	1479	17285	5828
A2 - SLU - MT max gr.3	31863	651	1479	26274	5828
A2 - SLU - ML max gr.3	31547	708	1301	15234	8486
A2 - SLU - Vento ponte scarico	29568	573	1008	10923	5086
A2 - SLU - N max gr.1	32547	541	1042	12688	4839
A2 - SLU - MT max gr.1	31219	541	1042	27067	4839
A2 - SLU - ML max gr.1	30753	597	1027	12596	8497
A2 - SLU - N max gr.2	30893	1111	1042	12393	11655
A2 - SLU - MT max gr.2	30069	1111	1042	21382	11655
A2 - SLU - ML max gr.2	29753	1167	1027	12293	14313
A2 - SLU - N max gr.3	30893	541	1368	16296	4839
A2 - SLU - MT max gr.3	30069	541	1368	25285	4839
A2 - SLU - ML max gr.3	29753	597	1191	14245	7497
A2 - SLU - Vento ponte scarico	27574	462	897	9934	4097
A1 - SLU - N max gr.1	43960	755	1333	15836	6755
A1 - SLU - MT max gr.1	42401	755	1333	32716	6755
A1 - SLU - ML max gr.1	41854	820	1316	15730	11040
A1 - SLU - N max gr.2	42018	1424	1333	15490	14757
A1 - SLU - MT max gr.2	41051	1424	1333	26042	14757
A1 - SLU - ML max gr.2	40680	1489	1316	15375	17868
A1 - SLU - N max gr.3	42018	755	1717	20072	6755
A1 - SLU - MT max gr.3	41051	755	1717	30624	6755
A1 - SLU - ML max gr.3	40680	820	1508	17666	9866
A1 - SLU - Vento ponte scarico	38122	863	1365	14413	7678
A1 - SLU - N max gr.1	33412	571	1149	14188	5107
A1 - SLU - MT max gr.1	31853	571	1149	31067	5107
A1 - SLU - ML max gr.1	31306	636	1132	14082	9391
A1 - SLU - N max gr.2	31470	1240	1149	13841	13108
A1 - SLU - MT max gr.2	31470	1240	1149	13841	13108
A1 - SLU - ML max gr.2	30503	1305	1132	24251	13662
A1 - SLU - N max gr.3	30132	1240	1149	13869	15666
A1 - SLU - MT max gr.3	31470	571	1532	18423	5107
A1 - SLU - ML max gr.3	30503	636	1516	28833	5660
A1 - SLU - Vento ponte scarico	30132	679	1352	16254	8387
SLE Rara - N max gr.1	27574	368	962	10813	3297
SLE Rara - MT max gr.1	31898	518	904	10794	4638
SLE Rara - ML max gr.1	30743	562	893	23202	5006
SLE Rara - N max gr.2	30338	518	904	10821	7402
SLE Rara - MT max gr.2	30460	1014	904	10538	10565
SLE Rara - ML max gr.2	29743	1058	893	18259	10934
SLE Rara - N max gr.3	29469	1014	904	10538	12459
SLE Rara - MT max gr.3	30460	518	1188	13931	4638
SLE Rara - ML max gr.3	29743	562	1177	21653	5006
SLE Rara - Vento ponte scarico	29469	591	1053	12318	7147
SLE Freq. - N max gr.1	30817	481	481	5072	4302
SLE Freq. - MT max gr.1	29951	481	481	14449	4302
SLE Freq. - ML max gr.1	29647	481	481	5092	6375
SLE Freq. - N max gr.2	29739	853	481	4880	8748
SLE Freq. - MT max gr.2	29201	853	481	10742	8748
SLE Freq. - ML max gr.2	28995	853	481	4895	10169
SLE Freq. - N max gr.3	29739	481	694	7425	4302
SLE Freq. - MT max gr.3	29201	481	694	13287	4302
SLE Freq. - ML max gr.3	28995	481	587	6167	5723
SLE Freq. - Vento ponte scarico	27574	383	450	4318	3420
SLE Q.P. - ML max gr.3	27574	518	518	4638	4638
SLV -dir X_1	28850	6990	2375	22111	65289
SLV -dir X_2	27404	6990	2375	22111	65289
SLV -dir Y_1	28931	2445	6948	66935	22746
SLV -dir Y_2	27485	2445	6948	66935	22746
SLV -dir Z+	30848	2445	2403	22445	22746
SLV -dir Z-	26030	2445	2403	22445	22746
SLV -dir X_1	28850	7499	2527	23903	71264
SLV -dir X_2	27404	7499	2527	23903	71264
SLV -dir Y_1	28931	2598	7456	72911	24539
SLV -dir Y_2	27485	2598	7456	72911	24539
SLV -dir Z+	30848	2598	2555	24237	24539
SLV -dir Z-	26030	2598	2555	24237	24539
SLV -dir X_1	28850	9460	3116	30818	94312
SLV -dir X_2	27404	9460	3116	30818	94312
SLV -dir Y_1	28931	3186	9418	95958	31453
SLV -dir Y_2	27485	3186	9418	95958	31453
SLV -dir Z+	30848	3186	3144	31152	31453
SLV -dir Z-	26030	3186	3144	31152	31453

