

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

Cavalcaferrovia pk 13+400

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3V 40 D 09 CL IV0105 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	E. Abbasciano	Novembre 2019	A.Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	Vittozzi	Marzo 2020
B	Emissione esecutiva	E. Abbasciano	Marzo 2020	A.Ferri	Marzo 2020	F. Sparacino	Marzo 2020		

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

File: RS3V40D09CLIV0105001B.docx

n. Elabor.: 910

910

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	MATERIALI	7
3.1	VERIFICA S.L.E.	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	8
4	ANALISI E VERIFICHE PILA	10
4.1	GENERALITÀ	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	14
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i>	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	21
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	21
4.6.6	<i>Azione sismica</i>	21
4.6.7	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	26
4.6.8	<i>Riepilogo risultati</i>	26
4.7	SOLLECITAZIONI.....	28
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i>	29
4.8	PALI DI FONDAZIONE	31

RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	3 di 48

4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	32
4.9.1	<i>Pila</i>	33
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	41
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m</i>	44
5	SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE	48

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	4 di 48

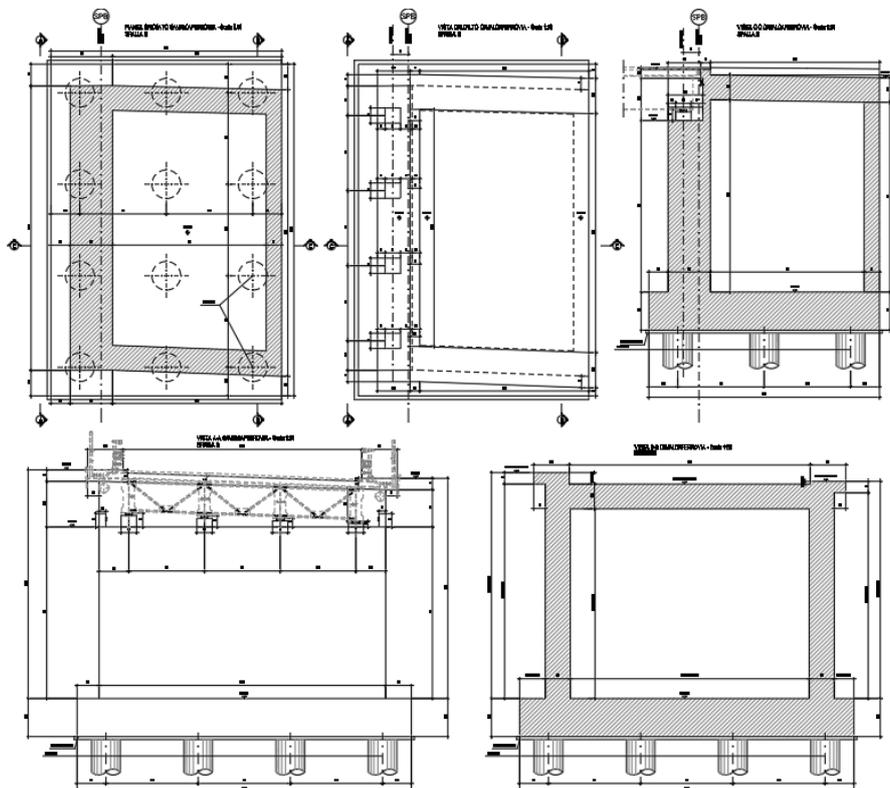
1 PREMESSA

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 cavalca ferrovia della tratta ferroviaria Nuova Enna -Dittaino, previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la pila di altezza maggiore.

