

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

VIABILITA' - VIADOTTI

NW02 – VIADOTTO STRADALE SU NV97

Relazione di calcolo pila

SCALA:

-

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

RS3U 40 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: RS3U.4.0.D.09.CL.NW.02.0.0.004.C

n. Elab.: 09_246

INDICE

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	3 di 59

4.8	PALI DI FONDAZIONE	32
4.8.1	<i>Scalzamento</i>	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	35
4.9.1	<i>Pila</i>	36
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	45
4.9.3	<i>Palo di fondazione</i>	47
4.10	ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI	52
4.11	RITEGNI.....	56

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 NV97. In particolare si tratterà la pila di altezza maggiore per tipologia di impalcati afferenti.

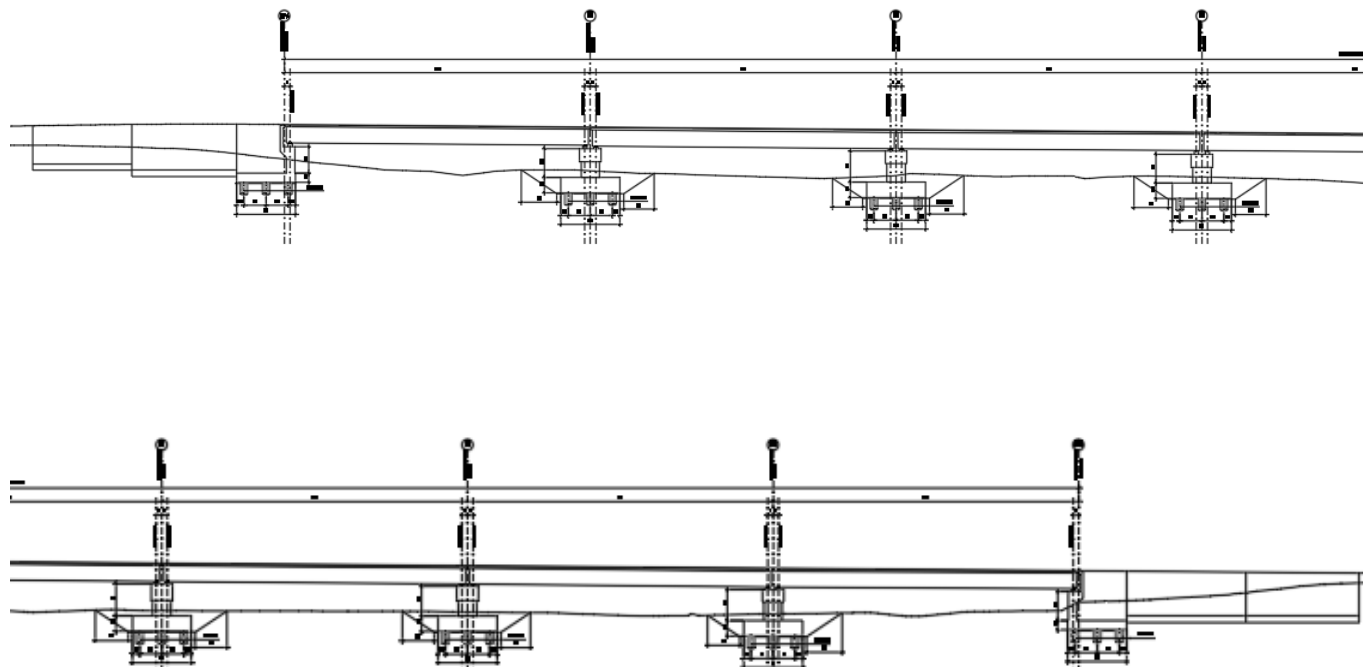
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV97- Viabilità di accesso al piazzale di soccorso (Galleria Trinacria Lato Palermo, Accesso al piazzale di soccorso Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+140 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 350 m circa.

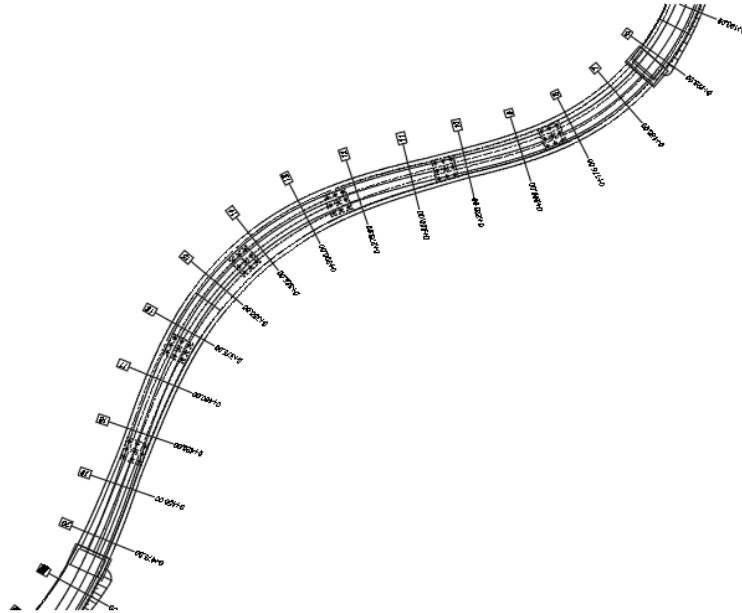
Il viadotto è suddiviso in 7 campate, da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti, per le prime tre campate, da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante gettata in opera, per le restanti vengono previste 5 travi.

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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	5 di 59



Prospetto e pianta

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

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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	9 di 59

		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 3.00m.

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	$\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$	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

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_{sp}	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	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	3.00	m
Area Sezione		7.07	m 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 asse pila (dx)	x_{m2}	1.00	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	11.50	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko = 0.426	▼
Sisma			
S_s		1.500	
a_g		0.116	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.174	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

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

Impalcato (sx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G_1	200	kN/m
Permanenti portati	G_2	70	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	5	
Reazione appoggio $i = (G_1 * L / 2) / n$	R_i	1000.0	kN
Reazione appoggio $i = (G_2 * L / 2) / n$	R_i	350.0	kN

Impalcato (dx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G_1	200	kN/m
Permanenti portati	G_2	70	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	5	
Reazione appoggio $i = (G_1 * L / 2) / n$	R_i	1000.0	kN
Reazione appoggio $i = (G_2 * L / 2) / n$	R_i	350.0	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

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	113	113	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	
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	12	12	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.47	2.47	
Larghezza impalcato	b	17.5	17.5	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	3.89	2.92	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.33	1.63	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.47	2.47	
Coefficiente di forza	cfx	1.33	1.63	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	7.9	12.9	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.76	2.15	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	7.9	12.9	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	7.9	7.9	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	199	199	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	12.9	12.9	kN/m
Luce impalcato	L	50	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	323	323	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

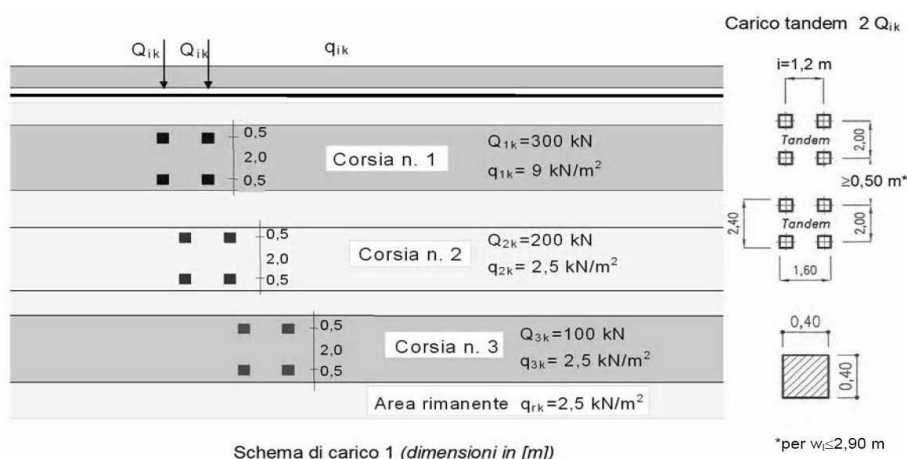
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	19 di 59

Vento su Pila e Pulvino				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	5.00	5	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	1.93	1.93	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.00	3.00	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.61	1.11	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	33	9	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	53	10	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.00	3.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.5	3	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	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	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.54	1.11	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	7	9	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	4	10	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	53	kN	
Pila	F	10	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	5.00	m	
Forza totale	F Tot	63	kN	
Vento y				
Pulvino	F	4	kN	
Pila	F	10	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	5.00	m	
Forza totale	F Tot	14	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:

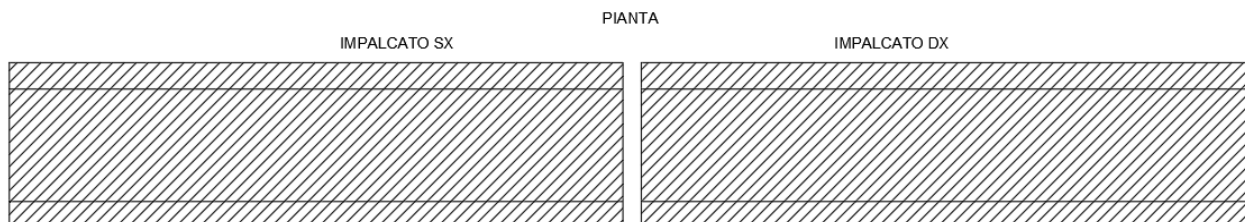
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



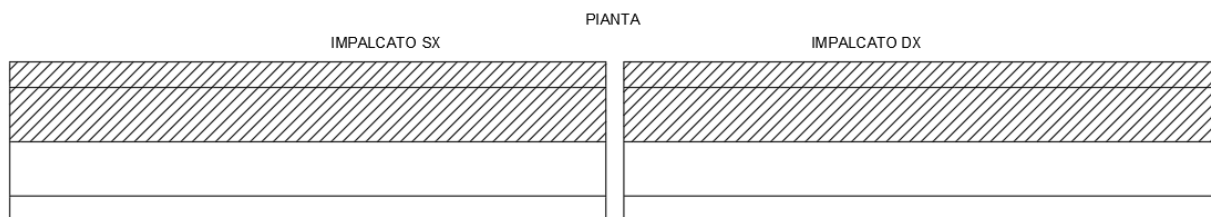
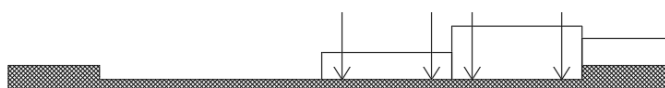
RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	21 di 59



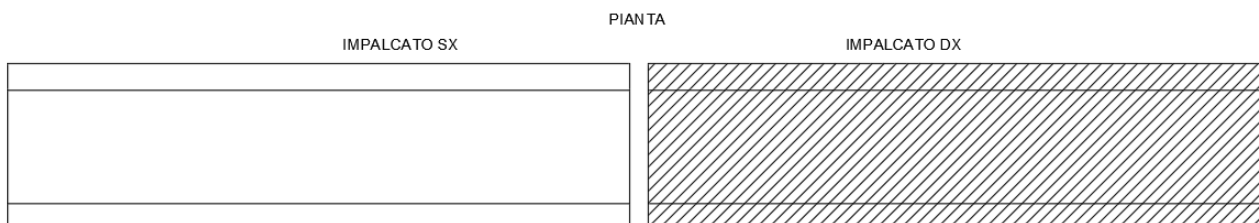
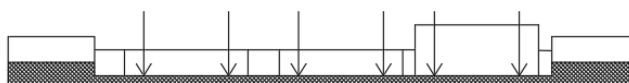
- M_t max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente su entrambi gli impalcati, ma solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



- 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:

SEZIONE TRASVERSALE



 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) Viadotto NW02					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO NW 02 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	125	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	240	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:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

 LONGITUDINE:
 LATITUDINE:

Ricerca per comune

 REGIONE:
 PROVINCIA:
 COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta |>

Variabilità dei parametri |>

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri |>

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametrizzazione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

$S_B =$ $C_C =$ info

$h/H =$ $S_T =$ info
(Inquadro sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) ζ (%) $\eta_1 =$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) η_2 Regol. in altezza info

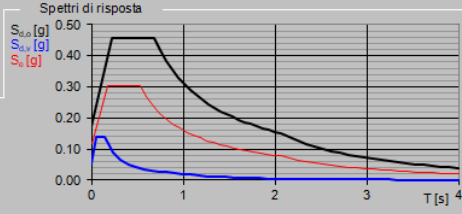
Compon. verticale

Spettro di progetto η_3 $\eta_4 =$ 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, $\xi = 5\%$)

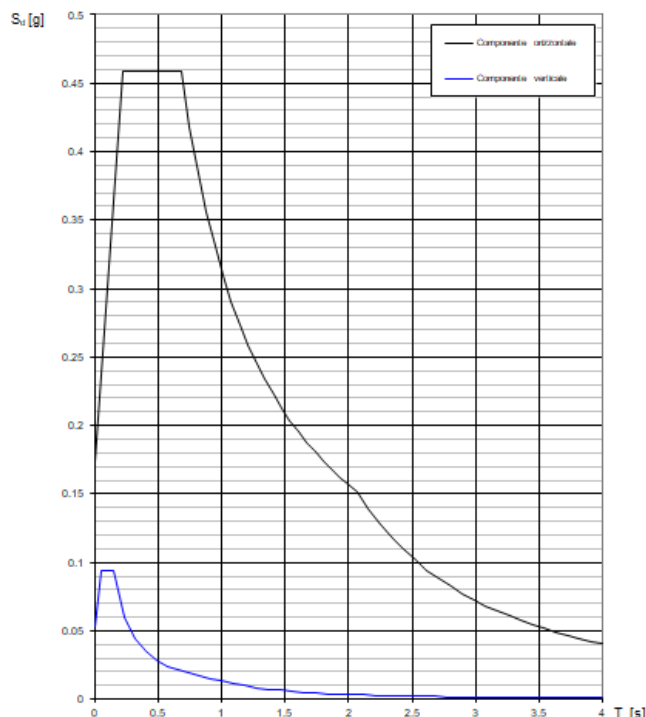
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.116 g
F_n	2.629
T_r^*	0.526 s
S_s	1.500
C_c	1.298
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.228 s
T_C	0.683 s
T_D	2.065 s



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.

I Fattori di struttura utilizzati sono:

- $q= 1.5$ per la verifica a presso flessione della pila
- $q= 1.5/1.1$ per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q= 1$ per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo per la verifica a taglio dello spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5 delle NTC
- Per l'azione sismica verticale si adotta $q=1$

Il baricentro delle masse viene considerato coincidente con quello dell'impalcato; nel caso particolare risulta $L= 7.80$ m.

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	14292	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3064	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	17356	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2858	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	14292	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	3064	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	17356	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	2858	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	14292	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	3064	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	17356	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2858	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	829480735.6	N/m
Rigidezza Pila asse x	K _x	829480735.6	N/m
rigidezza Pila asse z	K _z	46652650906	N/m
Periodo x	T _x	0.29	s
Periodo y	T _y	0.29	s
Periodo z	T _z	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.46	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.46	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.09	
q=1.5			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.30	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.30	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.09	
q=1.36			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.34	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.34	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.09	
q=1			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.46	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.46	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.09	

Condizione Sismica - Taglienti Totali			
q=1.5			
Tagliante direzione x	F x	5293	kN
Tagliante direzione y	F y	5293	kN
Tagliante direzione z	F z	1510	kN
q=1.36			
Tagliante direzione x	F x	5838	kN
Tagliante direzione y	F y	5838	kN
Tagliante direzione z	F z	1510	kN
q=1			
Tagliante direzione x	F x	7940	kN
Tagliante direzione y	F y	7940	kN
Tagliante direzione z	F z	1510	kN

4.6.7 Analisi Dinamica Lineare

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

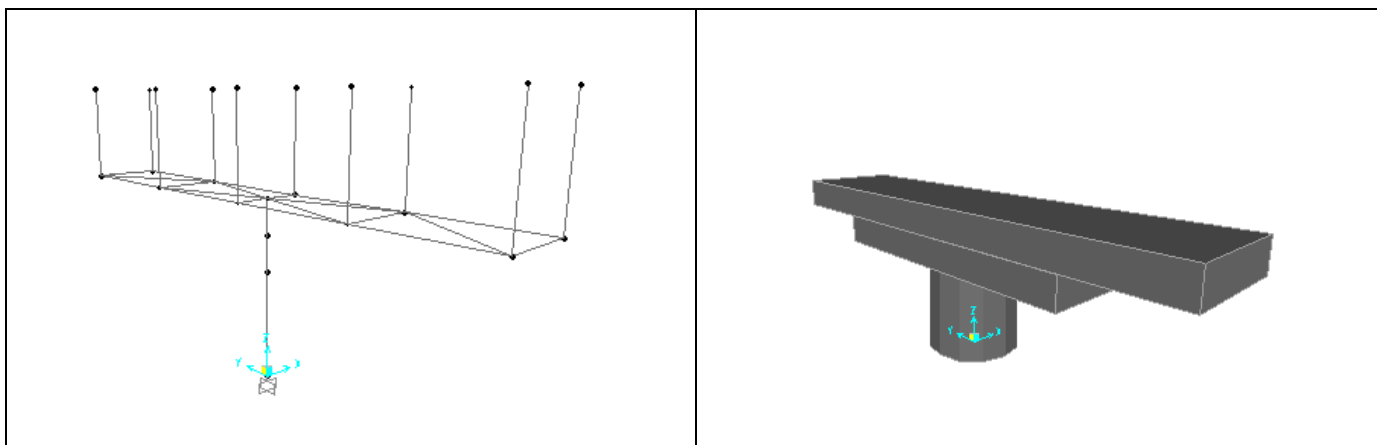


Figura 1: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:

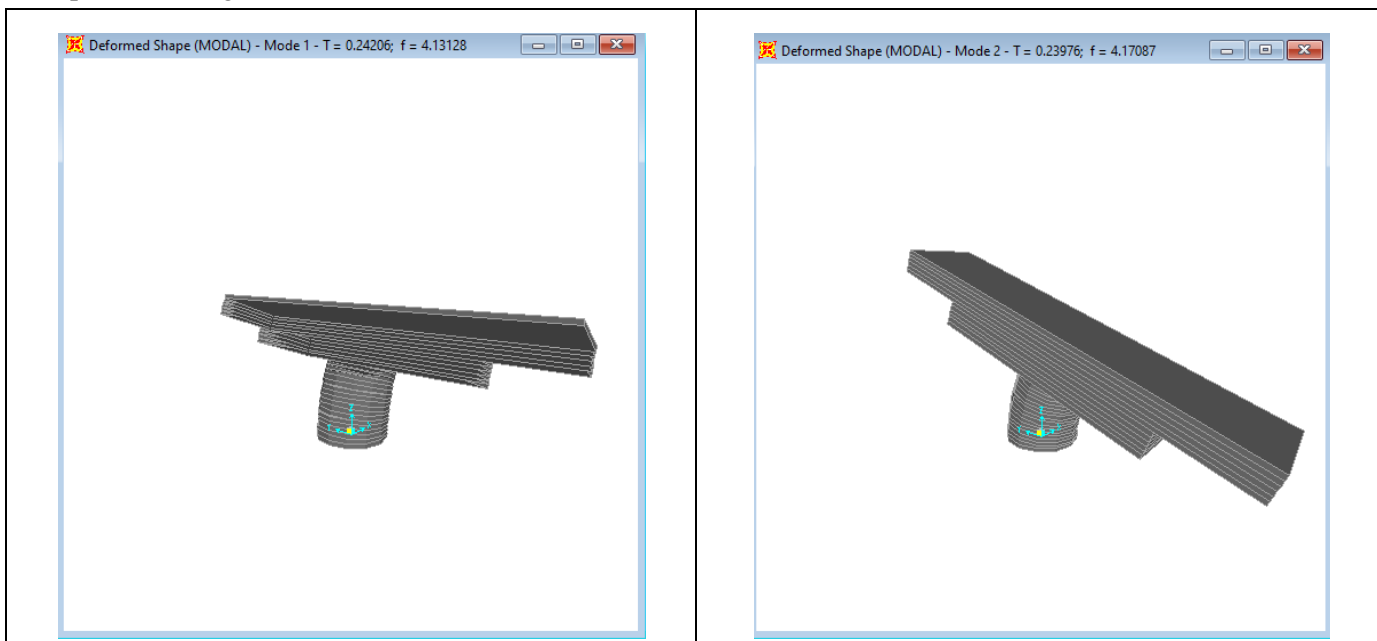


Figura 2: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)

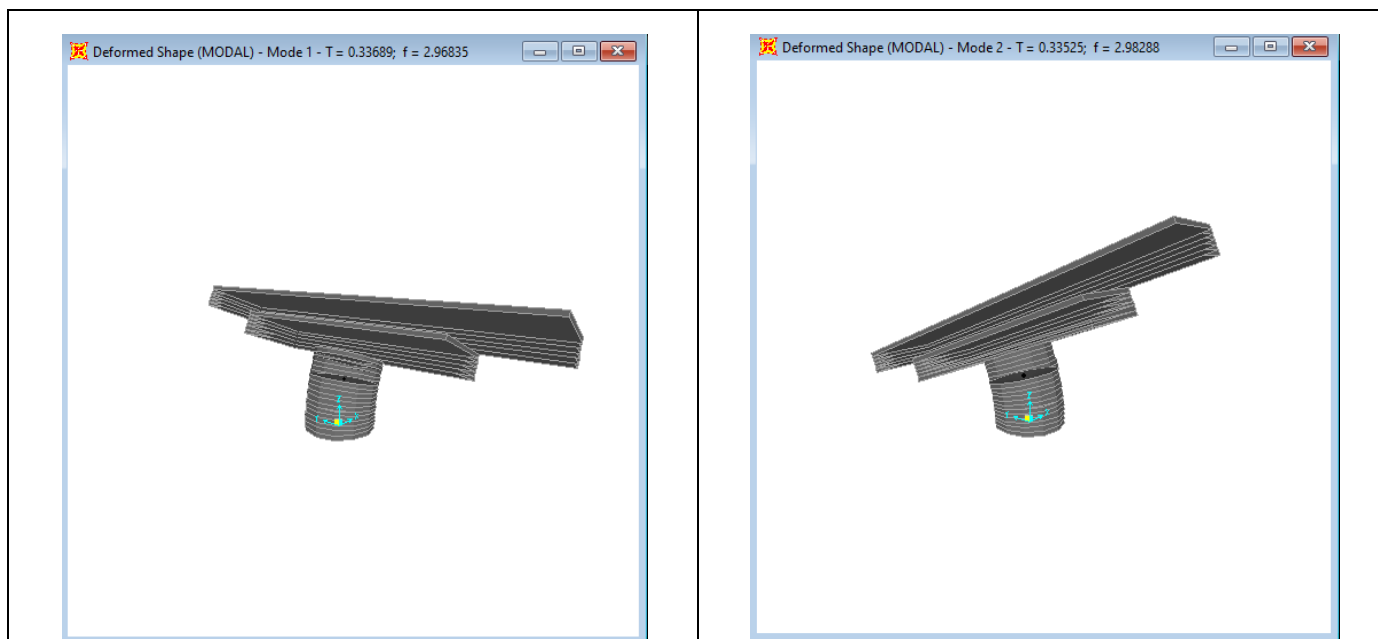


Figura 3: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)

4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

SPICCATO PILA: condizione statica

Descrizione carico	F_z	F_x	F_y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3418			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		63		0.00	0.00	5.00	0	316
Vento su pila dir. y			13.8	0.00	0.00	5.00	69	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	3418			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	8265.625			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	2465			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		63		0.00	0.00	7.50	0	474
Vento su pila dir. y			13.78893297	0.00	0.00	7.50	103	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		1438		0.00	0.00	1.25	0.00	1798
Plinto sisma y			1438	0.00	0.00	1.25	1798	0
Plinto sisma z	719			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	214			0.00	0.00	0.00	0	0