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	43960	755	1333	15836	6755	5721	4048	170
AI - SLU - MT max gr.1	42401	755	1333	32716	6755	6173	3249	170
AI - SLU - ML max gr.1	41854	820	1316	15730	11040	5642	3659	172
AI - SLU - N max gr.2	42018	1424	1333	15490	14757	5789	3548	217
AI - SLU - MT max gr.2	41051	1424	1333	26042	14757	6072	3050	217
AI - SLU - ML max gr.2	40680	1489	1316	15375	17868	5751	3289	221
AI - SLU - N max gr.3	42018	755	1717	20072	6755	5662	3675	208
AI - SLU - MT max gr.3	41051	755	1717	30624	6755	5946	3177	208
AI - SLU - ML max gr.3	40680	820	1508	17666	9866	5540	3500	191
AI - SLU - Vento ponte scarico	38122	863	1365	14413	7678	5054	3418	179
AI - SLU - N max gr.1	33412	571	1149	14188	5107	4427	2998	143
AI - SLU - MT max gr.1	31853	571	1149	31067	5107	4879	2199	143
AI - SLU - ML max gr.1	31306	636	1132	14082	9391	4348	2609	144
AI - SLU - N max gr.2	31470	1240	1149	13841	13108	4495	2499	188
AI - SLU - MT max gr.2	31470	1240	1149	13841	13108	4495	2499	188
AI - SLU - ML max gr.2	30503	1305	1132	24251	13662	4793	1985	192
AI - SLU - N max gr.3	30132	1240	1149	13869	15666	4442	2254	188
AI - SLU - MT max gr.3	31470	571	1532	18423	5107	4368	2625	182
AI - SLU - ML max gr.3	30503	636	1516	28833	5660	4667	2112	183
AI - SLU - Vento ponte scarico	30132	679	1352	16254	8587	4268	2428	168
						6173	1985	221

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	28850	7499	2527	23903	71264	6730	-319	879
SLV -dir.X 2	27404	7499	2527	23903	71264	6570	-480	879
SLV -dir.Y 1	28931	2598	7456	72911	24539	6824	-395	877
SLV -dir.Y 2	27485	2598	7456	72911	24539	6663	-555	877
SLV -dir.Z+	30848	2598	2555	24237	24539	5234	1621	405
SLV -dir.Z-	26030	2598	2555	24237	24539	4699	1086	405
						6824	-555	879

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	28850	9460	3116	30818	94312	7840	-1429	1107
SLV -dir.X 2	27404	9460	3116	30818	94312	7679	-1589	1107
SLV -dir.Y 1	28931	3186	9418	95958	31453	7933	-1504	1105
SLV -dir.Y 2	27485	3186	9418	95958	31453	7773	-1665	1105
SLV -dir.Z+	30848	3186	3144	31152	31453	5746	1109	497
SLV -dir.Z-	26030	3186	3144	31152	31453	5211	574	497
						7933	-1665	1107

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	27574	368	962	10813	3297	3586	2541	114
SLE Rara - MT max gr.1	31898	518	904	10794	4638	4116	2973	116
SLE Rara - ML max gr.1	30743	562	893	23202	5006	4461	2371	117
SLE Rara - N max gr.2	30338	518	904	10821	7402	4046	2696	116
SLE Rara - MT max gr.2	30460	1014	904	10538	10565	4166	2603	151
SLE Rara - ML max gr.2	29743	1058	893	18259	10934	4386	2224	154
SLE Rara - N max gr.3	29469	1014	904	10558	12459	4127	2422	151
SLE Rara - MT max gr.3	30460	518	1188	13931	4638	4072	2697	144
SLE Rara - ML max gr.3	29743	562	1177	21653	5006	4292	2317	145
SLE Rara - Vento ponte scarico	29469	591	1053	12318	7147	3995	2553	134
						4461	2224	154

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Freq. - N max gr.1	30817	481	481	5072	4302	3771	3077	76
SLE Freq. - MT max gr.1	29951	481	481	14449	4302	4022	2633	76
SLE Freq. - ML max gr.1	29647	481	481	5092	6375	3719	2869	76
SLE Freq. - N max gr.2	29739	853	481	4880	8748	3809	2800	109
SLE Freq. - MT max gr.2	29201	853	481	10742	8748	3966	2523	109
SLE Freq. - ML max gr.2	28995	853	481	4895	10169	3780	2664	109
SLE Freq. - N max gr.3	29739	481	694	7425	4302	3739	2870	94
SLE Freq. - MT max gr.3	29201	481	694	13287	4302	3896	2593	94
SLE Freq. - ML max gr.3	28995	481	587	6167	5723	3662	2781	84
SLE Freq. - Vento ponte scarico	27574	383	450	4318	3420	3350	2777	66
						4022	2523	109

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

4.8.1 Scalzamento

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

Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associati all’evento di piena di progetto devono essere combinate esclusivamente con le altre azioni variabili da traffico, adottando per queste ultime i coefficienti di combinazione ψ_1 .