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

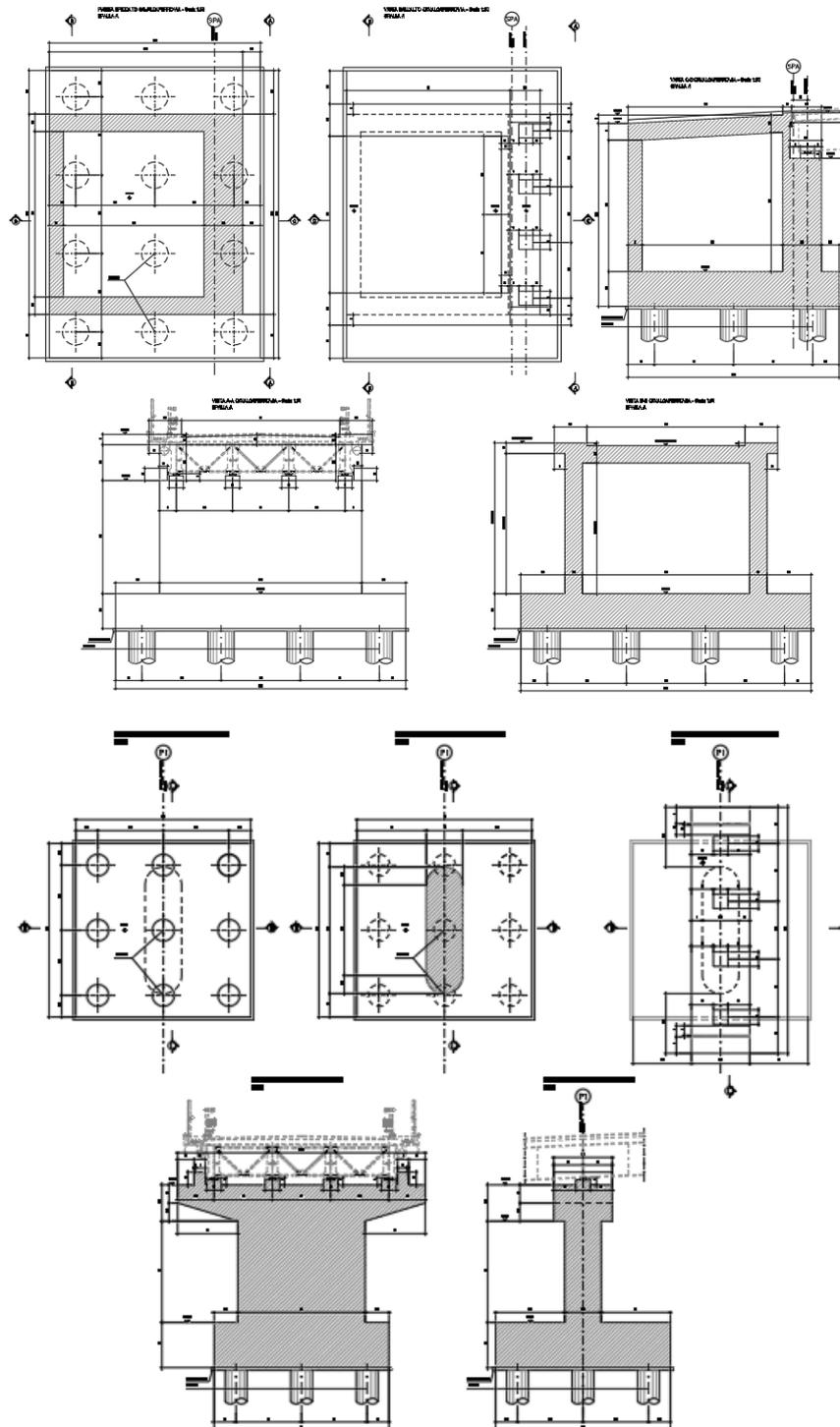
1.1 Descrizione dell'opera

Il cavalca ferrovia è in sito in corrispondenza della pk.13+400. L'impalcato in acciaio-calcestruzzo è realizzato a trave continua su 4 campate. Pile e spalle sono realizzate in c.a gettato in opera, e vengono fondate su pali di grande diametro.



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	5 di 48



2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- [N1] **Legge 05/01/1971 n°1086:** *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- [N2] **Legge 02/02/1974 n°64:** *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- [N3] **D.M. del 17 Gennaio 2018:** *Nuove norme tecniche per le costruzioni;*
- [N4] **C.M. 21/01/2019 n.7:** *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";*
- [N5] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 C del 21/12/2018:** *Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;*
- [N6] **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;*
- [N7] **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 C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- 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 ELETTRICALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

(*) : 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.

3.1 Verifica S.L.E.

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

3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	9 di 48

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare** di dimensioni 2.00x 7.00m, una altezza complessiva di 6.40m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.2x 14.50m ed altezza 2.00m.