4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	25017	767	1280	11210	4179
A2 - SLU - MT max gr.1	23912	767	1280	25163	4179
A2 - SLU - ML max gr.1	23150	816	1269	11330	7658
A2 - SLU - N max gr.2	23333	1337	1280	10715	8999
A2 - SLU - MT max gr.2	22603	1337	1280	19372	8999
A2 - SLU - ML max gr.2	22137	1386	1269	10791	11464
A2 - SLU - N max gr.3	23333	767	1832	15379	4179
A2 - SLU - MT max gr.3	22603	767	1832	24036	4179
A2 - SLU - ML max gr.3	22137	816	1545	13124	6645
A2 - SLU - Vento ponte scanco	19918	667	1123	8088	3599
A2 - SLU - N max gr.1	23517	632	1145	10474	3443
A2 - SLU - MT max gr.1	22412	632	1145	24430	3443
A2 - SLU - ML max gr.1	21650	681	1134	10594	6922
A2 - SLU - N max gr.2	21833	1202	1145	9979	8263
A2 - SLU - MT max gr.2	21103	1202	1145	18636	8263
A2 - SLU - ML max gr.2	20637	1251	1134	10056	10729
A2 - SLU - N max gr.3	21833	632	1697	14643	3443
A2 - SLU - MT max gr.3	21103	632	1697	23300	3443
A2 - SLU - ML max gr.3	20637	681	1410	12388	5909
A2 - SLU - Vento ponte scanco	18418	532	988	7352	2863
A1 - SLU - N max gr.1	31600	888	1480	12994	4842
A1 - SLU - MT max gr.1	30302	888	1480	29377	4842
A1 - SLU - ML max gr.1	29409	945	1468	13136	8921
A1 - SLU - N max gr.2	29623	1558	1480	12413	10500
A1 - SLU - MT max gr.2	28767	1558	1480	22575	10500
A1 - SLU - ML max gr.2	28219	1615	1468	12504	13389
A1 - SLU - N max gr.3	29623	888	2128	17889	4842
A1 - SLU - MT max gr.3	28767	888	2128	28051	4842
A1 - SLU - ML max gr.3	28219	945	1792	15242	7731
A1 - SLU - Vento ponte scanco	25614	983	1509	10495	5316
A1 - SLU - N max gr.1	24404	663	1255	11767	3615
A1 - SLU - MT max gr.1	23106	663	1255	28150	3615
A1 - SLU - ML max gr.1	22212	720	1243	11909	7695
A1 - SLU - N max gr.2	22427	1333	1255	11187	9273
A1 - SLU - MT max gr.2	22427	1333	1255	11187	9273
A1 - SLU - ML max gr.2	21571	1390	1243	21287	9558
A1 - SLU - N max gr.3	21023	1333	1255	11340	11879
A1 - SLU - MT max gr.3	22427	663	1903	16662	3615
A1 - SLU - ML max gr.3	21571	720	1891	26762	3900
A1 - SLU - Vento ponte scanco	21023	758	1588	14119	6695
SLE Rara - N max gr.1	18418	450	1058	8044	2453
SLE Rara - MT max gr.1	22852	608	1003	8921	3314
SLE Rara - ML max gr.1	21891	646	994	21015	3504
SLE Rara - N max gr.2	21229	608	1003	9072	6125
SLE Rara - MT max gr.2	21388	1104	1003	8490	7505
SLE Rara - ML max gr.2	20753	1142	994	15977	7695
SLE Rara - N max gr.3	20347	1104	1003	8604	9435
SLE Rara - MT max gr.3	21388	608	1483	12546	3314
SLE Rara - ML max gr.3	20753	646	1474	20033	3504
SLE Rara - Vento ponte scanco	20347	671	1248	10659	5560
SLE Freq. - N max gr.1	21743	569	569	4389	3098
SLE Freq. - MT max gr.1	21022	569	569	13491	3098
SLE Freq. - ML max gr.1	20526	569	569	4502	5207
SLE Freq. - N max gr.2	20645	941	569	4066	6242
SLE Freq. - MT max gr.2	20169	941	569	9712	6242
SLE Freq. - ML max gr.2	19865	941	569	4151	7689
SLE Freq. - N max gr.3	20645	569	929	7108	3098
SLE Freq. - MT max gr.3	20169	569	929	12754	3098
SLE Freq. - ML max gr.3	19865	569	749	5672	4546
SLE Freq. - Vento ponte scanco	18418	463	533	3206	2516
SLE Q.P. - ML max gr.3	18418	608	608	3314	3314
q=1.5					
SLV -dir.X_1	19433	5881	2120	16522	47750
SLV -dir.X_2	18527	5881	2120	16522	47750
SLV -dir.Y_1	19565	2171	5878	49932	16581
SLV -dir.Y_2	18659	2171	5878	49932	16581
SLV -dir.Z+	20814	2171	2168	16898	16581
SLV -dir.Z-	17794	2171	2168	16898	16581
q=1.36					
SLV -dir.X_1	19433	6426	2283	17873	52251
SLV -dir.X_2	18527	6426	2283	17873	52251
SLV -dir.Y_1	19565	2334	6423	54433	17931
SLV -dir.Y_2	18659	2334	6423	54433	17931
SLV -dir.Z+	20814	2334	2331	18248	17931
SLV -dir.Z-	17794	2334	2331	18248	17931
q=1.0					
SLV -dir.X_1	19433	8531	2915	23081	69613
SLV -dir.X_2	18527	8531	2915	23081	69613
SLV -dir.Y_1	19565	2966	8528	71795	23139
SLV -dir.Y_2	18659	2966	8528	71795	23139
SLV -dir.Z+	20814	2966	2963	23456	23139
SLV -dir.Z-	17794	2966	2963	23456	23139

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

TABLE: Base Reactions

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
EX_1	Combination	Max	7327	2199	18697	16603	55321
EX_1	Combination	Min	-7327	-2199	18697	-16603	-55321
EY_1	Combination	Max	2198	7331	18697	55341	16597
EY_1	Combination	Min	-2198	-7331	18697	-55341	-16597
EX_2	Combination	Max	7327	2199	18541	16603	55321
EX_2	Combination	Min	-7327	-2199	18541	-16603	-55321
EY_2	Combination	Max	2198	7331	18541	55341	16597
EY_2	Combination	Min	-2198	-7331	18541	-55341	-16597
EZ_1	Combination	Max	2198	2199	18878	16602	16597
EZ_1	Combination	Min	-2198	-2199	18878	-16602	-16597
EZ_2	Combination	Max	2198	2199	18360	16602	16597
EZ_2	Combination	Min	-2198	-2199	18360	-16602	-16597
			7327	7331		55341	55321

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	7339	2204	18697	16622	55371
EX_1	Combination	Min	-7339	-2204	18697	-16622	-55371
EY_1	Combination	Max	2202	7346	18697	55406	16612
EY_1	Combination	Min	-2202	-7346	18697	-55406	-16612
EX_2	Combination	Max	7339	2204	18541	16622	55371
EX_2	Combination	Min	-7339	-2204	18541	-16622	-55371
EY_2	Combination	Max	2202	7346	18541	55406	16612
EY_2	Combination	Min	-2202	-7346	18541	-55406	-16612
EZ_1	Combination	Max	2202	2204	18878	16622	16611
EZ_1	Combination	Min	-2202	-2204	18878	-16622	-16611
EZ_2	Combination	Max	2202	2204	18360	16622	16611
EZ_2	Combination	Min	-2202	-2204	18360	-16622	-16611
			7339	7346		55406	55371

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

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

4.7.1 Plinto di fondazione

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	36487	767	1280	14409	6096
A2 - SLU - MT max gr.1	35382	767	1280	28365	6096
A2 - SLU - ML max gr.1	34620	816	1269	14502	9698
A2 - SLU - N max gr.2	34803	1337	1280	13914	12342
A2 - SLU - MT max gr.2	34074	1337	1280	22571	12342
A2 - SLU - ML max gr.2	33607	1386	1269	13964	14931
A2 - SLU - N max gr.3	34803	767	1832	19959	6096
A2 - SLU - MT max gr.3	34074	767	1832	28616	6096
A2 - SLU - ML max gr.3	33607	816	1545	16986	8685
A2 - SLU - Vento ponte scarico	31388	667	1123	10895	5267
A2 - SLU - N max gr.1	34247	632	1145	13336	5022
A2 - SLU - MT max gr.1	33142	632	1145	27292	5022
A2 - SLU - ML max gr.1	32381	681	1134	13429	8625
A2 - SLU - N max gr.2	32564	1202	1145	12841	11268
A2 - SLU - MT max gr.2	31834	1202	1145	21498	11268
A2 - SLU - ML max gr.2	31367	1251	1134	12891	13857
A2 - SLU - N max gr.3	32564	632	1697	18886	5022
A2 - SLU - MT max gr.3	31834	632	1697	27542	5022
A2 - SLU - ML max gr.3	31367	681	1410	15913	7611
A2 - SLU - Vento ponte scarico	29148	532	988	9822	4194
A1 - SLU - N max gr.1	46456	888	1480	16695	7062
A1 - SLU - MT max gr.1	45158	888	1480	33078	7062
A1 - SLU - ML max gr.1	44265	945	1468	16806	11284
A1 - SLU - N max gr.2	44479	1558	1480	16114	14395
A1 - SLU - MT max gr.2	43623	1558	1480	26276	14395
A1 - SLU - ML max gr.2	43075	1615	1468	16174	17426
A1 - SLU - N max gr.3	44479	888	2128	23209	7062
A1 - SLU - MT max gr.3	43623	888	2128	33372	7062
A1 - SLU - ML max gr.3	43075	945	1792	19722	10094
A1 - SLU - Vento ponte scarico	40470	983	1509	14268	7774
A1 - SLU - N max gr.1	35134	663	1255	14906	5274
A1 - SLU - MT max gr.1	33837	663	1255	31289	5274
A1 - SLU - ML max gr.1	32943	720	1243	15017	9495
A1 - SLU - N max gr.2	33158	1333	1255	14325	12606
A1 - SLU - MT max gr.2	33158	1333	1255	14325	12606
A1 - SLU - ML max gr.2	32301	1390	1243	24394	13033
A1 - SLU - N max gr.3	31753	1333	1255	14478	15211
A1 - SLU - MT max gr.3	33158	663	1903	21421	5274
A1 - SLU - ML max gr.3	32301	720	1891	31490	5700
A1 - SLU - Vento ponte scarico	31753	758	1588	18088	8590
SLE Rara - N max gr.1	29148	450	1058	10690	3578
SLE Rara - MT max gr.1	33582	608	1003	11427	4834
SLE Rara - ML max gr.1	32621	646	994	23501	5118
SLE Rara - N max gr.2	31959	608	1003	11579	7643
SLE Rara - MT max gr.2	32118	1104	1003	10997	10265
SLE Rara - ML max gr.2	31484	1142	994	18463	10550
SLE Rara - N max gr.3	31078	1104	1003	11111	12195
SLE Rara - MT max gr.3	32118	608	1483	16253	4834
SLE Rara - ML max gr.3	31484	646	1474	23719	5118
SLE Rara - Vento ponte scarico	31078	671	1248	13780	7238
SLE Freq. - N max gr.1	32474	569	569	5810	4520
SLE Freq. - MT max gr.1	31753	569	569	14912	4520
SLE Freq. - ML max gr.1	31257	569	569	5924	6628
SLE Freq. - N max gr.2	31376	941	569	5488	8593
SLE Freq. - MT max gr.2	30900	941	569	11133	8593
SLE Freq. - ML max gr.2	30596	941	569	5573	10041
SLE Freq. - N max gr.3	31376	569	929	9430	4520
SLE Freq. - MT max gr.3	30900	569	929	15075	4520
SLE Freq. - ML max gr.3	30596	569	749	7544	5967
SLE Freq. - Vento ponte scarico	29148	463	533	4538	3672
SLE Q.P. - ML max gr.3	29148	608	608	4834	4834
SLV -dir X_1	30444	7319	2551	22361	64250
SLV -dir X_2	28977	7319	2551	22361	64250
SLV -dir Y_1	30576	2602	7316	66424	22547
SLV -dir Y_2	29110	2602	7316	66424	22547
SLV -dir Z+	32479	2602	2599	22856	22547
SLV -dir Z-	27592	2602	2599	22856	22547
SLV -dir X_1	30444	7865	2715	24120	70115
SLV -dir X_2	28977	7865	2715	24120	70115
SLV -dir Y_1	30576	2766	7861	72289	24306
SLV -dir Y_2	29110	2766	7861	72289	24306
SLV -dir Z+	32479	2766	2763	24615	24306
SLV -dir Z-	27592	2766	2763	24615	24306
SLV -dir X_1	30444	9969	3346	30907	92737
SLV -dir X_2	28977	9969	3346	30907	92737
SLV -dir Y_1	30576	3397	9966	94912	31093
SLV -dir Y_2	29110	3397	9966	94912	31093
SLV -dir Z+	32479	3397	3394	31402	31093
SLV -dir Z-	27592	3397	3394	31402	31093