L’azione idrodinamica viene valutata secondo:

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

Con:

$\rho=1000$ kg/m³ densità dell’acqua

$v=$ m/s velocità della corrente

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

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

Con:

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	35 di 60

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

α = angolo di incidenza

b = larghezza investita dalla corrente

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

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

Dati corrente

h corrente	1.23	m
h scalzamento	6.68	m
angolo corrente (rispetto asse x)	90.0	°
velocità corrente	2.11	m/s
densità acqua	1000	kg/m ³

Dati plinto

ricoprimento plinto	1	m
altezza plinto	2.5	m
Lunghezza lungo asse x	12	m
Lunghezza lungo asse y	12	m

Dati pila

Tipo pila	c	
Lunghezza lungo asse x	3	m
Lunghezza lungo asse y	3	m

coefficiente di forma pila	0.7	
coefficiente di forma plinto	1.44	
q _{idr}	2.23	kPa
h tot investita	7.91	m
h pila investita	2.23	m
h plinto investita	2.5	m
h pali investita	3.18	m
h fondazione investita	5.68	m
q max	2.23	kPa
q spiccato pila	1.60	kPa

Sollecitazioni

F pila x	0.00	kN
F pila y	8.96	kN
M _x pila	10.53	kN*m
M _y pila	0.00	kN*m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	36 di 60

F fondazione x	0.00	kN
F fondazione y	87.40	kN
Mx fondazione	358.44	kN*m
My fondazione	0.00	kN*m

n pali	9	
V palo	10	kN
N palo	13	kN

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

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	37 di 60

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy, Tx)	Trasv(Mxx, Ty)	
Altezza pila	H	9.3	9.3	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	7908	7865	kN
Momento agente (q=1)	M	72602	74354	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5438	5395	kN
Momento agente (con q)	MEd	49755	51507	kN*m
Momento Resistente	MRd	59254	59821	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.19	1.16	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	7908	7865	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	6476	6266	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	6476	6266	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	0.96	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.00	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	6476	6266	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.00	1.00	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	

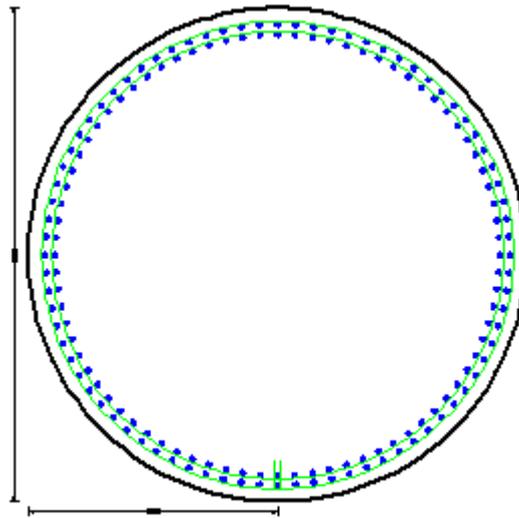
Nota: nella successiva fase progettuale si dovranno predisporre opportune armature trasversali all'interno delle zone dissipative atte a confinare adeguatamente il nucleo di calcestruzzo della sezione e contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse al fine di garantire la necessaria duttilità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

$$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10$$

$$\text{staffe } \phi 18/10$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	38 di 60



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 ²
	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 ²
	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	NW02.00.004	C	39 di 60

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	27760.00	4868.00	12503.00	755.00	1333.00
2	26201.00	4868.00	29383.00	755.00	1333.00
3	25654.00	8990.00	12439.00	820.00	1316.00
4	25818.00	11196.00	12157.00	1424.00	1333.00
5	24851.00	11196.00	22709.00	1424.00	1333.00
6	24480.00	14144.00	12084.00	1489.00	1316.00
7	25818.00	4868.00	15780.00	755.00	1717.00
8	24851.00	4868.00	26333.00	755.00	1717.00
9	24480.00	7817.00	13896.00	820.00	1508.00
10	21922.00	5519.00	11001.00	863.00	1365.00
11	21712.00	3680.00	11315.00	571.00	1149.00
12	20153.00	3680.00	28195.00	571.00	1149.00
13	19606.00	7802.00	11251.00	636.00	1132.00
14	19770.00	10008.00	10969.00	1240.00	1149.00
15	19770.00	10008.00	10969.00	1240.00	1149.00
16	18803.00	10399.00	21421.00	1305.00	1132.00
17	18432.00	12566.00	10996.00	1240.00	1149.00
18	19770.00	3680.00	14592.00	571.00	1532.00
19	18803.00	4071.00	25044.00	636.00	1516.00
20	18432.00	6889.00	12875.00	679.00	1352.00
21	16847.00	49755.00	16757.00	5438.00	1909.00
22	16007.00	49755.00	16757.00	6476.00	1909.00
23	16928.00	17215.00	51507.00	1980.00	6266.00
24	16088.00	17215.00	51507.00	1980.00	5395.00
25	18139.00	17215.00	17020.00	1980.00	1937.00
26	15339.00	17215.00	17020.00	1980.00	1937.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	40 di 60

