

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile 5/5

SCALA:



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

RS3V 40 D 09 CL VI0405 005 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Dicembre 2019	A.Ferri	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	Vittozzi Marzo 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Valente	Marzo 2020	A.Ferri	Marzo 2020	F. Sparacino	Marzo 2020	

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Resp. Ing. Angelo Vittozzi
 Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma
 N° A20783

File: RS3V40D09CLVI0405005B.docx

n. E 883

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	5
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>	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	21
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i>	22
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	22
4.6.7	<i>Azione sismica</i>	24
4.6.8	<i>Analisi Dinamica Lineare</i>	28
4.6.9	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	30

4.6.10	Riepilogo risultati.....	30
4.7	SOLLECITAZIONI.....	32
4.7.1	Base Pila	32
4.7.2	Plinto di fondazione.....	34
4.8	PALI DI FONDAZIONE	37
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	38
4.9.1	Pila	39
4.9.2	Zattera di fondazione.....	49
4.9.3	Palo di fondazione L=26.0m	52
4.9.4	Escursione Longitudinale, giunti e varchi.....	56
4.9.5	Ritegni sismici, baggioli, pulvini	60
5	SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE	66

1 PREMESSA

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 ferroviario **VI04** della tratta ferroviaria Nuova Enna-Dittaino, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 08** che presenta l'**altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

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

1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto VI04 è previsto a singolo binario dal km 9+856 (asse giunto spalla A) al km 10+216 per uno sviluppo complessivo di 360.09 m ed è costituito da 4 campate isostatiche di luce 25m in c.a.p., 4 campate in acciaio-cls da 40 m e 2 campate in acciaio-cls da 50 m, in corrispondenza dello scavalco dell'autostrada Palermo-Catania e degli affluenti del fiume Dittaino.

La larghezza dell'impalcato fuori tutto è pari a 9.70m.

Le pile, in c.a., presentano un fusto a sezione cava costante su tutta l'altezza.

Le spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.

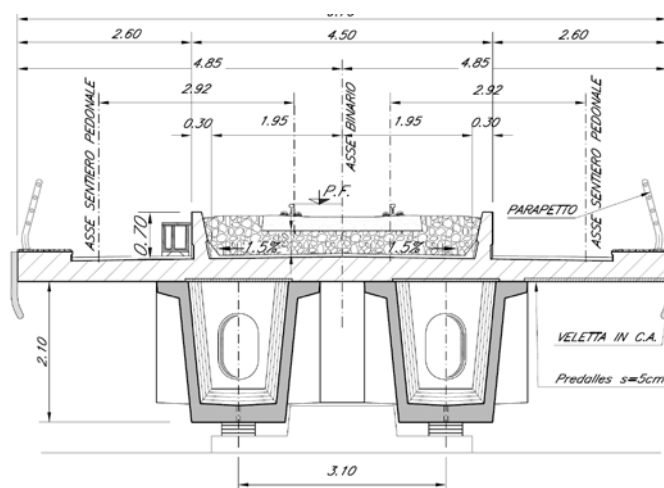


Figura 1 - Sezione trasversale campate in c.a.p. L=25 m

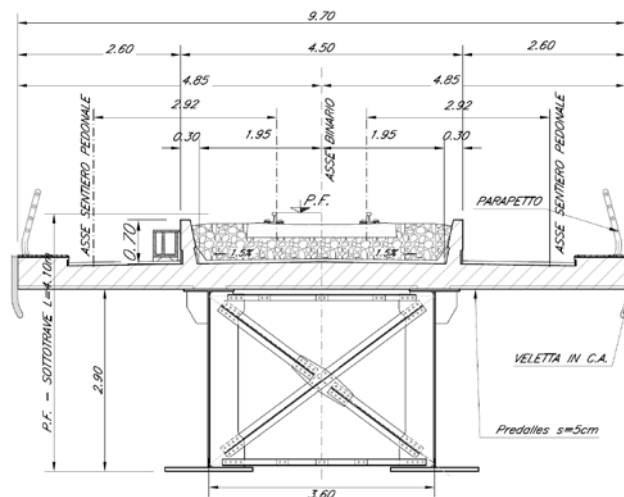


Figura 2 - Sezione trasversale campate in acciaio-clc L=40 m

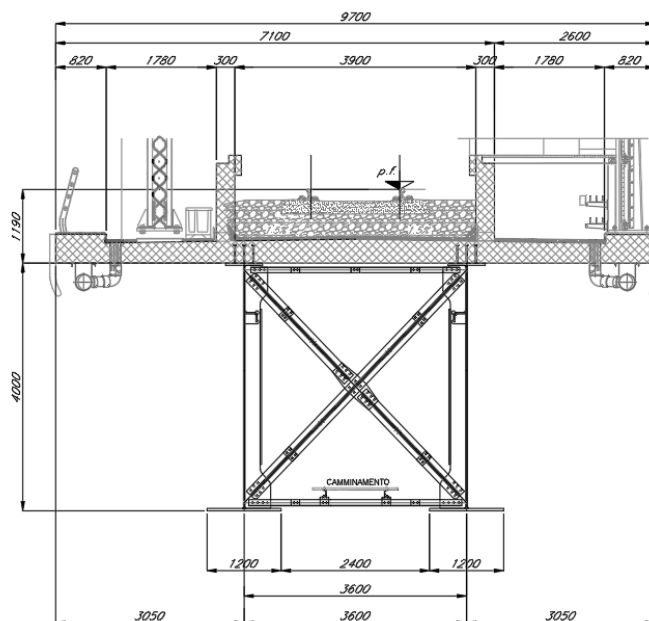


Figura 3 - Sezione trasversale campate in acciaio-clc L=50 m

1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni del Viadotto - VI04, sono previste su pali in c.a. di grande diametro $\Phi 1200$ e $\Phi 1500$ per le pile, $\Phi 1500$ per le spalle.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 005	REV. B

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1] **D.M. del 17 gennaio 2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni;**
- [N2] **C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";**
- [N3] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 C: Manuale di progettazione delle Opere Civili. Emissione per applicazione del 21/12/2018;**
- [N4] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;**

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- [N5] **STI 2014 – REGOLAMENTO UE N.1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 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 getto di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

➤ Calcestruzzo pali di fondazione, cordoli, opere provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- 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 fondazioni armate

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm (**)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

- COPRIFERRO MINIMO = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Calcestruzzo elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle

- 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 MINIMO = 50mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

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

(*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 005	REV. B

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	$\leq w_3$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	9 di 66

		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 005	REV. B

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare cava** di dimensioni 3.3x 8.60m, una altezza complessiva di 5.00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.3x 8.60m ed altezza 2.00m.

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

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQ ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	Azioni	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

	A2 - SIU - N max gr.1	A2 - SIU - MT max gr.1	A2 - SIU - ML max gr.1	A2 - SIU - N max gr.3	A2 - SIU - MT max gr.3	A2 - SIU - ML max gr.3	A2 - SIU - Vento ponte scarico	A2 - SIU Gmin - N max gr.1	A2 - SIU Gmin - MT max gr.1	A2 - SIU Gmin - ML max gr.1	A2 - SIU Gmin - N max gr.3	A2 - SIU Gmin - MT max gr.3	A2 - SIU Gmin - ML max gr.3	A2 - SIU Gmin - Vento ponte scarico	A1 - SIU - N max gr.1	A1 - SIU - MT max gr.1	A1 - SIU - ML max gr.1	A1 - SIU - N max gr.3	A1 - SIU - MT max gr.3	A1 - SIU - ML max gr.3	A1 - SIU - Vento ponte scarico	A1 - SIU Gmin - N max gr.1	A1 - SIU Gmin - MT max gr.1	A1 - SIU Gmin - ML max gr.1
Peso proprio g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00
Permanenti G2	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00
Ballast	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Qv	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. Mmax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. Mmax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
Comb. Mmax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	1,45
Vento Ponte Scarico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
Vento Ponte Carico	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90
Vento y	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	0,90	0,90

A1 - S1U G min - N max gr.3	A1 - S1U G min - MT max gr.3	A1 - S1U G min - ML max gr.3	A1 - S1U G min - Vento ponte scarico	S1E min - N max gr.1	S1E min - MT max gr.1	S1E min - ML max gr.1	S1E min - N max gr.3	S1E min - MT max gr.3	S1E min - ML max gr.3	S1E min - Vento ponte scarico	S1E freq - N max gr.1	S1E freq - MT max gr.1	S1E freq - ML max gr.1	S1E freq - N max gr.3	S1E freq - MT max gr.3	S1E freq - ML max gr.3	S1E freq - Vento ponte scarico	S1E quasi permanente	S1V - N max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Qr
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.90	0.90	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.45	1.45	1.45	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale
0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

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
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	53.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	7.95	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.60	m
Area Sezione		26.62	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	5.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	3.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	8.60	m
Area Sezione		11.88	m ²
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	9.60	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.20	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko = 0.426	▼
Sisma			
S_s		1.495	
a_g		0.131	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.196	