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	46456	888	1480	16695	7062	6042	4282	192
AI - SLU - MT max gr.1	45158	888	1480	33078	7062	6504	3531	192
AI - SLU - ML max gr.1	44265	945	1468	16806	11284	5959	3878	194
AI - SLU - N max gr.2	44479	1558	1480	16114	14395	6072	3812	239
AI - SLU - MT max gr.2	43623	1558	1480	26276	14395	6353	3341	239
AI - SLU - ML max gr.2	43075	1615	1468	16174	17426	6031	3542	242
AI - SLU - N max gr.3	44479	888	2128	23209	7062	6063	3821	256
AI - SLU - MT max gr.3	43623	888	2128	33372	7062	6345	3349	256
AI - SLU - ML max gr.3	43075	945	1792	19722	10094	5890	3682	225
AI - SLU - Vento ponte scarico	40470	983	1509	14268	7774	5313	3680	200
AI - SLU - N max gr.1	35134	663	1255	14906	5274	4651	3156	158
AI - SLU - MT max gr.1	33837	663	1255	31289	5274	5114	2405	158
AI - SLU - ML max gr.1	32943	720	1243	15017	9495	4568	2752	160
AI - SLU - N max gr.2	33158	1333	1255	14325	12606	4682	2687	203
AI - SLU - MT max gr.2	33158	1333	1255	14325	12606	4682	2687	203
AI - SLU - ML max gr.2	32301	1390	1243	24394	13033	4975	2203	207
AI - SLU - N max gr.3	31753	1333	1255	14478	15211	4628	2429	203
AI - SLU - MT max gr.3	33158	663	1903	21421	5274	4673	2696	224
AI - SLU - ML max gr.3	32301	720	1891	31490	5700	4966	2212	225
AI - SLU - Vento ponte scarico	31753	758	1588	18088	8590	4516	2540	195
						6504	2203	256

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	30444	7865	2715	24120	70115	6873	-108	924
SLV -dir.X 2	28977	7865	2715	24120	70115	6710	-270	924
SLV -dir.Y 1	30576	2766	7861	72289	24306	6975	-180	926
SLV -dir.Y 2	29110	2766	7861	72289	24306	6812	-343	926
SLV -dir.Z+	32479	2766	2763	24615	24306	5421	1797	434
SLV -dir.Z-	27592	2766	2763	24615	24306	4878	1254	434
						6975	-343	926

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	30444	9969	3346	30907	92737	7962	-1197	1168
SLV -dir.X 2	28977	9969	3346	30907	92737	7799	-1360	1168
SLV -dir.Y 1	30576	3397	9966	94912	31093	8064	-1270	1170
SLV -dir.Y 2	29110	3397	9966	94912	31093	7901	-1432	1170
SLV -dir.Z+	32479	3397	3394	31402	31093	5923	1294	534
SLV -dir.Z-	27592	3397	3394	31402	31093	5380	751	534
						8064	-1432	1170

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	29148	450	1058	10690	3578	3767	2710	128
SLE Rara - MT max gr.1	33582	608	1003	11427	4834	4334	3129	130
SLE Rara - ML max gr.1	32621	646	994	23501	5118	4685	2565	132
SLE Rara - N max gr.2	31959	608	1003	11579	7645	4263	2839	130
SLE Rara - MT max gr.2	32118	1104	1003	10997	10265	4356	2781	166
SLE Rara - ML max gr.2	31484	1142	994	18463	10550	4573	2424	168
SLE Rara - N max gr.3	31078	1104	1003	11111	12195	4316	2590	166
SLE Rara - MT max gr.3	32118	608	1483	16253	4834	4350	2788	178
SLE Rara - ML max gr.3	31484	646	1474	23719	5118	4566	2430	179
SLE Rara - Vento ponte scarico	31078	671	1248	13780	7238	4232	2675	157
						4685	2424	179

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	32474	569	569	5810	4520	3991	3226	89
SLE Freq. - MT max gr.1	31753	569	569	14912	4520	4248	2808	89
SLE Freq. - ML max gr.1	31257	569	569	5924	6628	3938	3008	89
SLE Freq. - N max gr.2	31376	941	569	5488	8593	4008	2965	122
SLE Freq. - MT max gr.2	30900	941	569	11133	8593	4164	2703	122
SLE Freq. - ML max gr.2	30596	941	569	5573	10041	3978	2821	122
SLE Freq. - N max gr.3	31376	569	929	9430	4520	4003	2970	121
SLE Freq. - MT max gr.3	30900	569	929	15075	4520	4159	2708	121
SLE Freq. - ML max gr.3	30596	569	749	7544	5967	3900	2899	104
SLE Freq. - Vento ponte scarico	29148	463	533	4538	3672	3543	2935	78
						4248	2703	122

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:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	34 di 59

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 P02.

Dati corrente

h corrente	2.87	m
h scalzamento	10.12	m
angolo corrente (rispetto asse x)	85.0	°
velocità corrente	3.41	m/s
densità acqua	1000	kg/m ³

Dati plinto

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

Dati pila

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

coefficiente di forma pila	0.7	
coefficiente di forma plinto	1.44	
q _{idr}	5.81	kPa
h tot investita	12.99	m
h pila investita	3.37	m
h plinto investita	2.5	m
h pali investita	7.12	m
h fondazione investita	9.62	m
q max	5.81	kPa
q spiccato pila	4.31	kPa

Sollecitazioni

F pila x	3.12	kN
F pila y	35.67	kN
Mx pila	63.09	kN*m
My pila	5.52	kN*m
F fondazione x	34.31	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	35 di 59

F fondazione y	392.19	kN
Mx fondazione	2692.71	kN*m
My fondazione	235.58	kN*m

n pali	9	
V palo	44	kN
N palo	100	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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	36 di 59

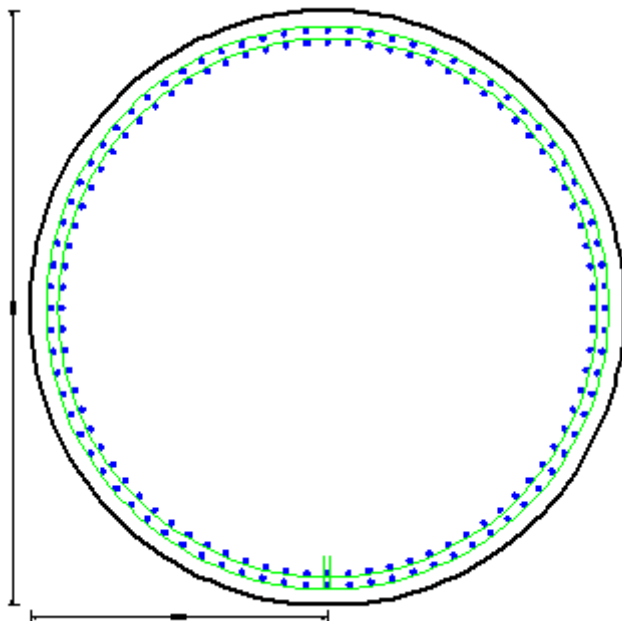
4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	8.3	8.3	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	8531	8528	kN
Momento agente (q=1)	M	69613	71795	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5881	5878	kN
Momento agente (con q)	MEd	47750	49932	kN*m
Momento Resistente	MRd	60496	61313	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.27	1.23	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		CRITICA	CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	45	45	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	8531	8528	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	7451	7217	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	7451	7217	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.03	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.03	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	7451	7217	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.07	1.03	
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.