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

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	γ_{e2} γ_{e3} γ_{e4}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tab. 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale

- Lunghezze = m
- Forze = kN

4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	20.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	9.35	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	3.2	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	14.50	m
Area Sezione		46.40	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	6.40	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	2.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	7.00	m
Area Sezione		13.14	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	0.00	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	9.60	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		0.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		0.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
S_s		1.490	
a_g		0.134	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.200	

Tabella 2 – Dati di input

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	16 di 48

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ Peso proprio strutture

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

Impalcato (sx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	28	m
Peso Proprio	G ₁	160	kN/m
Permanenti portati	G ₂	65	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	4	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R ₁	560.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R ₁	227.5	kN

Impalcato (dx)			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	48	m
Peso Proprio	G1	160	kN/m
Permanenti portati	G2	65	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	4	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	960.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	390.0	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato.

joint	888	898	897	887	
	F3	F3	F3	F3	TOT
g1	2084	1862	1862	2082	7890
g2	757	570	570	756	2653
folla	169	59	59	169	
traffico	1010	1371	1367	804	

Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente:

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio G1	987			987			987			987			0.00
Permanenti G2	664			664			664			664			0.00
Comb. Nmax Q1													0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													2.40
Comb. Nmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. Nmax Q folla													0.00
Comb. MTmax Q1													0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													2.40
Comb. MTmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. MTmax Q folla													0.00
Comb. MLmax Q1													0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													2.40
Comb. MLmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico									92				2.00
Vento Ponte Carico								160					2.70
Attrito permanente		50	50		50	50		50	50		50	50	0.00
Attrito carichi mobili		0	0		0	0		0	0		0	0	0.00
Sisma longitudinale													2.40
Sisma trasversale			0			0							2.40
Sisma verticale	0			0									0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.40
Sisma trasversale			0			0			0			0	2.40
Sisma verticale	0			0			0			0			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.40
Sisma trasversale			0			0			0			0	2.40
Sisma verticale	0			0						0			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.40
Sisma trasversale			0			0			0			0	2.40
Sisma verticale	0			0						0			0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			C			D			biz
	FZ	FX	FY										
Descrizione carico	[kN]	[m]											
Peso proprio G1	987			987			987			987			0.00
Permanenti G2	664			664			664			664			0.00
Comb. Nmax Q1	515			1031			951			275			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura													2.40
Comb. Nmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. Nmax Q folla	339			137			137			339			0.00
Comb. MTmax Q1	1056			1014			450			-106			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura													2.40
Comb. MTmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. MTmax Q folla	423			84			53			-83			0.00
Comb. MLmax Q1	0			0									0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													2.40
Comb. MLmax Q4 centrifuga													2.40
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico									184				2.00
Vento Ponte Carico									318				2.70
Attrito permanente		50	50		50	50		50	50		50	50	0.00
Attrito carichi mobili		32	32		31	31		29	29		10	10	0.00
Sisma longitudinale		0			0								2.40
Sisma trasversale			0						4500				2.40
Sisma verticale	303			303			303			303			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.40
Sisma trasversale			0			0			4963			0	2.40
Sisma verticale	303			303			303			303			0.00
Sisma longitudinale		0			0			0			0		2.40
Sisma trasversale			0			0			6750			0	2.40
Sisma verticale	303			303			303			303			0.00

Poiché il modello FEM restituisce gli inviluppi dei carichi variabili da traffico, è stato creato un modello semplificato in cui si sono applicati manualmente i carichi tandem e distribuiti come descritto nel seguito:

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	18 di 48

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

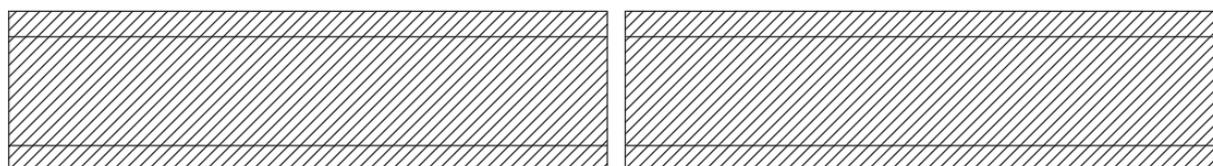
SEZIONE TRASVERSALE



IMPALCATO SX

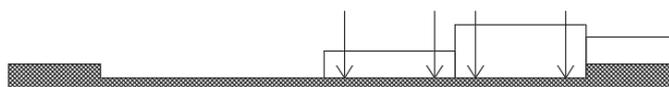
PIANTA

IMPALCATO DX



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

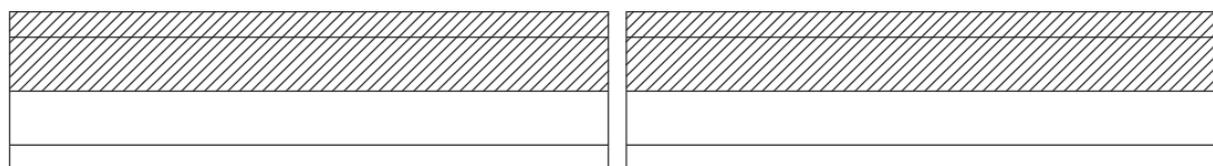
SEZIONE TRASVERSALE



IMPALCATO SX

PIANTA

IMPALCATO DX



Si può notare come i valori tra i due modelli siano congruenti.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	19 di 48