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

Impalcato (sx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G ₁	162	kN/m
Permanenti portati	G ₂	120	kN/m
Ballast		0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G1	162	kN/m
Permanenti portati	G2	120	kN/m
Ballast	G2	0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1012.5	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	750.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast)	R _i	0	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, per la campata sinistra e destra (la condizione di Momento Longitudinale massimo "MLmax" è riferita alla situazione in cui solo uno dei due impalcato venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3V 40 D 09 CL VI 04 05 005 B 17 di 66

sx										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1239	936	1.1	1	1.20	1638	1125	
2	0.470	-1.55	1239	936	1.1	1	1.20	1638	1125	
dx										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1638	2254	
2	0.470	-1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1638	2254	
dx ML max										
CAP 25 ML SINGOLO BINARIO										
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2	
1	0.530	1.55	1529	1875	1.1	1	1.20	2022	2254	
2	0.470	-1.55	1529	1875	1.1	1	1.20	2022	2254	

Che ripartiti con il metodo Courbon sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	596			529			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			69			69	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			95			95	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio							3.30
Vento Ponte Scarico			56			56	3.30
Vento Ponte Carico			118			118	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		26	26		23	23	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			817		817	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			901		901	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0		0		2.50
	Sisma trasversale			1226		1226	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
Descrizione carico							[m]
Peso proprio g1	1013			1013			0.00
Permanenti G2	750			750			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			69			69	5.10
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MTmax Qv	868			770			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MTmax Q centrifuga			95			95	5.10
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.30
Comb. MLmax Qv	1195			1059			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		438			438		3.30
Comb. MLmax Q centrifuga			95			95	5.10
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.30
Vento Ponte Scarico			56			56	3.30
Vento Ponte Carico			118			118	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q ^{=1.5}	Sisma longitudinale		1673		1673		2.50
	Sisma trasversale			817		817	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00
q ^{=1.36}	Sisma longitudinale		1845		1845		2.50
	Sisma trasversale			901		901	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00
q ⁼¹	Sisma longitudinale		2510		2510		2.50
	Sisma trasversale			1226		1226	2.50
	Sisma verticale	234			234		0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
		scarico	carico	
Condizione (ponte carico o scarico)				
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	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	112.5	112.5	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	9	9	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.29	2.29	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	2.6	3.3	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.1	7.3	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.37	1.33	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.79	2.10	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.29	2.29	
Coefficiente di forza	cfx	1.79	2.10	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.1	7.3	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	9.0	18.8	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.19	2.57	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	9.0	18.8	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	9.0	9.0	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	112	112	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	18.8	18.8	kN/m
Luce impalcato	L	25	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	235	235	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	20 di 66

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	7.00	7	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.13	2.13	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.00	5.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.6	8.6	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.3	3.3	m
Rapporto di forma	d/b	0.38	0.38	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.21	2.21	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.65	0.65	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	1.64	1.64	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	17.2	43	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	28	71	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.00	5.00	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.3	3.3	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m
Rapporto di forma	d/b	2.61	2.61	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.47	1.47	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.36	0.36	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.84	0.84	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.6	16.5	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	6	14	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	28	kN	
Pila	F	71	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.00	m	
Forza totale	F Tot	99	kN	
Vento y				
Pulvino	F	6	kN	
Pila	F	14	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	7.00	m	
Forza totale	F Tot	19	kN	

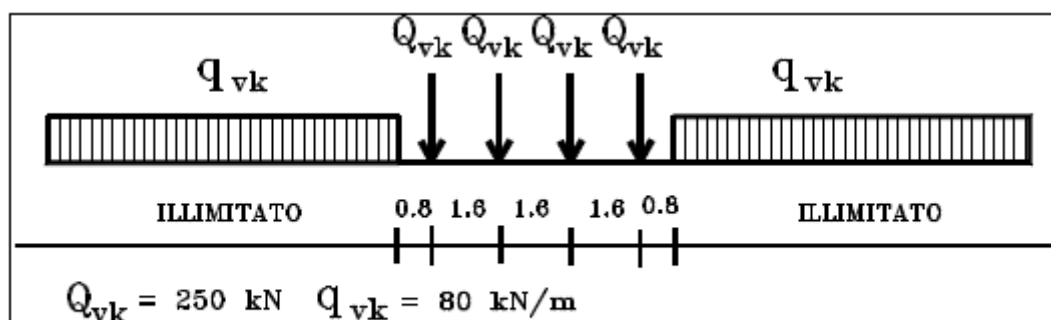
4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



Treno di carico LM 71

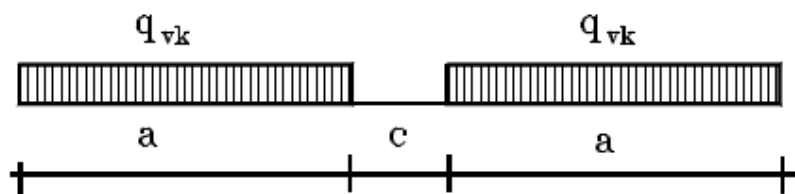
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



Treno di carico SW

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad [5.2.7]$$

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	25	m
Lcalc	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Qlb,k	550	per Treno LM 71
Qlb,k	433.4	per Treno SW/0
Qlb,k	875	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	550	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	433	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	875	kN

Aviamento		
L	25	m
Lcalc	25	per Treno LM 71
	19.7	per Treno SW/0
	25	per SW/2
Qla,k	907.5	per Treno LM 71
Qla,k	715.11	per Treno SW/0
Qla,k	825	per SW/2
Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	908	kN
Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	715	kN
Qla,k(filtrata)per SW/2	825	kN

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
Treno LM 71		
α	1.1	
FT* α	55	kN
Treno SW/0		
α	1.1	
FT* α	55	kN
Treno SW/2		
α	1	
FT* α	50	kN

Forza centrifuga sx

L	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	153	Per V>120 km/h						
	115	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	153							
qtk	12	Per V>120 km/h	qtk	11	Per V=100 km/h	qtk	11	Per V=100 km/h
	9	Per V<120 km/h						
qtk scelto	12							
L calc= L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m
qtk*Lcalc	227	kN	qtk*Lcalc	210	kN	qtk*Lcalc	273	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	190	kN	FT= qtk*Lcalc /2	105		FT= qtk*Lcalc /2	137	

Forza centrifuga dx

L	25	m	L ₀	22.8	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.202	
raggio planimetrico	1300	m			
f	0.82	Per V>120 km/h			
f	1	Per V<120 km/h			

Treno LM 71			Treno SW/0			Treno SW/2		
Qvk	1000	kN	qvk	133	kN/m	qvk	150	kN/m
qvk	80	kN/m	α	1.1		α	1	
α	1	Per V>120 km/h						
α	1.1	Per V<120 km/h						
Qtk	153	Per V>120 km/h						
	115	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	153							
qtk	12	Per V>120 km/h	qtk	11	Per V=100 km/h	qtk	11	Per V=100 km/h
	9	Per V<120 km/h						
qtk scelto	12							
L calc= L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m
qtk*Lcalc	227	kN	qtk*Lcalc	210	kN	qtk*Lcalc	273	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	190	kN	FT= qtk*Lcalc /2	105		FT= qtk*Lcalc /2	137	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 005	REV. B

4.6.7 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

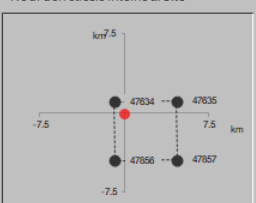
Grafici spettri di risposta

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_{n1} info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_{r1} info

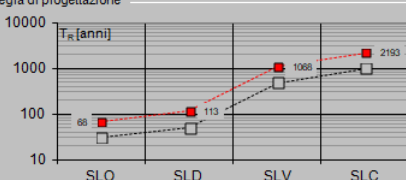
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

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 parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info $S_B = 1.495$ $C_C = 1.290$ info

Categoria topografica info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(In quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta_1 = 1.000$ info

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

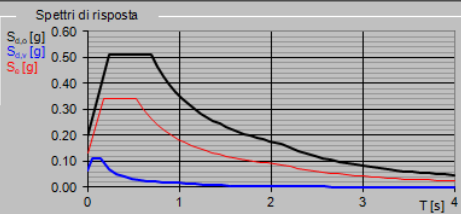
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q_v $\eta_1 = 0.667$ 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, $\xi = 5\%$)