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



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm 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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	38 di 59

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	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	31600.00	4842.00	12994.00	888.00	1480.00
2	30302.00	4842.00	29377.00	888.00	1480.00
3	29409.00	8921.00	13136.00	945.00	1468.00
4	29623.00	10500.00	12413.00	1558.00	1480.00
5	28767.00	10500.00	22575.00	1558.00	1480.00
6	28219.00	13389.00	12504.00	1615.00	1468.00
7	29623.00	4842.00	17889.00	888.00	2128.00
8	28767.00	4842.00	28051.00	888.00	2128.00
9	28219.00	7731.00	15242.00	945.00	1792.00
10	25614.00	5316.00	10495.00	983.00	1509.00
11	24404.00	3615.00	11767.00	663.00	1255.00
12	23106.00	3615.00	28150.00	663.00	1255.00
13	22212.00	7695.00	11909.00	720.00	1243.00
14	22427.00	9273.00	11187.00	1333.00	1255.00
15	22427.00	9273.00	11187.00	1333.00	1255.00
16	21571.00	9558.00	21287.00	1390.00	1243.00
17	21023.00	11879.00	11340.00	1333.00	1255.00
18	22427.00	3615.00	16662.00	663.00	1903.00
19	21571.00	3900.00	26762.00	720.00	1891.00
20	21023.00	6695.00	14119.00	758.00	1588.00
21	19433.00	47750.00	16522.00	5881.00	2120.00
22	18527.00	47750.00	16522.00	7451.00	2120.00
23	19565.00	16581.00	49932.00	2171.00	7217.00
24	18659.00	16581.00	49932.00	2171.00	5878.00
25	20814.00	16581.00	16898.00	2171.00	2168.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	39 di 59

26 17794.00 16581.00 16898.00 2171.00 2168.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	18418.00	2453.00	8044.00
2	22852.00	3314.00	8921.00
3	21891.00	3504.00	21015.00
4	21229.00	6125.00	9072.00
5	21388.00	7505.00	8490.00
6	20753.00	7695.00	15977.00
7	20347.00	9435.00	8604.00
8	21388.00	3314.00	12546.00
9	20753.00	3504.00	20033.00
10	20347.00	5560.00	10659.00

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	21743.00	3098.00 (2202.35)	4389.00 (0.00)
2	21022.00	3098.00 (7220.68)	13491.00 (31444.24)
3	20526.00	5207.00 (3937.61)	4502.00 (61448.32)
4	20645.00	6242.00 (6846.52)	4066.00 (59631.75)
5	20169.00	6242.00 (23930.53)	9712.00 (37233.78)
6	19865.00	7689.00 (273326.55)	4151.00 (147558.66)
7	20645.00	3098.00 (12529.01)	7108.00 (61041.49)
8	20169.00	3098.00 (7781.65)	12754.00 (32035.89)
9	19865.00	4546.00 (3937.61)	5672.00 (61448.32)
10	18418.00	2516.00 (5549.56)	3206.00 (65943.44)

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	18418.00	3314.00 (3947.60)	3314.00 (60290.69)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	40 di 59

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
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 [cm ²]. [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	31600.00	4842.00	12994.00	31599.76	24543.83	65855.80	5.071131.0(212.1)	
2	S	30302.00	4842.00	29377.00	30302.04	11347.10	68832.54	2.341131.0(212.1)	
3	S	29409.00	8921.00	13136.00	29408.80	38985.08	57410.24	4.371131.0(212.1)	
4	S	29623.00	10500.00	12413.00	29623.01	44875.16	53055.92	4.271131.0(212.1)	
5	S	28767.00	10500.00	22575.00	28766.71	29152.46	62675.51	2.781131.0(212.1)	
6	S	28219.00	13389.00	12504.00	28219.23	50344.83	47022.30	3.761131.0(212.1)	
7	S	29623.00	4842.00	17889.00	29623.24	18159.98	67071.18	3.751131.0(212.1)	
8	S	28767.00	4842.00	28051.00	28766.75	11756.13	68122.51	2.431131.0(212.1)	
9	S	28219.00	7731.00	15242.00	28218.88	31168.16	61444.22	4.031131.0(212.1)	
10	S	25614.00	5316.00	10495.00	25613.90	30595.00	60405.70	5.761131.0(212.1)	
11	S	24404.00	3615.00	11767.00	24404.06	19715.19	64172.43	5.451131.0(212.1)	
12	S	23106.00	3615.00	28150.00	23105.84	8477.79	65945.45	2.341131.0(212.1)	
13	S	22212.00	7695.00	11909.00	22211.79	35836.70	55455.64	4.661131.0(212.1)	
14	S	22427.00	9273.00	11187.00	22427.12	42204.32	50917.67	4.551131.0(212.1)	
15	S	22427.00	9273.00	11187.00	22427.12	42204.32	50917.67	4.551131.0(212.1)	
16	S	21571.00	9558.00	21287.00	21571.16	26918.81	59925.94	2.821131.0(212.1)	
17	S	21023.00	11879.00	11340.00	21023.06	47313.09	45150.17	3.981131.0(212.1)	
18	S	22427.00	3615.00	16662.00	22426.77	14023.09	64633.76	3.881131.0(212.1)	
19	S	21571.00	3900.00	26762.00	21570.72	9463.80	65001.96	2.431131.0(212.1)	
20	S	21023.00	6695.00	14119.00	21023.01	28014.05	59094.14	4.191131.0(212.1)	
21	S	19433.00	47750.00	16522.00	19432.95	60983.82	21085.14	1.281131.0(212.1)	
22	S	18527.00	47750.00	16522.00	18527.05	60496.16	20920.01	1.271131.0(212.1)	
23	S	19565.00	16581.00	49932.00	19565.27	20350.11	61313.70	1.231131.0(212.1)	
24	S	18659.00	16581.00	49932.00	18658.96	20190.49	60820.50	1.221131.0(212.1)	
25	S	20814.00	16581.00	16898.00	20814.13	45717.71	46608.15	2.761131.0(212.1)	
26	S	17794.00	16581.00	16898.00	17794.02	44533.11	45383.89	2.691131.0(212.1)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	140.6	106.1	0.00321	129.3	53.6	-0.00488	-129.3	-53.6
2	0.00350	148.0	33.6	0.00321	138.3	21.9	-0.00503	-138.3	-21.9

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	41 di 59

3	0.00350	124.1	113.5	0.00320	113.3	82.3	-0.00513	-113.3	-82.3
4	0.00350	114.5	125.7	0.00320	106.5	90.9	-0.00510	-106.5	-90.9
5	0.00350	136.0	81.1	0.00320	124.7	63.6	-0.00520	-124.7	-63.6
6	0.00350	102.4	132.0	0.00320	99.0	99.0	-0.00527	-99.0	-99.0
7	0.00350	144.8	59.9	0.00320	136.1	32.7	-0.00510	-136.1	-32.7
8	0.00350	147.8	35.4	0.00320	138.3	21.9	-0.00520	-138.3	-21.9
9	0.00350	133.8	93.8	0.00320	124.7	63.6	-0.00527	-124.7	-63.6
10	0.00350	133.8	92.6	0.00319	124.7	63.6	-0.00559	-124.7	-63.6
11	0.00350	143.4	44.1	0.00318	133.1	43.3	-0.00574	-133.1	-43.3
12	0.00350	148.8	19.1	0.00317	138.3	21.9	-0.00592	-138.3	-21.9
13	0.00350	126.0	81.4	0.00317	119.4	73.1	-0.00604	-119.4	-73.1
14	0.00350	115.5	95.7	0.00317	106.5	90.9	-0.00601	-106.5	-90.9
15	0.00350	115.5	95.7	0.00317	106.5	90.9	-0.00601	-106.5	-90.9
16	0.00350	136.8	61.4	0.00317	129.3	53.6	-0.00613	-129.3	-53.6
17	0.00350	103.6	108.5	0.00316	99.0	99.0	-0.00621	-99.0	-99.0
18	0.00350	146.6	31.8	0.00317	136.1	32.7	-0.00601	-136.1	-32.7
19	0.00350	148.4	21.6	0.00317	138.3	21.9	-0.00613	-138.3	-21.9
20	0.00350	135.5	64.3	0.00316	124.7	63.6	-0.00621	-124.7	-63.6
21	0.00350	49.0	141.8	0.00316	43.3	133.1	-0.00645	-43.3	-133.1
22	0.00350	49.0	141.8	0.00315	43.3	133.1	-0.00659	-43.3	-133.1
23	0.00350	142.4	47.3	0.00316	133.1	43.3	-0.00643	-133.1	-43.3
24	0.00350	142.4	47.3	0.00315	133.1	43.3	-0.00657	-133.1	-43.3
25	0.00350	107.1	105.1	0.00316	99.0	99.0	-0.00624	-99.0	-99.0
26	0.00350	107.1	105.1	0.00315	99.0	99.0	-0.00671	-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	0.000027097	0.000010097	-0.000837581	----	----
2	0.000029018	0.000004783	-0.000911371	----	----
3	0.000024617	0.000016718	-0.000963502	----	----
4	0.000022653	0.000019162	-0.000950517	----	----
5	0.000027213	0.000012657	-0.001001931	----	----
6	0.000020635	0.000022096	-0.001034977	----	----
7	0.000028641	0.000007752	-0.000950799	----	----
8	0.000029571	0.000005104	-0.001001267	----	----
9	0.000026961	0.000013675	-0.001034556	----	----
10	0.000027952	0.000014158	-0.001199993	----	----
11	0.000030468	0.000009360	-0.001280938	----	----
12	0.000032210	0.000004136	-0.001371176	----	----
13	0.000027637	0.000017858	-0.001435695	----	----
14	0.000025255	0.000020934	-0.001420433	----	----
15	0.000025255	0.000020934	-0.001420433	----	----
16	0.000030305	0.000013607	-0.001482901	----	----
17	0.000023129	0.000024228	-0.001524369	----	----
18	0.000032055	0.000006955	-0.001420146	----	----
19	0.000032874	0.000004791	-0.001483189	----	----
20	0.000030267	0.000014352	-0.001524594	----	----
21	0.000011222	0.000032433	-0.001648008	----	----
22	0.000011382	0.000032896	-0.001721360	----	----
23	0.000032501	0.000010793	-0.001636861	----	----
24	0.000032970	0.000010948	-0.001711075	----	----
25	0.000023981	0.000023531	-0.001539640	----	----
26	0.000025139	0.000024668	-0.001783096	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	42 di 59