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005				
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	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	11	11	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.41	2.41	
Larghezza impalcato	b	15.8	15.8	m
Altezza impalcato	h1	2.4	2.4	m
Altezza veicolo o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	3.9	5.4	m
Rapporto di forma	b/dtot	4.05	2.93	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.30	1.62	
Riepilogo				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.41	2.41	
Coefficiente di forza	cfx	1.30	1.62	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.9	5.4	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	6.6	11.3	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.68	2.10	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	6.6	11.3	kN/m
Vento impalcato a ponte scarico				
		sx	dx	
Forza statica equivalente	f	6.6	6.6	kN/m
Luce impalcato	L	28	48	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	92	157	kN/m
Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	11.3	11.3	kN/m
Luce impalcato	L	28	48	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	159	272	kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

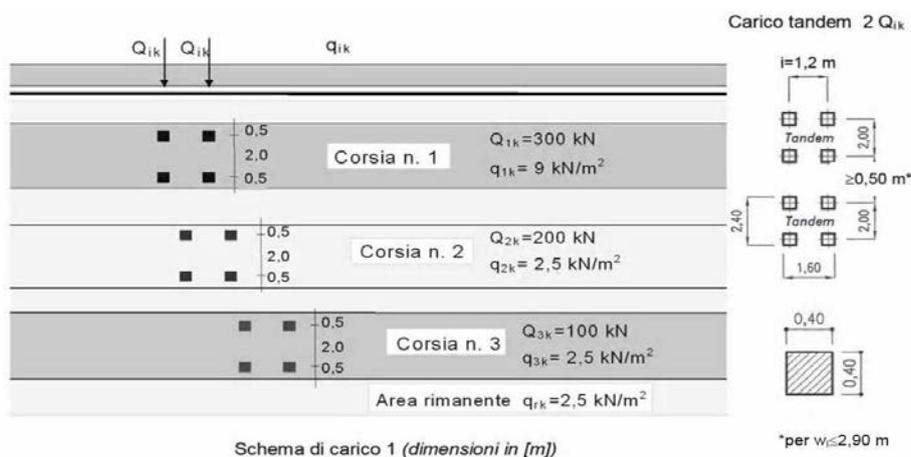
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	20 di 48

Vento su Pila e Pulvino					
Parametri	kr	0.19	0.19		
Parametri	z0	0.05	0.05	m	
Parametri	zmin	4	4	m	
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	8.40	8.4	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.24	2.24		
		dir.x	dir.x		
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.40	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	14.50	7.00	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.2	2	m	
Rapporto di forma	d/b	0.22	0.29		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.03	2.11		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1	1	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.07	0.14		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.83	0.64		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.02	1.63	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	29	44.8	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	59	73	kN	
		dir.y	dir.y		
Altezza (dir.z)	h	2.00	6.40	m	
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.2	2	m	
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	14.5	7	m	
Rapporto di forma	d/b	4.53	3.50		
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.07	1.26		
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1	1	m	
Rapporto di forma II	r/b	0.31	0.50		
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	0.50	0.50		
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	0.65	0.76	kN/mq	
Area investita dal vento	$A=b*h$	6.4	12.8	mq	
Forza statica equivalente	$F=q*A$	4	10	kN	
Riepilogo					
Vento x					
Pulvino	F	59	kN		
Pila	F	73	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.40	m		
Forza totale	F Tot	132	kN		
Vento y					
Pulvino	F	4	kN		
Pila	F	10	kN		
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	8.40	m		
Forza totale	F Tot	14	kN		

4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico veicolare.

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

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

Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore $q = 5 \text{ kN/mq}$.

4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

La pila presenta appoggi mobili per cui l'azione di frenatura è assorbita dalla spalla fissa.