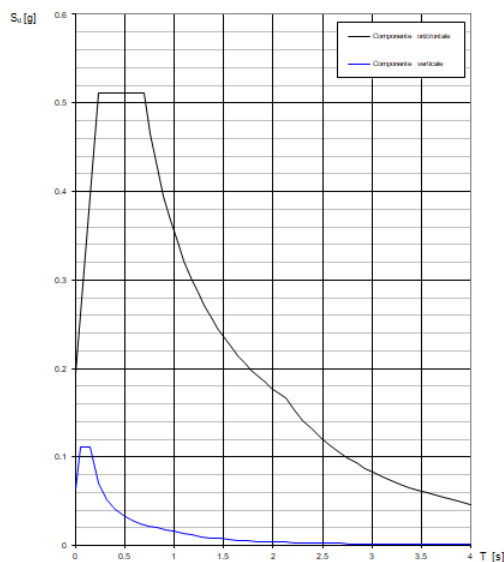
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.131 g
F_n	2.619
T_c^*	0.536 s
S_s	1.495
C_c	1.290
S_r	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.495
η	1.000
T_B	0.231 s
T_C	0.692 s
T_D	2.123 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 $q=1$

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	7952	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	1826	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	9777	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	1590	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	7726	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	1826	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	9551	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1545	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	7726	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	1826	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp _z	9551	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	1545	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	16.9	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	77.5	m ⁴
Area Pila	A _p	11.88	m ²
Rigidezza Pila asse y	K _y	1949160511	N/m
Rigidezza Pila asse x	K _x	8945061713	N/m
rigidezza Pila asse z	K _z	55992514286	N/m
Periodo x	T _x	0.14	s
Periodo y	T _y	0.06	s
Periodo z	T _z	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.51	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.51	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.10	

q=1.5

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	0.10	

q=1.36

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.38	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.38	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.10	

q=1

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.5	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.5	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.0979225	

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	3345	kN
Tagliante direzione y	F y	3267	kN
Tagliante direzione z	F z	935	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	3689	kN
Tagliante direzione y	F y	3604	kN
Tagliante direzione z	F z	935	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	5017	kN
Tagliante direzione y	F y	4901	kN
Tagliante direzione z	F z	935	kN

4.6.8 *Analisi Dinamica Lineare*

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

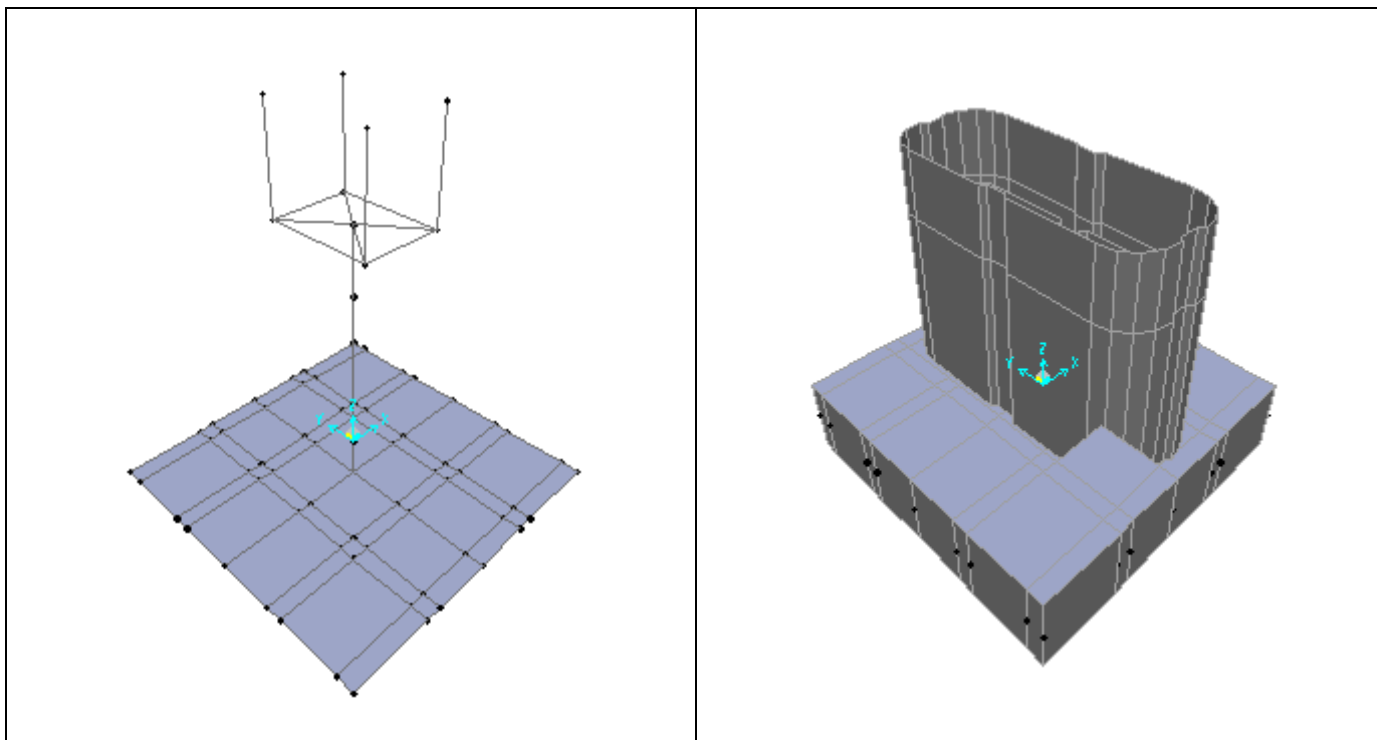


Figura 4: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:

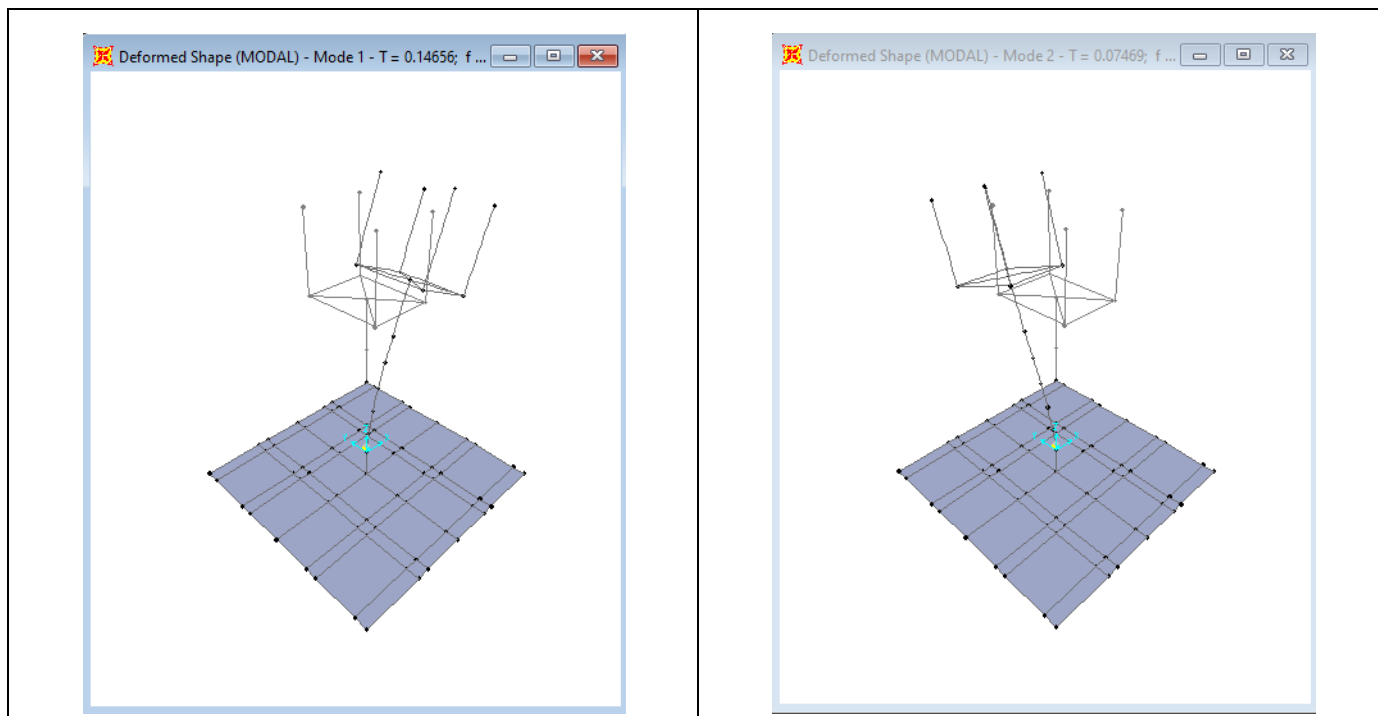


Figura 5: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)