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e 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	1696.91	33058.15	8025.28245.4	205.8	276.2	1.000	1.238	21.1	99.7(0.0)
2	S	1604.71	32934.70	8049.77245.4	206.5	276.3	1.000	1.228	19.9	99.6(0.0)
3	S	1745.34	32785.74	8085.32245.7	207.3	275.5	1.000	1.221	21.5	99.7(0.0)
4	S	2136.15	32868.42	8064.98245.4	206.9	276.4	1.000	1.223	26.4	99.6(0.0)
5	S	1999.00	32723.10	8101.18245.7	207.7	275.5	1.000	1.216	24.6	99.7(0.0)
6	S	2182.29	32668.73	8113.16245.7	208.0	275.6	1.000	1.212	26.8	99.7(0.0)
7	S	2286.09	32868.93	8068.33245.4	206.9	276.4	1.000	1.223	28.2	99.6(0.0)
8	S	2248.04	32721.95	8096.49245.7	207.7	275.5	1.000	1.216	27.7	99.6(0.0)
9	S	2025.65	32668.01	8108.28245.7	208.0	275.6	1.000	1.212	24.9	99.6(0.0)
10	S	1790.34	32335.26	8180.62246.1	209.9	274.8	1.000	1.193	21.8	99.6(0.0)
11	S	1394.37	32210.46	8209.53246.1	210.6	274.9	1.000	1.184	16.9	99.6(0.0)
12	S	1329.23	31996.19	8255.43246.5	211.7	273.9	1.000	1.174	16.0	99.6(0.0)
13	S	1434.77	31901.85	8275.07246.5	212.3	274.0	1.000	1.167	17.3	99.6(0.0)
14	S	1816.90	31925.19	8268.72246.5	212.1	274.0	1.000	1.169	21.9	99.6(0.0)
15	S	1816.90	31925.19	8268.72246.5	212.1	274.0	1.000	1.169	21.9	99.6(0.0)
16	S	1703.30	31748.49	8305.25246.9	213.0	272.9	1.000	1.162	20.4	99.6(0.0)
17	S	1830.78	31690.00	8316.83246.9	213.3	272.9	1.000	1.158	21.9	99.6(0.0)
18	S	2000.31	31924.80	8269.73246.5	212.1	274.0	1.000	1.169	24.1	99.6(0.0)
19	S	1975.06	31748.87	8302.41246.9	213.0	272.9	1.000	1.162	23.7	99.6(0.0)
20	S	1759.63	31690.29	8318.02246.9	213.3	272.9	1.000	1.158	21.1	99.6(0.0)
21	S	6250.93	31426.62	8367.98247.4	214.7	271.8	1.000	1.146	74.4	99.6(0.0)
22	S	7734.62	31326.86	8389.31247.4	215.2	271.8	1.000	1.139	91.8	99.6(0.0)
23	S	7533.43	31440.30	8363.35247.4	214.6	271.7	1.000	1.147	89.7	99.6(0.0)
24	S	6262.66	31342.08	8385.03247.4	215.1	271.8	1.000	1.140	74.4	99.6(0.0)
25	S	3067.98	31666.66	8319.66246.9	213.4	272.9	1.000	1.157	36.7	99.6(0.0)
26	S	3067.98	31150.52	8420.76247.8	216.0	270.6	1.000	1.134	36.3	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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	43 di 59

1	S	4.37	143.5	1345.0	-0.2	-133.1	-43.3	394	7.1
2	S	5.17	140.6	1345.0	3.2	-129.3	-53.6	---	---
3	S	9.10	148.0	1345.0	-72.0	-138.3	-21.9	4942	219.1
4	S	5.39	124.3	1345.0	-5.5	-113.3	-82.3	503	14.1
5	S	5.52	112.4	1345.0	-6.9	-106.5	-90.9	605	21.2
6	S	7.67	135.1	1345.0	-48.2	-124.7	-63.6	4011	183.8
7	S	5.87	101.1	1345.0	-16.5	-90.9	-106.5	1780	99.0
8	S	6.03	145.0	1345.0	-15.0	-136.1	-32.7	1545	77.8
9	S	8.68	147.8	1345.0	-69.5	-138.3	-21.9	4988	219.1
10	S	5.63	133.0	1345.0	-12.6	-124.7	-63.6	1350	49.5

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

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

Ver. Esito della verifica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00000 (0.00000)	573	0.000 (0.20)	46400.45	152158.67
2	S	-0.00056	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	1588.19	0.00
3	S	-0.00040	0	0.500	30.0	85	0.00022 (0.00022)	404	0.087 (0.20)	3351.48	20100.24
4	S	-0.00004	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	471	0.008 (0.20)	36073.07	53429.37
5	S	-0.00005	0	0.500	30.0	85	0.00002 (0.00002)	435	0.009 (0.20)	38011.73	43000.61
6	S	-0.00027	0	0.500	30.0	85	0.00014 (0.00014)	400	0.058 (0.20)	9902.70	20560.81
7	S	-0.00010	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	381	0.019 (0.20)	26161.33	23857.14
8	S	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	390	0.018 (0.20)	9737.16	36862.53
9	S	-0.00038	0	0.500	30.0	85	0.00021 (0.00021)	405	0.084 (0.20)	3492.53	19967.41
10	S	-0.00008	0	0.500	30.0	85	0.00004 (0.00004)	428	0.016 (0.20)	18800.51	36042.19

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	3.93	122.5	1345.0	17.0	-113.3	-82.3	---	---
2	S	6.28	146.2	1345.0	-20.8	-136.1	-32.7	2107	120.2
3	S	4.20	98.1	1345.0	9.2	-90.9	-106.5	---	---
4	S	4.36	81.9	1345.0	7.2	-73.1	-119.4	---	---
5	S	5.47	126.2	1345.0	-10.6	-119.4	-73.1	1131	42.4
6	S	4.62	71.3	1345.0	1.0	-63.6	-124.7	0	0.0
7	S	4.44	137.5	1345.0	6.1	-129.3	-53.6	---	---
8	S	5.98	145.8	1345.0	-19.0	-136.1	-32.7	2001	113.1
9	S	4.22	117.0	1345.0	6.6	-106.5	-90.9	---	---
10	S	3.20	118.0	1345.0	16.2	-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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	44 di 59

1	S	-0.00028	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	2202.35	0.00
2	S	-0.00012	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	378	0.024 (0.20)	7220.68	31444.24
3	S	-0.00033	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	3937.61	61448.32
4	S	-0.00042	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	6846.52	59631.75
5	S	-0.00007	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	425	0.013 (0.20)	23930.53	37233.78
6	S	-0.00001	0	0.500	30.0	85	0.00003 (0.00003)	0	0.003 (0.20)	273326.55	147558.66
7	S	-0.00032	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	12529.01	61041.49
8	S	-0.00011	0	0.500	30.0	85	0.00006 (0.00006)	379	0.022 (0.20)	7781.65	32035.89
9	S	-0.00033	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	3937.61	61448.32
10	S	-0.00022	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	5549.56	65943.44

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	3.36	106.1	1345.0	13.8	-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	-0.00037	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	3947.60	60290.69

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 :

$$N_{\max} = 6504 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 6975 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 926 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