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	15874.00	2376.00	8409.00
2	20198.00	3342.00	8535.00
3	19043.00	3603.00	20971.00
4	18638.00	6106.00	8562.00
5	18760.00	8029.00	8278.00
6	18043.00	8290.00	16028.00
7	17769.00	9924.00	8299.00
8	18760.00	3342.00	10962.00
9	18043.00	3603.00	18712.00
10	17769.00	5671.00	9685.00

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	19117.00	3101.00 (2140.25)	3870.00 (0.00)
2	18251.00	3101.00 (6074.23)	13248.00 (25950.16)
3	17947.00	5174.00 (3757.87)	3890.00 (49822.10)
4	18039.00	6616.00 (3881.61)	3678.00 (47623.74)
5	17501.00	6616.00 (18143.49)	9540.00 (26162.17)
6	17295.00	8037.00 (60883.63)	3693.00 (27976.02)
7	18039.00	3101.00 (5157.41)	5691.00 (51731.03)
8	17501.00	3101.00 (7845.43)	11553.00 (29228.72)
9	17295.00	4522.00 (3757.87)	4699.00 (49822.10)
10	15874.00	2463.00 (5961.23)	3194.00 (54933.12)

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	15874.00	3342.00 (3761.21)	3342.00 (48489.19)

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	NW02.00.004	C	41 di 60

Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	27760.00	4868.00	12503.00	27759.91	24934.66	64006.95	5.121131.0(212.1)	
2	S	26201.00	4868.00	29383.00	26200.89	11114.78	67069.16	2.281131.0(212.1)	
3	S	25654.00	8990.00	12439.00	25654.09	39672.24	54895.71	4.411131.0(212.1)	
4	S	25818.00	11196.00	12157.00	25817.99	45937.38	49877.61	4.101131.0(212.1)	
5	S	24851.00	11196.00	22709.00	24850.94	29776.43	60412.59	2.661131.0(212.1)	
6	S	24480.00	14144.00	12084.00	24480.10	51076.21	43637.18	3.611131.0(212.1)	
7	S	25818.00	4868.00	15780.00	25818.18	19979.77	64799.89	4.111131.0(212.1)	
8	S	24851.00	4868.00	26333.00	24851.13	12248.25	66223.41	2.511131.0(212.1)	
9	S	24480.00	7817.00	13896.00	24480.18	32928.83	58537.19	4.211131.0(212.1)	
10	S	21922.00	5519.00	11001.00	21921.73	29534.03	58876.79	5.351131.0(212.1)	
11	S	21712.00	3680.00	11315.00	21712.06	20338.43	62534.57	5.531131.0(212.1)	
12	S	20153.00	3680.00	28195.00	20153.03	8402.99	64375.75	2.281131.0(212.1)	
13	S	19606.00	7802.00	11251.00	19606.20	36832.20	53096.69	4.721131.0(212.1)	
14	S	19770.00	10008.00	10969.00	19770.24	43613.50	47804.12	4.361131.0(212.1)	
15	S	19770.00	10008.00	10969.00	19770.24	43613.50	47804.12	4.361131.0(212.1)	
16	S	18803.00	10399.00	21421.00	18803.20	28038.95	57720.46	2.691131.0(212.1)	
17	S	18432.00	12566.00	10996.00	18432.01	48134.11	42110.18	3.831131.0(212.1)	
18	S	19770.00	3680.00	14592.00	19769.79	15815.22	62753.92	4.301131.0(212.1)	
19	S	18803.00	4071.00	25044.00	18803.22	10291.32	63336.04	2.531131.0(212.1)	
20	S	18432.00	6889.00	12875.00	18432.01	30164.16	56396.65	4.381131.0(212.1)	
21	S	16847.00	49755.00	16757.00	16846.71	59729.34	20126.73	1.201131.0(212.1)	
22	S	16007.00	49755.00	16757.00	16007.03	59254.83	19962.82	1.191131.0(212.1)	
23	S	16928.00	17215.00	51507.00	16927.75	20001.69	59821.33	1.161131.0(212.1)	
24	S	16088.00	17215.00	51507.00	16088.11	19844.82	59347.90	1.151131.0(212.1)	
25	S	18139.00	17215.00	17020.00	18138.75	45355.99	44846.74	2.631131.0(212.1)	
26	S	15339.00	17215.00	17020.00	15338.93	44167.62	43679.95	2.571131.0(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	139.8	106.1	0.00319	129.3	53.6	-0.00532	-129.3	-53.6
2	0.00350	148.0	34.2	0.00319	138.3	21.9	-0.00551	-138.3	-21.9
3	0.00350	121.6	119.9	0.00319	113.3	82.3	-0.00558	-113.3	-82.3