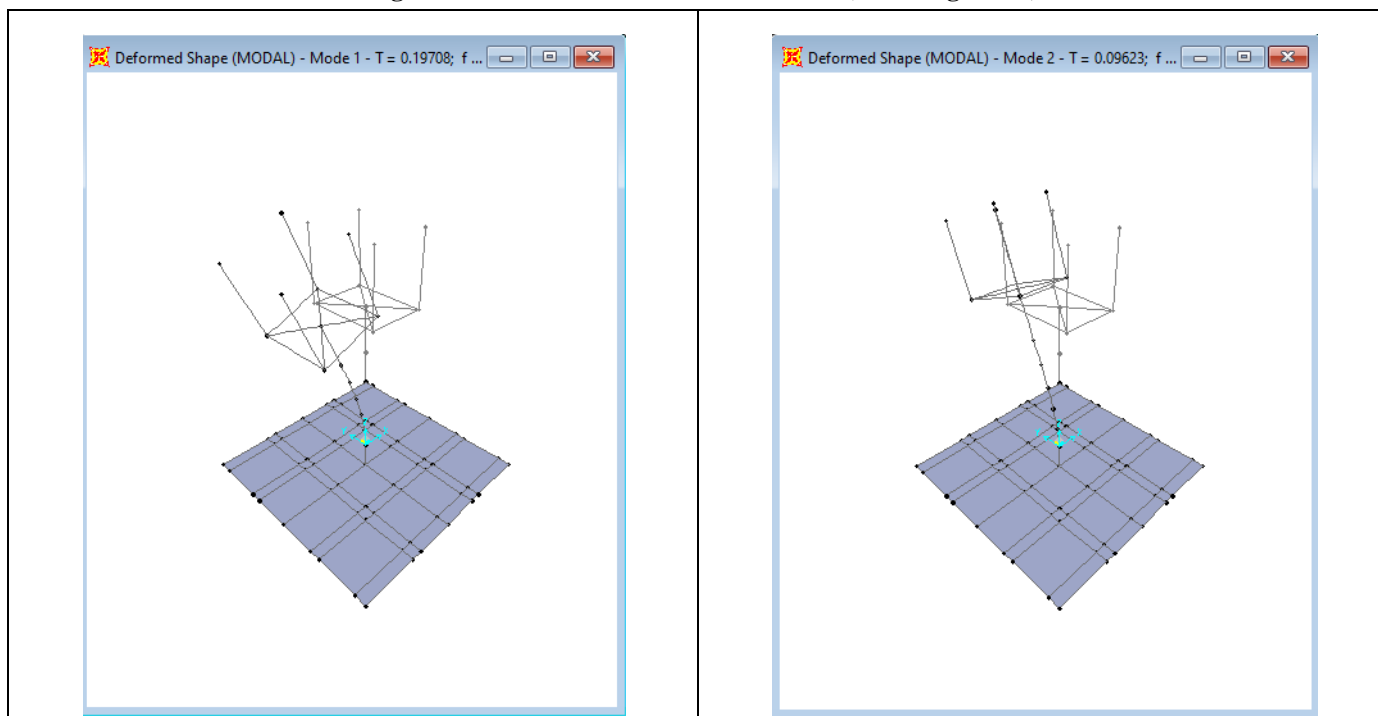


Figura 6: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 04 05 005	REV. B

4.6.9 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

4.6.10 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

SPICCATO PILA: condizione statica

Descrizione carico	F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	2815			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		99		0.00	0.00	7.00	0	691
Vento su pila dir.y			19	0.00	0.00	7.00	135	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	2815			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	5760			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	1276			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		99		0.00	0.00	9.50	0	938
Vento su pila dir.y			19	0.00	0.00	9.50	184	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		1128		0.00	0.00	1.25	0.00	1410
Plinto sisma y			1128	0.00	0.00	1.25	1410	0
Plinto sisma z	564			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	125			0.00	0.00	0.00	0	0



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	32 di 66

4.7 Sollecitazioni

4.7.1 Base Pila

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	A2 - SLU - N max gr.1	14989	905	1148	12250	10242
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	13583	1529	507	4753	18354
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	14860	905	1278	13868	8549
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	14860	905	1278	13868	8549
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	13583	1529	507	4753	18354
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	18668	1090	1370	14484	12180
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	17037	1815	629	5813	21596
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	18519	1090	1521	16361	10216
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	18519	1090	1521	16361	10216
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	17037	1815	629	5813	21596
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	13244	766	949	9986	8509
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	12119	1263	448	4117	14982
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	13141	766	1053	11281	7154
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	13141	766	1053	11281	7154
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	12119	1263	448	4117	14982
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	12569	655	566	5724	7122
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	12569	1006	435	4124	10889
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	12486	655	649	6760	6038
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	12486	655	649	6760	6038
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	11669	1006	401	3609	11969
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	9865	212	212	1576	1576
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	11477	1308	1175	11580	13104
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	3650	1158	11343	36679
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1308	3483	34600	12833
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1308	3483	34600	12833
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	3650	1158	11343	36679
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	11477	1411	1276	12563	14132
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	3995	1258	12348	40106
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1411	3820	37917	13861
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1411	3820	37917	13861
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	3995	1258	12348	40106
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	11477	1810	1665	16457	18098
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	5323	1648	16221	53325
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1810	5117	50859	17827
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	10801	1810	5117	50859	17827
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	10597	5323	1648	16221	53325

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila – Analisi Statica

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
base pila	EX_1	Combination	Max	4360	912	10625	8649	41146
base pila	EX_1	Combination	Min	-4360	-912	10625	-8523	-41688
base pila	EY_1	Combination	Max	1308	3039	10625	28683	12154
base pila	EY_1	Combination	Min	-1308	-3039	10625	-28557	-12696
base pila	EX_2	Combination	Max	4360	912	10456	8649	41146
base pila	EX_2	Combination	Min	-4360	-912	10456	-8523	-41688
base pila	EY_2	Combination	Max	1308	3039	10456	28683	12154
base pila	EY_2	Combination	Min	-1308	-3039	10456	-28557	-12696
base pila	EZ_1	Combination	Max	1308	912	10822	8649	12154
base pila	EZ_1	Combination	Min	-1308	-912	10822	-8523	-12696
base pila	EZ_2	Combination	Max	1308	912	10259	8649	12154
base pila	EZ_2	Combination	Min	-1308	-912	10259	-8523	-12696
				4360	3039		28683	41688

Tabella 4 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 50%(EI)
TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
base pila	EX_1	Combination	Max	3735	841	10625	7933	35106
base pila	EX_1	Combination	Min	-3735	-841	10625	-7807	-35648
base pila	EY_1	Combination	Max	1120	2803	10625	26296	10342
base pila	EY_1	Combination	Min	-1120	-2803	10625	-26170	-10884
base pila	EX_2	Combination	Max	3735	841	10456	7933	35106
base pila	EX_2	Combination	Min	-3735	-841	10456	-7807	-35648
base pila	EY_2	Combination	Max	1120	2803	10456	26296	10342
base pila	EY_2	Combination	Min	-1120	-2803	10456	-26170	-10884
base pila	EZ_1	Combination	Max	1120	841	10822	7933	10342
base pila	EZ_1	Combination	Min	-1120	-841	10822	-7807	-10884
base pila	EZ_2	Combination	Max	1120	841	10259	7933	10342
base pila	EZ_2	Combination	Min	-1120	-841	10259	-7807	-10884
				3735	2803		26296	35648

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

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

4.7.2 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,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	A2 - SLU - N max gr.1	22407	905	1148	15121	12505
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	21001	1529	507	6021	22178
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	22279	905	1278	17064	10811
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	22279	905	1278	17064	10811
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	21001	1529	507	6021	22178
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	28357	1090	1370	17908	14905
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	26726	1815	629	7385	26133
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	28208	1090	1521	20162	12941
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	28208	1090	1521	20162	12941
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	26726	1815	629	7385	26133
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	20280	766	949	12359	10424
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	19155	1263	448	5238	18141
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	20177	766	1053	13913	9070
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	20177	766	1053	13913	9070
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	19155	1263	448	5238	18141
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	19604	655	566	7139	8760
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	19604	1006	435	5212	13403
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	19522	655	649	8382	7677
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	19522	655	649	8382	7677
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	18704	1006	401	4611	14483
SLE QP.		SLE quasi permanente	16901	212	212	2104	2104
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	19202	1647	1513	14940	16797
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	4778	1496	14660	47215
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	1647	4611	44718	16526
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	1647	4611	44718	16526
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	4778	1496	14660	47215
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	19202	1750	1614	16175	18084
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	5123	1597	15917	51503
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	1750	4948	48876	17813
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	1750	4948	48876	17813
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	5123	1597	15917	51503
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	19202	2148	2003	21043	23046
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	6451	1986	20763	68044
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	2148	6245	65062	22775
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	18044	2148	6245	65062	22775
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	17839	6451	1986	20763	68044

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

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	4495	969	17806	8673	41201
EX_1	Combination	Min	-4495	-969	17806	-8547	-41743
EY_1	Combination	Max	1348	3229	17806	28762	12171
EY_1	Combination	Min	-1348	-3229	17806	-28636	-12713
EX_2	Combination	Max	4495	969	17291	8673	41201
EX_2	Combination	Min	-4495	-969	17291	-8547	-41743
EY_2	Combination	Max	1348	3229	17291	28762	12171
EY_2	Combination	Min	-1348	-3229	17291	-28636	-12713
EZ_1	Combination	Max	1348	969	18406	8673	12171
EZ_1	Combination	Min	-1348	-969	18406	-8547	-12713
EZ_2	Combination	Max	1348	969	16691	8673	12171
EZ_2	Combination	Min	-1348	-969	16691	-8547	-12713
			4495	3229		28762	41743