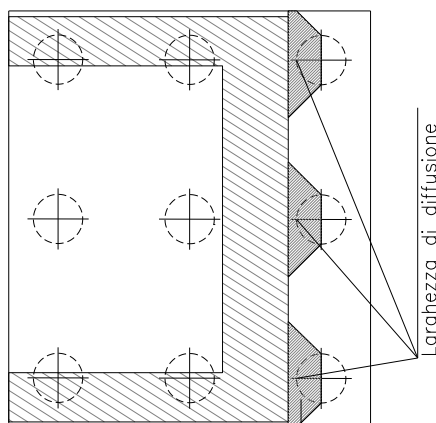
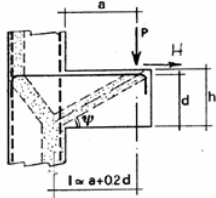


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

b(m)=	5.30	m	dimensione trasversale verifica
P_{Ed} (KN) =	6975.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H_{Ed} (KN) =	926.00	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		$\lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
$n^\circ R1$ =	1	$\phi 1$ (mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	$\theta 1^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	530.93	nb tot 1 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm ²) =	28139.22	$A_{\phi CAL}$ (mm ²) =	28139.22
Registro tipo	R2						
$n^\circ R2$ =	1	$\phi 2$ (mm) =	24.0	p2(cm) =	10.0	$\theta 2^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	452.39	nb tot 2 =	53.0	$A_{\phi TOT}$ (mm ²) =	23976.61	$A_{\phi CAL}$ (mm ²) =	23976.61
Registro tipo	R3						
$n^\circ R3$ =	0	$\phi 3$ (mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	$\theta 3^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	452.39	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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.2 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

	N	M	V
SLU	6504	820	256
SLU	2203	820	256
SLV $q=1$	8064	3744	1170
SLV $q=1$	-1432	3744	1170

In condizioni di scalzamento $\alpha = 8.3$

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 36 + 36 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/20$$

La lunghezza del palo è pari a $L = 42.00 \text{ m}$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto f_{cd} :	14.160 MPa	
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	7.080 MPa	
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale E_c :	31475.0 MPa	
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	2.560 MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm ²	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura f_{tk} :		450.00 MPa	
Resist. snerv. di progetto f_{yd} :		391.30 MPa	
Resist. ultima di progetto f_{td} :		391.30 MPa	
Deform. ultima di progetto E_{pu} :		0.068	
Modulo Elastico E_f :		2000000 daN/cm 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
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	48 di 59

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	66.0	36	26
2	0.0	0.0	61.0	36	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	6504.00	820.00	256.00
2	2203.00	820.00	256.00
3	8064.00	3744.00	1170.00
4	-1432.00	3744.00	1170.00

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	4685.00	572.00	0.00
2	2424.00	572.00	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	49 di 59

N°Comb.	N	Mx	My
1	4248.00	1379.00 (3447.06)	0.00 (0.00)
2	2703.00	1379.00 (2096.05)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6504.00	820.00	6504.16	9027.31	11.01	382.3(53.0)
2	S	2203.00	820.00	2202.90	8238.08	10.05	382.3(53.0)
3	S	8064.00	3744.00	8063.92	9173.17	2.45	382.3(53.0)
4	S	-1432.00	3744.00	-1431.86	7147.05	1.91	382.3(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.)
	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	0.00302	0.0	66.0	-0.00401	0.0	-66.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00290	0.0	66.0	-0.00593	0.0	-66.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00305	0.0	66.0	-0.00349	0.0	-66.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00273	0.0	66.0	-0.00849	0.0	-66.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000053233	-0.000492479	----	----
2	0.000000000	0.000066855	-0.001514111	----	----
3	0.000000000	0.000049609	-0.000220653	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	50 di 59

4 0.000000000 0.000085009 -0.002875646 --- ---

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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-
 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	256.00	4067.21	2813.96118.5]	97.1	137.2	2.500	1.250	2.7	29.6(0.0)
2	S	256.00	3702.54	2984.58119.7]	103.0	135.3	2.500	1.088	2.5	29.6(0.0)
3	S	1170.00	3984.46	2760.14118.3]	95.3	137.1	2.500	1.250	12.6	29.6(0.0)
4	S	1170.00	3457.71	3154.75121.6]	108.9	130.1	2.500	1.000	11.0	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	3.18	0.0	1345.0	14.5	0.0	-66.0	---	---
2	S	2.22	0.0	1345.0	-0.1	0.0	-66.0	294	5.3

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	51 di 59

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	-0.00001	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	46400.45	152158.67
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	507	0.000 (0.20)	10313.50	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	4.77	0.0	1345.0	-13.4	0.0	-66.0	504	15.9
2	S	4.43	0.0	1345.0	-34.4	0.0	-66.0	1300	63.7

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	-0.00009	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	402	0.016 (0.20)	3447.06	0.00
2	S	-0.00020	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	352	0.036 (0.20)	2096.05	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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	53 di 59

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

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		0.116	g
F_0		2.629	
S_s		1.5	
S_t		1	
T_c		0.683	s
T_D		2.065	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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	54 di 59

Altezza pila	h1	5.0	m	
Altezza baricentro impalcato	h2	2.8	m	
Altezza totale	$h=h1+h2$	7.8		
Rigidezza Pila asse y	K	415149446	N/m	
Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per q=1</u>	F	7940	kN	
Fattore di struttura	q	1		
Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.019	m	
μ_d (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.019	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
d_g (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.06	m	
d_{ij} max (par.3.2.4.2)		0.11		
Lunghezza impalcato		50	m	
Dilatazione termica impalcato	D_t	0.016	m	
E1	$2 * D_t$	0.032	m	
E2	$4 * d_E * k2$	0.042	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.213	m	
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.110	m	Spalla - Spalla
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.129	m	Spalla - Pila
EL	$k1 * (E1+E2+E3)$	0.148	m	Pila - Pila
EL min 1		0.188	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{min1}; EL_{min2})$	0.188	m	
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.213	m	Spalla - Spalla
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.213	m	Spalla - Pila
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.213	m	Pila - Pila
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.2	0.133	+/- m	Spalla - Spalla
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.133	+/- m	Spalla - Pila

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	55 di 59

Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.133	+/- m	Pila - Pila
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.116	+/- m	Spalla - Spalla
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.116	+/- m	Spalla - Pila
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.116	+/- m	Pila - Pila
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	0.126	m	Pila - Pila
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	0.116	m	Pila - Pila

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: $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 6575 \text{ kN}$

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

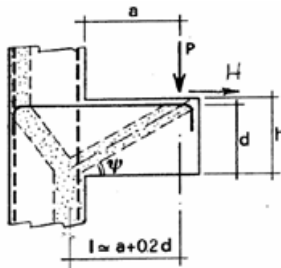
Imp 50,00 m: $P_{max} = 6575 \text{ kN}$

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

$B = 7,90 \text{ m}$

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

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 $\quad \geq P_{Rs}$

Dati di progetto

b(m)=	7.90	m	dimensione trasversale verifica
P _{Ed} (KN) =	6575	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	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	0.42	m	altezza utile
l(m) =	0.58	m	a+0,2d
λ =	1.54		λ=ctgψ≈l/(0,9d)

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

<u>Registro tipo</u>		R1					
n° R1 =	1	φ1(mm) =	26.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A _{φ i} (mm ²) =	530.93	nb tot 1 =	79.0	A _{φ TOT} (mm ²) =	41943.37	A _{φ CAL} (mm ²) =	41943.37
<u>Registro tipo</u>		R2					
n° R2 =	0	φ2(mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	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
<u>Registro tipo</u>		R3					
n° R3 =	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	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 =	<input type="text" value="0.574"/>	rad	=	<input type="text" value="32.91"/>	°
P _{Rs} =	<input type="text" value="10615.0"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
P _{Rc} =	<input type="text" value="11050.4"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

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

$$(\text{Imp } 50,00 \text{ m})/2 + (\text{Imp } 50,00 \text{ m})/2: P_{\text{max}} = 6575 \text{ kN}$$

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

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

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

Dati di progetto

$b(\text{m}) =$	3.50	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}(\text{KN}) =$	6575	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}(\text{KN}) =$	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(\text{m}) =$	0.50	m	distanza P da incastro
$h(\text{m}) =$	0.70	m	spessore mensola
$\delta(\text{m}) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(\text{m}) =$	0.60	m	altezza utile
$l(\text{m}) =$	0.62	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	1.15		$\lambda = \text{ctg}\psi \approx l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura) ▼
 $c(\text{m}) = 1.50$

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

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

Verifiche di resistenza

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 004	C	59 di 59

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{Ed} = 6614$ 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
$P_{Ed} (KN) =$	6614	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	198.41	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	4.60	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
$l(m) =$	4.98	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	2.91		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

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="0.331"/>	rad	$=$	<input type="text" value="18.95"/>	$^{\circ}$
$P_{RS} =$	<input type="text" value="7416.5"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PED - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{RC} =$	<input type="text" value="7911.5"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	