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	42 di 60

4	0.00350	110.3	131.1	0.00318	106.5	90.9	-0.00556	-106.5	-90.9
5	0.00350	134.5	85.5	0.00318	124.7	63.6	-0.00568	-124.7	-63.6
6	0.00350	97.4	136.3	0.00318	90.9	106.5	-0.00573	-90.9	-106.5
7	0.00350	143.3	71.8	0.00319	133.1	43.3	-0.00556	-133.1	-43.3
8	0.00350	147.5	38.9	0.00318	138.3	21.9	-0.00568	-138.3	-21.9
9	0.00350	130.7	104.0	0.00318	119.4	73.1	-0.00573	-119.4	-73.1
10	0.00350	134.1	91.6	0.00317	124.7	63.6	-0.00608	-124.7	-63.6
11	0.00350	142.6	46.4	0.00317	133.1	43.3	-0.00611	-133.1	-43.3
12	0.00350	148.7	19.4	0.00316	138.3	21.9	-0.00634	-138.3	-21.9
13	0.00350	123.3	85.5	0.00316	113.3	82.3	-0.00643	-113.3	-82.3
14	0.00350	110.8	101.1	0.00316	106.5	90.9	-0.00640	-106.5	-90.9
15	0.00350	110.8	101.1	0.00316	106.5	90.9	-0.00640	-106.5	-90.9
16	0.00350	134.9	65.5	0.00315	124.7	63.6	-0.00655	-124.7	-63.6
17	0.00350	98.8	112.9	0.00315	90.9	106.5	-0.00661	-90.9	-106.5
18	0.00350	145.4	36.7	0.00316	136.1	32.7	-0.00640	-136.1	-32.7
19	0.00350	148.1	24.1	0.00315	138.3	21.9	-0.00655	-138.3	-21.9
20	0.00350	132.3	70.8	0.00315	124.7	63.6	-0.00661	-124.7	-63.6
21	0.00350	47.9	142.2	0.00314	43.3	133.1	-0.00687	-43.3	-133.1
22	0.00350	47.9	142.2	0.00314	43.3	133.1	-0.00701	-43.3	-133.1
23	0.00350	142.3	47.5	0.00314	133.1	43.3	-0.00686	-133.1	-43.3
24	0.00350	142.3	47.5	0.00314	133.1	43.3	-0.00700	-133.1	-43.3
25	0.00350	105.5	106.7	0.00315	99.0	99.0	-0.00666	-99.0	-99.0
26	0.00350	105.5	106.7	0.00313	99.0	99.0	-0.00713	-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	0.000028346	0.000011036	-0.001062764	----	----
2	0.000030661	0.000005080	-0.001161903	----	----
3	0.000025381	0.000018344	-0.001197392	----	----
4	0.000022981	0.000021164	-0.001186221	----	----
5	0.000028405	0.000014004	-0.001250386	----	----
6	0.000020679	0.000024204	-0.001275135	----	----
7	0.000029856	0.000009210	-0.001186680	----	----
8	0.000031144	0.000005757	-0.001250823	----	----
9	0.000027752	0.000015611	-0.001276239	----	----
10	0.000029541	0.000014820	-0.001457480	----	----
11	0.000031526	0.000010253	-0.001472791	----	----
12	0.000033660	0.000004393	-0.001591895	----	----
13	0.000028128	0.000019506	-0.001634439	----	----
14	0.000025224	0.000023014	-0.001621866	----	----
15	0.000025224	0.000023014	-0.001621866	----	----
16	0.000031178	0.000015136	-0.001698722	----	----
17	0.000022959	0.000026237	-0.001729643	----	----
18	0.000033101	0.000008348	-0.001620660	----	----
19	0.000034212	0.000005561	-0.001699212	----	----
20	0.000030738	0.000016447	-0.001729204	----	----
21	0.000011413	0.000033888	-0.001863804	----	----
22	0.000011570	0.000034354	-0.001937518	----	----
23	0.000033871	0.000011321	-0.001856959	----	----
24	0.000034334	0.000011475	-0.001930072	----	----
25	0.000024628	0.000024910	-0.001754460	----	----
26	0.000025768	0.000026064	-0.001997679	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	43 di 60