Tabella 7 – Sollecitazioni intradosso fondazione - 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	3892	902	17806	7959	35170
EX_1	Combination	Min	-3892	-902	17806	-7833	-35712
EY_1	Combination	Max	1167	3008	17806	26382	10361
EY_1	Combination	Min	-1167	-3008	17806	-26256	-10903
EX_2	Combination	Max	3892	902	17291	7959	35170
EX_2	Combination	Min	-3892	-902	17291	-7833	-35712
EY_2	Combination	Max	1167	3008	17291	26382	10361
EY_2	Combination	Min	-1167	-3008	17291	-26256	-10903
EZ_1	Combination	Max	1167	902	18406	7959	10361
EZ_1	Combination	Min	-1167	-902	18406	-7833	-10903
EZ_2	Combination	Max	1167	902	16691	7959	10361
EZ_2	Combination	Min	-1167	-902	16691	-7833	-10903
			3892	3008		26382	35712

Tabella 8 – Sollecitazioni intradosso fondazione - Dinamica 50%(EI)

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

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	28357	1090	1370	17908	14905	4670	1632	194
AI - SLU - MT max gr.1	28208	1090	1521	20162	12941	4667	1602	208
AI - SLU - ML max gr.1	26726	1179	803	9938	17707	4249	1690	158
AI - SLU - N max gr.3	28357	1726	1133	14416	23332	4898	1403	229
AI - SLU - MT max gr.3	28208	1726	1209	15535	21367	4843	1426	234
AI - SLU - ML max gr.3	26726	1815	629	7385	26133	4521	1418	213
AI - SLU - Vento ponte scarico	23458	286	651	7569	2841	3088	2124	79
AI - SLU Gmin - N max gr.1	17525	1090	1370	17908	14905	3466	428	194
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	17376	1090	1521	20162	12941	3463	398	208
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	15894	1179	803	9938	17707	3046	486	158
AI - SLU Gmin - N max gr.3	17525	1726	1133	14416	23332	3695	200	229
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	17376	1726	1209	15535	21367	3639	222	234
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	15894	1815	629	7385	26133	3318	214	213
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	12625	212	577	6832	2104	1817	989	68
						4898	200	234

Tabella 9 – 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 - N max	19202	1750	1614	16175	18084	3720	547	265
SLV - MT max gr.1	18044	1750	4948	48876	17813	5092	-1083	583
SLV - ML max gr.1	17839	5123	1597	15917	51503	5103	-1139	596
SLV - MT max gr.3	17069	1750	4948	48876	17813	4984	-1191	583
SLV - ML max gr.3	16864	5123	1597	15917	51503	4995	-1247	596
SLV - N min	15952	1750	1614	16175	18084	3359	186	265
						5103	-1247	596

Tabella 10 – 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 - N max	19202	2148	2003	21043	23046	4175	92	326
SLV - MT max gr.1	18044	2148	6245	65062	22775	6071	-2062	734
SLV - ML max gr.1	17839	6451	1986	20763	68044	6094	-2129	750
SLV - MT max gr.3	17069	2148	6245	65062	22775	5963	-2170	734
SLV - ML max gr.3	16864	6451	1986	20763	68044	5985	-2238	750
SLV - N min	15952	2148	2003	21043	23046	3814	-269	326
						6094	-2238	750

Tabella 11 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C. n°	N kN	T _x kN	T _y kN	M _x kNm	M _y kNm	N _{max/palo} kN	N _{min/palo} kN	T _{/palo} kN
SLE rara - N max gr.1	20280	766	949	12359	10424	3308	1199	136
SLE rara - MT max gr.1	20177	766	1053	13913	9070	3306	1178	145
SLE rara - ML max gr.1	19155	825	568	6999	12337	3024	1233	111
SLE rara - N max gr.3	20280	1204	786	9951	16228	3465	1041	160
SLE rara - MT max gr.3	20177	1204	838	10723	14873	3427	1057	163
SLE rara - ML max gr.3	19155	1263	448	5238	18141	3211	1046	149
SLE rara - Vento ponte scarico	16901	212	455	5256	2104	2219	1537	56
						3465	1041	163

Tabella 12 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila vengono svolte le seguenti verifiche:

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

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	10.0	10.0	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	5323	5117	kN
Momento agente (q=1)	M	53325	50859	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	3650	3483	kN
Momento agente (con q)	MEd	36679	34600	kN*m
Momento Resistente	MRd	143802	267037	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	3.92	7.72	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	5323	5117	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	14311	26882	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	5323	5117	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1	1.23	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	5323	5117	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.22	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

Taglio resistente:

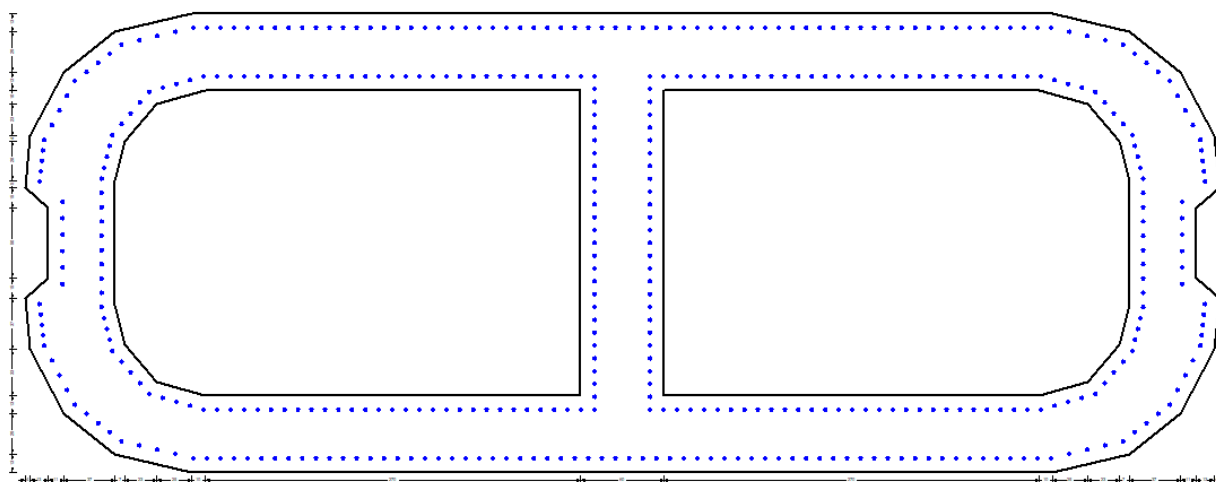
La resistenza a taglio viene valutata come somma dei contributi dati dalla 2 anime in direzione Y e 3 anime in direzione X della sezione cava:

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	40 di 66

dir. X			dir. Y		
Dati sezione			Dati sezione		
b	400	mm	b	550	mm
h	2200	mm	h	6200	mm
c	100	mm	c	100	mm
fck	32	Mpa	fck	32	Mpa
d	2100		d	6100	
Staffe			Staffe		
∅	16	mm	∅	16	mm
n	2		n	2	
s	100	mm	s	100	mm
α	1.57	rad	α	1.57	rad
θ	0.79	rad	θ	0.79	rad
ctgα	0.00		ctgα	0.00	
ctgθ	1.00		ctgθ	1.00	
f _{yd}	391	Mpa	f _{yd}	391	Mpa
f' _{cd}	9.07	MPa	f' _{cd}	9.07	MPa
VR _{sd}	2971.66	kN	VR _{sd}	8631.95	kN
VR _{cd}	3427.20	kN	VR _{cd}	13688.40	kN
VR _d	2971.66	kN	VR _d	8631.95	kN
3*VR _d	8915.0	kN	2*VR _d	17263.9	kN

La verifica risulta soddisfatta.



La sezione è armata con:

$A_s = \phi 26/10$

spille $9\phi 10/mq$

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.

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

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 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:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 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

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 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:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 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
-----------	-------	-------

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	42 di 66

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 DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	310.0	165.0
2	365.0	152.0
3	402.0	123.0
4	426.0	77.0
5	430.0	40.0
6	413.0	25.0
7	413.0	-25.0
8	430.0	-40.0
9	426.0	-77.0
10	402.0	-123.0
11	365.0	-152.0
12	310.0	-165.0
13	-310.0	-165.0
14	-365.0	-152.0
15	-402.0	-123.0
16	-426.0	-77.0
17	-430.0	-40.0
18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	77.0
22	-402.0	123.0
23	-365.0	152.0
24	-310.0	165.0

DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale vuoto
Classe Conglomerato: C20/25

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	30.0	110.0
2	300.0	110.0
3	335.0	100.0
4	358.0	73.0
5	365.0	45.0
6	365.0	-45.0
7	358.0	-73.0
8	335.0	-100.0



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	43 di 66

9	300.0	-110.0
10	30.0	-110.0

DOMINIO N° 3

Forma del Dominio: Poligonale vuoto
 Classe Conglomerato: C20/25

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	-110.0
2	-300.0	-110.0
3	-335.0	-100.0
4	-358.0	-73.0
5	-365.0	-45.0
6	-365.0	45.0
7	-358.0	73.0
8	-335.0	100.0
9	-300.0	110.0
10	-30.0	110.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	155.0	26
2	360.6	142.8	26
3	394.1	116.5	26
4	416.3	74.0	26
5	419.5	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.5	-44.1	26
9	416.3	-74.0	26
10	394.1	-116.5	26
11	360.6	-142.8	26
12	308.8	-155.0	26
13	-308.8	-155.0	26
14	-360.6	-142.8	26
15	-394.1	-116.5	26
16	-416.3	-74.0	26
17	-419.5	-44.1	26
18	-403.0	-29.5	26
19	-403.0	29.5	26
20	-419.5	44.1	26
21	-416.3	74.0	26
22	-394.1	116.5	26
23	-360.6	142.8	26
24	-308.8	155.0	26
25	20.0	120.0	26
26	301.4	120.0	26
27	340.7	108.8	26
28	367.1	77.7	26
29	375.0	46.2	26
30	375.0	-46.2	26
31	367.1	-77.7	26
32	340.7	-108.8	26
33	301.4	-120.0	26
34	20.0	-120.0	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	44 di 66

35	-20.0	-120.0	26
36	-301.4	-120.0	26
37	-340.7	-108.8	26
38	-367.1	-77.7	26
39	-375.0	-46.2	26
40	-375.0	46.2	26
41	-367.1	77.7	26
42	-340.7	108.8	26
43	-301.4	120.0	26
44	-20.0	120.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	24	1	62	26
2	12	13	62	26
3	34	33	28	26
4	35	36	28	26
5	25	26	28	26
6	43	44	28	26
7	34	25	25	26
8	35	44	25	26
9	1	2	3	26
10	2	3	3	26
11	3	4	3	26
12	4	5	3	26
13	6	7	4	26
14	9	8	3	26
15	9	10	3	26
16	10	11	3	26
17	11	12	3	26
18	13	14	3	26
19	14	15	3	26
20	15	16	3	26
21	16	17	3	26
22	19	18	4	26
23	21	20	3	26
24	21	22	3	26
25	22	23	3	26
26	23	24	3	26
27	26	27	3	26
28	27	28	3	26
29	28	29	3	26
30	29	30	8	26
31	30	31	3	26
32	31	32	3	26
33	32	33	3	26
34	36	37	3	26
35	37	38	3	26
36	38	39	3	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	45 di 66

37	39	40	8	26
38	40	41	3	26
39	41	42	3	26
40	42	43	3	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 4.9 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	18667.92	12180.25	14483.76	0.00	0.00
2	17036.67	21596.34	5812.57	0.00	0.00
3	18518.57	10215.79	16360.57	0.00	0.00
4	18518.57	10215.79	16360.57	0.00	0.00
5	17036.67	21596.34	5812.57	0.00	0.00
6	11477.26	13103.98	11579.98	0.00	0.00
7	10597.06	36678.87	11343.35	5323.00	0.00
8	10801.46	12833.02	34600.47	0.00	5177.00
9	10801.46	12833.02	34600.47	0.00	0.00
10	10597.06	36678.87	11343.35	0.00	0.00

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	13244.00	8509.00	9986.00
2	12119.00	14982.00	4117.00
3	13141.00	7154.00	11281.00
4	13141.00	7154.00	11281.00
5	12119.00	14982.00	4117.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	46 di 66

N°Comb.	N	Mx	My
1	12569.00	7122.00 (55288.77)	5724.00 (41351.84)
2	12569.00	10889.00 (180934.40)	4124.00 (68525.43)
3	12486.00	6038.00 (49418.15)	6760.00 (42414.30)
4	12486.00	6038.00 (49418.15)	6760.00 (42414.30)
5	11669.00	11969.00 (104437.30)	3609.00 (31490.87)

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	9865.00	1576.00 (0.00)	1576.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.9 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	18667.92	12180.25	14483.76	18667.93	140124.79	165589.26	11.462325.5(375.1)	
2	S	17036.67	21596.34	5812.57	17036.48	151745.41	40377.17	7.022325.5(375.1)	
3	S	18518.57	10215.79	16360.57	18518.87	130524.51	208513.13	12.752325.5(375.1)	
4	S	18518.57	10215.79	16360.57	18518.87	130524.51	208513.13	12.752325.5(375.1)	
5	S	17036.67	21596.34	5812.57	17036.48	151745.41	40377.17	7.022325.5(375.1)	
6	S	11477.26	13103.98	11579.98	11477.52	138147.46	121686.05	10.532325.5(375.1)	
7	S	10597.06	36678.87	11343.35	10597.05	143802.99	43717.10	3.912325.5(375.1)	
8	S	10801.46	12833.02	34600.47	10801.48	99588.58	267037.69	7.722325.5(375.1)	
9	S	10801.46	12833.02	34600.47	10801.48	99588.58	267037.69	7.722325.5(375.1)	
10	S	10597.06	36678.87	11343.35	10597.05	143802.99	43717.10	3.912325.5(375.1)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	47 di 66

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	310.0	165.0	0.00319	308.8	155.0	-0.00948	-308.8	-155.0
2	0.00350	310.0	165.0	0.00295	308.8	155.0	-0.01527	-308.8	-155.0
3	0.00350	365.0	152.0	0.00325	360.6	142.8	-0.00844	-360.6	-142.8
4	0.00350	365.0	152.0	0.00325	360.6	142.8	-0.00844	-360.6	-142.8
5	0.00350	310.0	165.0	0.00295	308.8	155.0	-0.01527	-308.8	-155.0
6	0.00350	310.0	165.0	0.00311	308.8	155.0	-0.01167	-308.8	-155.0
7	0.00350	310.0	165.0	0.00292	308.8	155.0	-0.01617	-308.8	-155.0
8	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00836	-360.6	-142.8
9	0.00350	365.0	152.0	0.00330	360.6	142.8	-0.00836	-360.6	-142.8
10	0.00350	310.0	165.0	0.00292	308.8	155.0	-0.01617	-308.8	-155.0

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	0.000005447	0.000030026	-0.003142792	----	----
2	0.000001906	0.000054974	-0.006161588	----	----
3	0.000006615	0.000024232	-0.002597776	----	----
4	0.000006615	0.000024232	-0.002597776	----	----
5	0.000001906	0.000054974	-0.006161588	----	----
6	0.000004556	0.000038594	-0.004280355	----	----
7	0.000002140	0.000057330	-0.006622885	----	----
8	0.000009271	0.000017418	-0.002531410	----	----
9	0.000009271	0.000017418	-0.002531410	----	----
10	0.000002140	0.000057330	-0.006622885	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	10 mm
Passo staffe:	4.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. 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.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	48 di 66

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	0.00	20127.96	1659.60142.3	132.3	299.9	1.000	1.079	0.0	32.1(0.0)
2	S	0.00	27845.95	2375.03199.3	189.3	291.8	1.000	1.072	0.0	32.1(0.0)
3	S	0.00	16848.03	1376.17119.7	109.7	302.9	1.000	1.079	0.0	32.1(0.0)
4	S	0.00	16848.03	1376.17119.7	109.7	302.9	1.000	1.079	0.0	32.1(0.0)
5	S	0.00	27845.95	2375.03199.3	189.3	291.8	1.000	1.072	0.0	32.1(0.0)
6	S	0.00	22578.51	1927.67163.7	153.7	298.1	1.000	1.049	0.0	32.1(0.0)
7	S	5319.29	18536.28	5885.56197.7	187.7	291.6	2.500	1.045	29.0	32.1(0.0)
8	S	2432.50	8929.59	2459.64 91.9	78.4	335.8	2.500	1.046	31.7	32.1(0.0)
9	S	0.00	12947.90	983.86 91.9	78.4	335.8	1.000	1.046	0.0	32.1(0.0)
10	S	0.00	26877.60	2354.22197.7	187.7	291.6	1.000	1.045	0.0	32.1(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [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	1.75	365.0	152.0	-0.8	-360.6	-142.8	569	15.9
2	S	2.09	310.0	165.0	-10.9	-308.8	-155.0	9959	233.6
3	S	1.70	365.0	152.0	-0.3	-360.6	-142.8	320	5.3
4	S	1.70	365.0	152.0	-0.3	-360.6	-142.8	320	5.3
5	S	2.09	310.0	165.0	-10.9	-308.8	-155.0	9959	233.6