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = 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.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1516.10	32622.44	8120.62245.7	208.3	275.6	1.000	1.209	18.6	99.6(0.0)
2	S	1438.48	32395.44	8167.37246.1	209.5	274.8	1.000	1.197	17.5	99.6(0.0)
3	S	1546.92	32339.39	8179.72246.1	209.9	274.8	1.000	1.193	18.8	99.6(0.0)
4	S	1945.20	32355.50	8181.49246.1	209.8	274.8	1.000	1.194	23.7	99.7(0.0)
5	S	1825.28	32256.29	8198.77246.1	210.3	274.9	1.000	1.187	22.2	99.6(0.0)
6	S	1986.92	32217.40	8206.50246.1	210.6	274.9	1.000	1.184	24.1	99.6(0.0)
7	S	1863.27	32356.21	8176.84246.1	209.8	274.8	1.000	1.194	22.7	99.6(0.0)
8	S	1825.64	32256.95	8200.92246.1	210.3	274.9	1.000	1.187	22.2	99.6(0.0)
9	S	1716.35	32219.05	8212.60246.1	210.6	274.9	1.000	1.184	20.8	99.7(0.0)
10	S	1607.05	31786.79	8293.83246.9	212.8	272.8	1.000	1.165	19.3	99.6(0.0)
11	S	1269.27	31764.07	8298.50246.9	212.9	272.8	1.000	1.163	15.2	99.6(0.0)
12	S	1213.24	31506.07	8352.86247.4	214.2	271.7	1.000	1.152	14.5	99.6(0.0)
13	S	1292.65	31445.80	8364.49247.4	214.6	271.7	1.000	1.148	15.4	99.6(0.0)
14	S	1684.56	31464.23	8363.21247.4	214.5	271.7	1.000	1.149	20.1	99.7(0.0)
15	S	1684.56	31464.23	8363.21247.4	214.5	271.7	1.000	1.149	20.1	99.7(0.0)
16	S	1588.26	31357.28	8382.85247.4	215.0	271.8	1.000	1.141	18.9	99.6(0.0)
17	S	1689.82	31316.89	8390.78247.4	215.3	271.8	1.000	1.139	20.1	99.6(0.0)
18	S	1625.12	31462.75	8358.91247.4	214.4	271.7	1.000	1.149	19.4	99.6(0.0)
19	S	1598.40	31357.85	8381.50247.4	215.0	271.8	1.000	1.141	19.0	99.6(0.0)
20	S	1512.42	31316.37	8391.74247.4	215.3	271.8	1.000	1.139	18.0	99.6(0.0)
21	S	5762.87	31044.07	8443.19247.8	216.6	270.6	1.000	1.127	68.0	99.6(0.0)
22	S	6746.58	30848.23	8478.47248.3	217.5	269.3	1.000	1.120	79.3	99.6(0.0)
23	S	6570.50	31053.39	8441.14247.8	216.6	270.6	1.000	1.127	77.5	99.6(0.0)
24	S	5744.41	30857.20	8476.30248.3	217.5	269.3	1.000	1.121	67.5	99.6(0.0)
25	S	2769.87	31189.22	8412.43247.8	215.8	270.5	1.000	1.136	32.8	99.6(0.0)
26	S	2769.87	30771.87	8493.94248.3	217.9	269.3	1.000	1.115	32.5	99.6(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	44 di 60

1	S	4.20	144.3	1010.0	-6.6	-133.1	-43.3	821	28.3
2	S	4.77	139.7	1010.0	0.0	-129.3	-53.6	393	7.1
3	S	9.01	147.8	1010.0	-87.2	-138.3	-21.9	5672	233.3
4	S	5.00	122.1	1010.0	-9.0	-113.3	-82.3	1063	42.4
5	S	5.34	107.7	1010.0	-13.9	-99.0	-99.0	1661	91.9
6	S	7.69	133.2	1010.0	-63.6	-124.7	-63.6	5116	226.2
7	S	5.74	96.2	1010.0	-25.2	-90.9	-106.5	2836	148.4
8	S	5.31	143.5	1010.0	-13.5	-133.1	-43.3	1577	84.8
9	S	8.09	147.3	1010.0	-72.5	-138.3	-21.9	5405	226.2
10	S	5.15	129.4	1010.0	-14.8	-119.4	-73.1	1822	99.0

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a 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 Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

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

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

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

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

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

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

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)	437	0.009 (0.20)	13574.21	48041.04
2	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	572	0.000 (0.20)	62976.05	160832.01
3	S	-0.00047	0	0.500	30.0	85	0.00026 (0.00026)	413	0.108 (0.20)	3138.53	18267.56
4	S	-0.00006	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	417	0.011 (0.20)	26804.04	37585.35
5	S	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	381	0.016 (0.20)	25768.51	26567.66
6	S	-0.00035	0	0.500	30.0	85	0.00019 (0.00019)	404	0.077 (0.20)	9171.79	17732.86
7	S	-0.00015	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	386	0.029 (0.20)	21110.53	17653.79
8	S	-0.00008	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	384	0.016 (0.20)	10945.72	35902.75
9	S	-0.00040	0	0.500	30.0	85	0.00022 (0.00022)	411	0.089 (0.20)	3633.22	18868.96
10	S	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	383	0.017 (0.20)	17655.23	30151.81

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.52	117.1	1010.0	14.0	-106.5	-90.9	----	----
2	S	6.01	146.1	1010.0	-28.0	-136.1	-32.7	3026	162.6
3	S	3.79	90.1	1010.0	6.3	-82.3	-113.3	----	----
4	S	4.10	72.9	1010.0	2.3	-63.6	-124.7	----	----
5	S	5.26	123.3	1010.0	-17.8	-113.3	-82.3	2166	120.2
6	S	4.37	62.6	1010.0	-4.1	-53.6	-129.3	759	28.3
7	S	3.80	131.7	1010.0	6.4	-124.7	-63.6	----	----
8	S	5.38	144.9	1010.0	-19.9	-136.1	-32.7	2386	134.3
9	S	3.73	108.1	1010.0	5.0	-99.0	-99.0	----	----
10	S	2.90	118.8	1010.0	12.0	-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	NW02.00.004	C	45 di 60