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 f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	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	26.0	87	0.00000 (0.00000)	454	0.001 (0.20)	205290.82	240925.39
2	S	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	484	0.016 (0.20)	71851.65	19744.58
3	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	562	0.000 (0.20)	307654.98	485135.01
4	S	0.00000	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	562	0.000 (0.20)	307654.98	485135.01



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 PROGETTO DEFINITIVO
 VI04 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	49 di 66

5	S	-0.00006	0	0.500	26.0	87	0.00003 (0.00003)	484	0.016 (0.20)	71851.65	19744.58
---	---	----------	---	-------	------	----	-------------------	-----	--------------	----------	----------

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	1.48	310.0	165.0	1.9	-308.8	-155.0	----	----
2	S	1.71	310.0	165.0	-1.4	-308.8	-155.0	344	5.3
3	S	1.42	365.0	152.0	2.5	-360.6	-142.8	----	----
4	S	1.42	365.0	152.0	2.5	-360.6	-142.8	----	----
5	S	1.74	310.0	165.0	-4.0	-308.8	-155.0	2975	95.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	55288.77	41351.84
2	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	582	0.002 (0.20)	180934.40	68525.43
3	S	-0.00019	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	49418.15	42414.30
4	S	-0.00019	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	49418.15	42414.30
5	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	433	0.005 (0.20)	104437.30	31490.87

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	0.78	310.0	165.0	6.9	-308.8	-155.0	----	----

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	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

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 :

$$N_{\max} = 4898 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5103 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 596 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

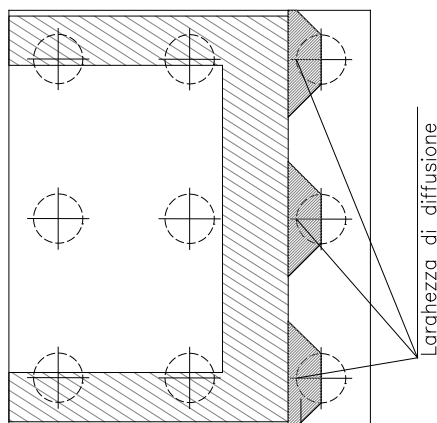
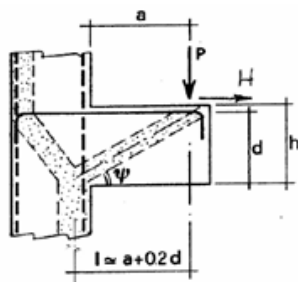


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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_{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 $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	51 di 66

Dati di progetto

$b(m) =$	3.00	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	5103.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	596.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	2.00	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.50	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.40	m	altezza utile
$l(m) =$	2.48	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.15		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$ 1.00

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

<u>Registro tipo</u> R1							
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	30.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	13571.67	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	13571.67
<u>Registro tipo</u> 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	$nb\ tot\ 2 =$	30.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	13571.67	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	13571.67
<u>Registro tipo</u> R3							
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

4.9.3 Palo di fondazione $L=26.0m$

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.4 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 6094 \text{ kN} \quad T = 750 \text{ kN} \quad M = 750 * 2.4 = 1800 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -2238 \text{ kN} \quad T = 750 \text{ kN} \quad M = 750 * 2.4 = 1800 \text{ kNm}$$

$$N = -2238 \text{ kN} \quad T = 750 \text{ kN} \quad M_{\max} = 750 * 2.4 = 1800 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\varnothing 120 \text{ cm}$

$$A_s = 26 + 26 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a $L = 26.00m$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	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 $\beta 1 * \beta 2$:		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 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	53 di 66

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della 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 equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.0	26	26
2	0.0	0.0	46.0	26	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
Passo staffe: 15.0 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	4898.00	561.00	0.00	234.00	0.00
2	200.00	561.00	0.00	234.00	0.00
3	6094.00	1800.00	0.00	750.00	0.00
4	-2238.00	1800.00	0.00	750.00	0.00

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	3465.00	392.00	0.00
2	1041.00	392.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	54 di 66

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	3040.00	298.00 (1915.67)	0.00 (0.00)
2	1194.00	298.00 (1841.37)	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
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4898.00	561.00	0.00	4898.29	4887.08	0.00	8.71	276.1(33.9)
2	S	200.00	561.00	0.00	199.83	4224.09	0.00	7.53	276.1(33.9)
3	S	6094.00	1800.00	0.00	6094.21	4922.42	0.00	2.73	276.1(33.9)
4	S	-2238.00	1800.00	0.00	-2237.86	3579.42	0.00	1.99	276.1(33.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00294	0.0	51.0	-0.00345	0.0	-51.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00270	0.0	51.0	-0.00640	0.0	-51.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00297	0.0	51.0	-0.00298	0.0	-51.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00248	0.0	51.0	-0.00909	0.0	-51.0

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	0.000062650	-0.000258983	----	----
2	0.000000000	0.000089202	-0.001852141	----	----
3	0.000000000	0.000058348	-0.000009099	----	----
4	0.000000000	0.000113384	-0.003303057	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. 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 $L=lungh.legat.proietta-$
 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	234.00	2492.75	2855.68	92.8 74.8	109.2	2.500	1.250	3.2	39.0(0.0)
2	S	234.00	2171.60	3130.82	94.3 82.0	107.2	2.500	1.012	2.9	39.0(0.0)
3	S	750.00	2432.43	2799.13	92.8 73.3	108.7	2.500	1.250	10.5	39.0(0.0)
4	S	750.00	2149.83	3315.47	96.3 86.8	101.4	2.500	1.000	8.8	39.0(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	3.80	0.0	0.0	13.7	0.0	-51.0	----	----
2	S	2.45	0.0	0.0	-16.3	0.0	-51.0	718	21.2

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	56 di 66

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1942.10	0.00
2	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	411	0.020 (0.20)	1130.39	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	3.15	0.0	0.0	14.4	0.0	-51.0	----	----
2	S	2.00	0.0	0.0	-4.7	0.0	-51.0	345	5.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1915.67	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	549	0.008 (0.20)	1841.37	0.00

4.9.4 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:

E1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k2 = 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 dgi e dgj 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:

$$EL \geq E0 \quad e \quad EL \geq Ei \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

E0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

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

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

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

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

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

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

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		0.131	g
F_0		2.619	
S_s		1.495	
S_t		1	
T_c		0.692	s
T_D		2.123	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.20	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.51	g
Inerzia Pila asse y	J_{yy}	17.0	m ⁴
Altezza pila	h1	7.0	m
Altezza baricentro impalcato	h2	2.7	m
Altezza totale	h=h1+h2	9.7	
Rigidezza Pila asse y	K	922016977	N/m
Forza agente in fase sismica in dir.x	F	5017	kN
Fattore di struttura	q	1	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	59 di 66

Spostamento testa pila	$d_{Ee} = F/K$	0.005	m	
μ_d (par.7.3.3.3 NTC)		1		
Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} * \mu_d$	0.005	m	
k1		0.45		
k2		0.55		
d_g (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.07	m	
$d_{ij \max}$ (par.3.2.4.2)		0.12		
Lunghezza impalcato		25	m	
Dilatazione termica impalcato	D_t	0.008	m	
E1	$2 * D_t$	0.016	m	
E2	$4 * d_E * k_2$	0.012	m	
E3	$2 * d_{ij \max}$	0.249	m	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.119	m	Spalla - Spalla
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.125	m	Spalla - Pila
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.130	m	Pila - Pila
EL min 1		0.1305	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{min1}; EL_{min2})$	0.1305	m	
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.249	m	Spalla - Spalla
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.249	m	Spalla - Pila
EL progetto	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	0.249	m	Pila - Pila
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.2	0.156	+/- m	Spalla - Spalla
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.156	+/- m	Spalla - Pila
Corsa apparecchi di appoggio mobili	par 2.5.2.1.5.5	0.156	+/- m	Pila - Pila
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.135	+/- m	Spalla - Spalla
Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.135	+/- m	Spalla - Pila

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	60 di 66

Escursione dei giunti	par 2.5.2.1.5.3	0.135	+/- m	Pila - Pila
Ampiezza dei varchi 'V'	par 2.5.2.1.5.4	0.145	m	Pila - Pila
Ritegni sismici	par 2.5.2.1.5.5	0.135	m	Pila - Pila

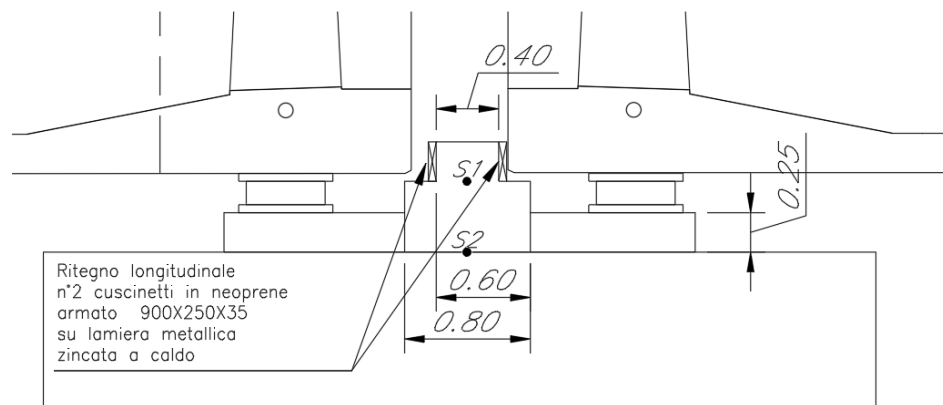
4.9.5 Ritegni sismici, baggioli, pulvini

Le massime forze sismiche afferenti alla pila in direzione longitudinale sono le seguenti:

$$P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 5010 \text{ kN}$$

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

$$P_{max} = 5010 \text{ kN}$$

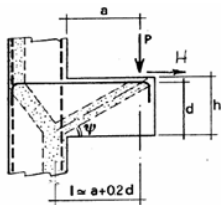


Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche, Sezione S1:

$$B = 6,60 \text{ m}$$

$$H = 0,40 \text{ m}$$

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

$$P_R = P_{Rk} = (A_s f_{sd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0.9d)$$

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

$$P_{Rc} = 0.4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rk}$$

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

b(m)=	6.60	m	dimensione trasversale verifica	
P_{Ed} (KN) =	5010	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b	2
H_{Ed} (KN) =	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b	
a(m) =	0.15	m	distanza P da incastro	
h(m) =	0.40	m	spessore mensola	
δ (m) =	0.06	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione	
d(m) =	0.34	m	altezza utile	
l(m) =	0.22	m	a+0,2d	
λ =	0.71		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0.9d)$	

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	$\phi 1$ (mm) =	20.0	p1(cm) =	10.0	$\theta 1^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	314.16	nb tot 1 =	66.0	$A_{\phi TOT}$ (mm ²) =	20734.49	$A_{\phi CAL}$ (mm ²) =	20734.49
<u>Registro tipo</u>	R2						
n° R2 =	0	$\phi 2$ (mm) =	26.0	p2(cm) =	10.0	$\theta 2^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	530.93	nb tot 2 =	0.0	$A_{\phi TOT}$ (mm ²) =	0.00	$A_{\phi CAL}$ (mm ²) =	0.00
<u>Registro tipo</u>	R3						
n° R3 =	0	$\phi 3$ (mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	$\theta 3^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm ²) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	$A_{\phi TOT}$ (mm ²) =	0.00	$A_{\phi CAL}$ (mm ²) =	0.00

Verifiche di resistenza

Ψ =	0.952	rad	=	54.53	°
P_{RS} =	11379.8	KN		PRs > PEd - Verifica Soddisfatta	
P_{RC} =	16790.5	KN		PRc > PRs - Verifica Soddisfatta	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	62 di 66

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche, Sezione S2:

B = 6,60 m

H = 0,60 m

Dati di progetto

b(m)=	6.60	m	dimensione trasversale verifica
P _{Ed} (KN)=	5010	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)=	0.60	m	distanza P da incastro
h(m)=	0.60	m	spessore mensola
δ(m)=	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m)=	0.50	m	altezza utile
l(m)=	0.70	m	a+0,2d
λ=	1.56		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

Registro tipo R1

n° R1=	1	φ1(mm)=	20.0	p1(cm)=	10.0	θ1°=	0.0
A _{φ i} (mm ²)=	314.16	nb tot 1=	66.0	A _{φ TOT} (mm ²)=	20734.49	A _{φ CAL} (mm ²)=	20734.49

Registro tipo R2

n° R2=	0	φ2(mm)=	20.0	p2(cm)=	10.0	θ2°=	0.0
A _{φ i} (mm ²)=	314.16	nb tot 2=	0.0	A _{φ TOT} (mm ²)=	0.00	A _{φ CAL} (mm ²)=	0.00

Registro tipo R3

n° R3=	0	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 = 0.571 rad = 32.74 °

P_{RS} = 5211.8 KN PR_s > P_{Ed} - Verifica Soddisfatta

P_{RC} = 10885.0 KN PR_c > PR_s - Verifica Soddisfatta

Le massime forze sismiche afferenti alla pila in direzione trasversale sono le seguenti:

$$P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 5010 \text{ kN}$$

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

$$P_{max} = 5010 \text{ kN}$$

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

$$B = 3,00 \text{ m}$$

$$H = 1,6 \text{ m}$$

Dati di progetto

$b(m) =$	3.00	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	5010	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	0.60	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	1.60	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	1.50	m	altezza utile
$l(m) =$	0.90	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	0.67		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

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	$\phi 1(mm) =$	22.0	$p1(cm) =$	10
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb \text{ tot } 1 =$	30.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	11403.97
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	11403.97
Registro tipo	R2				
$n^{\circ} R2 =$	0	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 2 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00
Registro tipo	R3				
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	<input type="text" value="0.983"/>	rad	=	<input type="text" value="56.31"/>	°
$P_{RS} =$	<input type="text" value="6688.4"/>	KN		<input type="text" value="PRs>PEd- Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{RC} =$	<input type="text" value="35141.5"/>	KN		<input type="text" value="PRc>PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

Il baggiolo è soggetto ad una forza orizzontale pari a:

$$P_{max} = 5010 \text{ kN}/2 = 2505 \text{ kN}$$

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

$$B = 0,80 \text{ m}$$

$$H = 0,80 \text{ m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	64 di 66

Dati di progetto

$b(m) =$	0.80	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	2505	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	0.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	0.25	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	0.80	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	0.70	m	altezza utile
$l(m) =$	0.39	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	0.62		$\lambda = \text{ctg} \psi \leq l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)
 $c(m) =$

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1				
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	26.0	$p1(cm) =$	10
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 1 =$	8.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	4247.43
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	4247.43
Registro tipo	R2				
$n^{\circ} R2 =$	0	$\phi 2(mm) =$	22.0	$p2(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb \text{ tot } 2 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00
Registro tipo	R3				
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	<input type="text" value="1.016"/>	rad	=	<input type="text" value="58.24"/>	°
$P_{RS} =$	<input type="text" value="2682.7"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{RC} =$	<input type="text" value="4566.7"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 7582 \text{ kN}$ (scarico massimo SLU appoggi)

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

$B = 3,30 \text{ m}$

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 5/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	VI 04 05 005	B	65 di 66

Dati di progetto

$b(m) =$	3.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	7582	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	227.46	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	1.55	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	1.90	m	altezza utile
$l(m) =$	1.93	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.13		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

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	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 1 =$	33.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	14928.84	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	14928.84

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	$nb \text{ tot } 2 =$	33.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	14928.84	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	14928.84

Registro tipo R3

$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN PRs > PEd - Verifica Soddisfatta

$P_{RC} =$ KN PRc > PRs - Verifica Soddisfatta

5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi in forma tabellare delle sollecitazioni massime sui pali e delle verifiche geotecniche per il viadotto in oggetto, con relativi coefficienti di sicurezza.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE	
viadotto	spalla/pila	D[mm]	npali[-]	Lpalo [m]	Nmax,c [kN]	Nmin[kN]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]
VI04	spalla A	1500	9	23.0	5399	-	3810	3611
VI04	spalla B	1500	9	23.0	5399	-	3810	3611
VI04	Pila 1	1500	12	32.0	8970	-3201	6077	5033
VI04	Pila 2	1500	12	34.0	9797	-3685	6730	5431
VI04	Pila 3	1500	9	37.0	10650	-3807	6589	5510
VI04	Pila 4	1500	12	39.0	11569	-4970	8377	6524
VI04	Pila 8	1200	9	26.0	5103	-1247	3465	3040

TAGLI E MOMENTI			CAPACITA' PORTANTE PALI							
senza scalzamento			CARICO LIMITE ORIZZONTALE		COMPRESSIONE		TRAZIONE		ESERCIZIO	
Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Hd[kN]	FS	Qd [kN]	FS	Qdt [kN]	FS	QII/1.25[kN]	FS
966	3.0	2927	1118.5	1.16	6344.0	1.18	-	-	6904.0	1.81
966	3.0	2927	1118.5	1.16	6136.0	1.14	-	-	6600.0	1.73
1259	2.8	3525	1282.5	1.02	9936.0	1.11	7725.0	2.41	11003.2	1.81
1279	2.8	3581	1282.5	1.00	10667.0	1.09	8344.0	2.26	11908.0	1.77
1136	2.8	3181	1271.0	1.12	11728.0	1.10	9271.0	2.44	13264.8	2.01
1108	2.8	3102	1248.6	1.13	12322.0	1.07	9890.0	1.99	14169.6	1.69
750	2.4	1800	1118.6	1.49	6093.0	1.19	4619.0	3.70	6684.0	1.93