1	S	-0.00028	0	----	----	----				0.000 (0.20)	2140.25	0.00
2	S	-0.00016	0	0.500	30.0	85		0.00008 (0.00008)	384	0.032 (0.20)	6074.23	25950.16
3	S	-0.00021	0	----	----	----				0.000 (0.20)	3757.87	49822.10
4	S	-0.00030	0	----	----	----				0.000 (0.20)	3881.61	47623.74
5	S	-0.00011	0	0.500	30.0	85		0.00005 (0.00005)	381	0.020 (0.20)	18143.49	26162.17
6	S	-0.00003	0	0.500	30.0	85		0.00001 (0.00001)	426	0.005 (0.20)	60883.63	27976.02
7	S	-0.00019	0	----	----	----				0.000 (0.20)	5157.41	51731.03
8	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85		0.00006 (0.00006)	380	0.023 (0.20)	7845.43	29228.72
9	S	-0.00021	0	----	----	----				0.000 (0.20)	3757.87	49822.10
10	S	-0.00012	0	----	----	----				0.000 (0.20)	5961.23	54933.12

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	3.08	106.1	1010.0	9.3	-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	-0.00024	0	----	----	----				0.000 (0.20)	3761.21	48489.19

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 :

$$N_{\max} = 6173 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 6824 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 879 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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° 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.

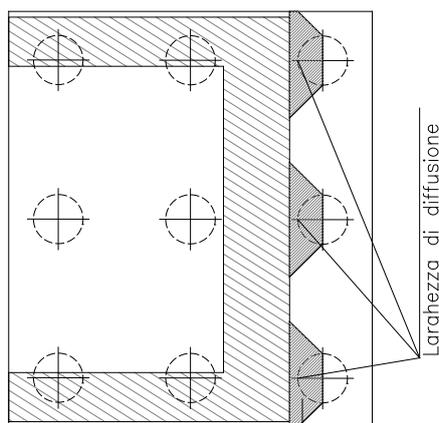
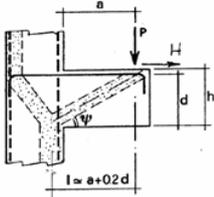


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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

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

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)=	5.30	m	dimensione trasversale verifica
P_{Ed} (KN) =	6824.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H_{Ed} (KN) =	879.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	4.80	m	distanza P da incastro
h(m) =	2.50	m	spessore mensola
δ (m) =	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	2.38	m	altezza utile
l(m) =	5.28	m	a+0,2d
λ =	2.46		$\lambda = ctg\psi \approx l / (0,9d)$

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

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

Verifiche di resistenza

Ψ = 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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.6 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

	N	M	V
SLU	6173	795	221
SLU	1985	795	221
SLV $q=1$	7933	3984	1107
SLV $q=1$	-1665	3984	1107

In fase di scalzamento $\alpha = 5.1$

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 42 + 42 \varnothing 26 \quad \text{staffe } \varnothing 14/20$$

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
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 ²
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	NW02.00.004	C	49 di 60

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	66.3	42	26
2	0.0	0.0	61.3	42	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	6173.00	795.00	221.00
2	1985.00	795.00	221.00
3	7933.00	3984.00	1107.00
4	-1665.00	3984.00	1107.00

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	4461.00	554.00	0.00
2	2224.00	554.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	50 di 60

1	4022.00	606.00 (2140.25)	0.00 (0.00)
2	2523.00	606.00 (10679.05)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 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 >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6173.00	795.00	6172.91	9987.89	12.56	446.0(53.0)
2	S	1985.00	795.00	1984.86	9257.48	11.64	446.0(53.0)
3	S	7933.00	3984.00	7933.07	10144.10	2.55	446.0(53.0)
4	S	-1665.00	3984.00	-1664.87	8218.72	2.06	446.0(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	66.3	-0.00405	0.0	-66.3
2	0.00350	0.0	75.0	0.00293	0.0	66.3	-0.00576	0.0	-66.3
3	0.00350	0.0	75.0	0.00307	0.0	66.3	-0.00351	0.0	-66.3
4	0.00350	0.0	75.0	0.00279	0.0	66.3	-0.00801	0.0	-66.3

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	0.000053442	-0.000508118	----	----
2	0.000000000	0.000065506	-0.001412941	----	----
3	0.000000000	0.000049639	-0.000222914	----	----
4	0.000000000	0.000081475	-0.002610645	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	51 di 60

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	221.00	4074.59	2825.22118.8	97.5	137.3	2.500	1.247	2.3	29.6(0.0)
2	S	221.00	3687.04	2971.50119.5	102.5	136.5	2.500	1.079	2.2	29.6(0.0)
3	S	1107.00	3998.98	2768.96118.6	95.5	137.2	2.500	1.250	11.8	29.6(0.0)
4	S	1107.00	3471.71	3131.70121.4	108.1	131.6	2.500	1.000	10.5	29.6(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.91	0.0	1010.0	13.2	0.0	-66.3	----	----
2	S	2.00	0.0	1010.0	-0.7	0.0	-66.3	433	15.9

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	52 di 60

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)	13574.21	48041.04
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	74	0.00000 (0.00000)	372	0.001 (0.20)	8509.11	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	2.83	0.0	1010.0	9.1	0.0	-66.3	----	----
2	S	2.22	0.0	1010.0	-0.2	0.0	-66.3	295	5.3

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
1	S	-0.00028	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2140.25	0.00
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	74	0.00000 (0.00000)	497	0.000 (0.20)	10679.05	0.00

4.10 Escursione Longitudinale, giunti e varchi

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

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

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

dove:

E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In ogni caso, dovrà risultare:

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a_g		0.115	g
F_0		2.656	
S_s		1.5	
S_t		1	
T_c		0.574	s
T_D		2.059	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.17	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.46	g
Inerzia Pila asse y	J_{yy}	3.98	m ⁴
Altezza pila	h_1	6.0	m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	55 di 60

Altezza baricentro impalcato	h2	2.8	m	
Altezza totale	$h=h1+h2$	8.8		
Rigidezza Pila asse y	K	289094783	N/m	
Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per q=1</u>	F	7396	kN	
Fattore di struttura	q	1		
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.026	m	
μ_d (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.026	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
d_g (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.05	m	
d_{ij} max (par.3.2.4.2)		0.09		
Lunghezza impalcato		50	m	
Dilatazione termica impalcato	D_t	0.016	m	
E1	$2 * D_t$	0.032	m	
E2	$4 * d_E * k2$	0.056	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.177	m	
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.094	m	Spalla - Spalla
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.119	m	Spalla - Pila
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.145	m	Pila - Pila
EL min 1		0.188	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(ELmin1; Elmin2)$	0.188	m	
EL progetto	$\max(EL; Elmin; Ei)$	0.188	m	Spalla - Spalla
EL progetto	$\max(EL; Elmin; Ei)$	0.188	m	Spalla - Pila
EL progetto	$\max(EL; Elmin; Ei)$	0.188	m	Pila - Pila
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.2	0.118	+/- m	Spalla - Spalla
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.118	+/- m	Spalla - Pila
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.118	+/- m	Pila - Pila

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	56 di 60

Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.104	+/- m	Spalla - Spalla
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.104	+/- m	Spalla - Pila
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.104	+/- m	Pila - Pila
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	0.114	m	Pila - Pila
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	0.104	m	Pila - Pila



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)
Viadotto NW02

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	57 di 60

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: $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 5989 \text{ kN}$

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

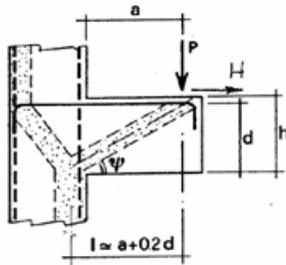
Imp 50,00 m: $P_{max} = 5989 \text{ kN}$

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

$B = 5,40 \text{ m}$

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONO.



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

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

b(m)=	5.40	m	dimensione trasversale verifica
P_{Ed} (KN) =	5989	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H_{Ed} (KN) =	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	0.50	m	distanza P da incastro
h(m) =	0.50	m	spessore mensola
δ (m) =	0.08	m	coprifero riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	0.42	m	altezza utile
l(m) =	0.58	m	a+0,2d
λ =	1.54		$\lambda = \text{ctg} \psi \geq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

c(m) = 1.50

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
n° R1 =	1	ϕ 1(mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	θ 1° =	0.0
A_{ϕ} i (mm ²) =	530.93	nb tot 1 =	54.0	A_{ϕ} TOT (mm ²) =	28670.15	A_{ϕ} CAL(mm ²) =	28670.15
Registro tipo	R2						
n° R2 =	0	ϕ 2(mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	θ 2° =	0.0
A_{ϕ} i (mm ²) =	530.93	nb tot 2 =	0.0	A_{ϕ} TOT (mm ²) =	0.00	A_{ϕ} CAL(mm ²) =	0.00
Registro tipo	R3						
n° R3 =	0	ϕ 3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	θ 3° =	0.0
A_{ϕ} i (mm ²) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A_{ϕ} TOT (mm ²) =	0.00	A_{ϕ} CAL(mm ²) =	0.00

Verifiche di resistenza

Ψ = rad = °

P_{Rs} = KN

P_{Rc} = KN

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

$$(Imp\ 50,00\ m)/2+(Imp\ 50,00\ m)/2: P_{max} = 5989\ kN$$

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

$$B = 3,50\ m$$

$$H = 0,70\ m$$

Dati di progetto

$b(m) =$	3.50	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	5989	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	0.50	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	0.70	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	0.60	m	altezza utile
$l(m) =$	0.62	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.15		$\lambda = ctg\psi \geq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) =$

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

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

Verifiche di resistenza

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW02.00.004	C	60 di 60

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 6676$ 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

$b(m) =$	3.50	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	6676	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	200.28	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	4.20	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	1.90	m	altezza utile
$l(m) =$	4.58	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	2.68		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) = 1.50$

Caratteristiche Materiali

$f_{cd} =$	18.8	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
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 1 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18582.50	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	18582.50
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	26.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18582.50	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	18582.50
Registro tipo	R3						
$n^{\circ} R3 =$	1	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	35.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	18582.50	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	18582.50

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	<input type="text" value="0.357"/>	rad	$=$	<input type="text" value="20.47"/>	$^{\circ}$
$P_{Rs} =$	<input type="text" value="8063.5"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PED - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{RC} =$	<input type="text" value="9177.3"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	