4.6.6 Azione sismica

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

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

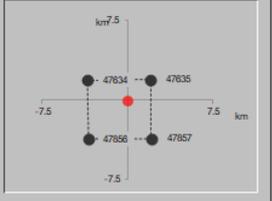
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	T_R [anni]
SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	
SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

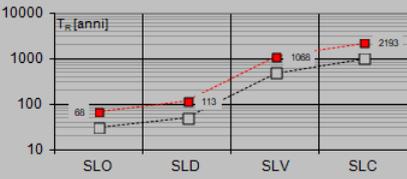
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

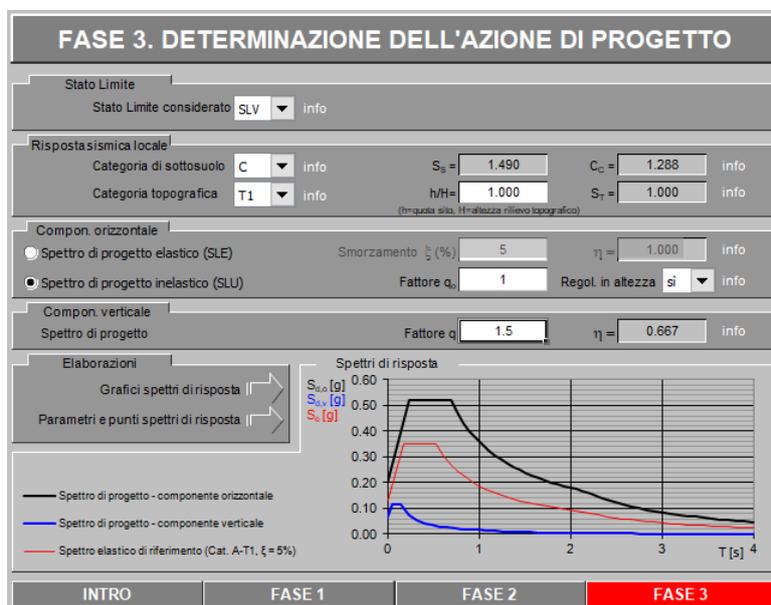


LEGENDA GRAFICO

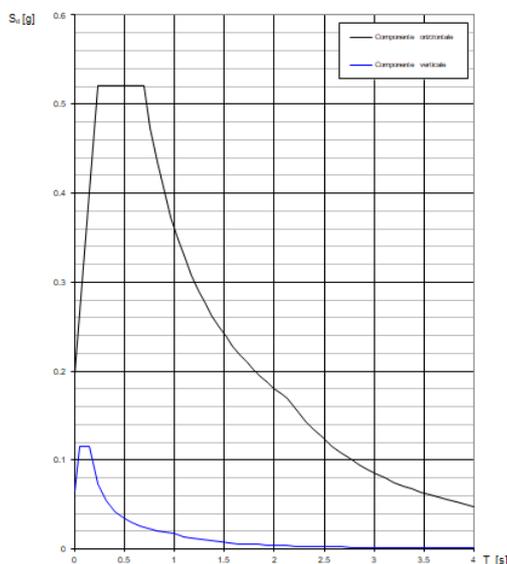
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

.....□..... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



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



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.133 g
F_n	2.620
T_c	0.539 s
S_B	1.490
C_C	1.288
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.490
η	1.000
T_B	0.231 s
T_C	0.694 s
T_D	2.133 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, per il calcolo dei periodi propri della pila, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
Cavalcaferrovia pk 13+400

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	24 di 48

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	25 di 48

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	11909	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	3021	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	14930	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2382	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	9104	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	3021	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	12125	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1821	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	9104	kN
Massa efficace pila dir. Z	mpz	3021	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mpz	12125	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	1821	kN
Verifica requisito dir. Z		no	

Inerzia Pila asse y	J _{yy}	4.0	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	45.0	m ⁴
Area Pila	A _p	13.14	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	312550011.4	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	3539351852	N/m
rigidità Pila asse z	K _z	51629285714	N/m
Periodo x	T _x	0.43	s
Periodo y	T _y	0.12	s
Periodo z	T _z	0.03	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.52	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.52	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.10	

q=1.5

Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.35	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.35	
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	0.10	

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

Tagliante direzione x	F x	0	kN
Tagliante direzione y	F y	4229	kN
Tagliante direzione z	F z	1210	kN

q=1.36

Tagliante direzione x	F x	0	kN
Tagliante direzione y	F y	4664	kN
Tagliante direzione z	F z	1210	kN

q=1

Tagliante direzione x	F x	0	kN
Tagliante direzione y	F y	6343	kN
Tagliante direzione z	F z	1210	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Cavalcaferrovia pk 13+400					
RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IV 01 05 001	REV. B	FOGLIO 26 di 48

4.6.7 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.

4.6.8 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 .

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	27 di 48

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	4423			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		132		0.00	0.00	8.40	0	1106
Vento su pila dir.y			13.8	0.00	0.00	8.40	116	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	4423			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	5760			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Rinterro	1563			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		132		0.00	0.00	10.90	0	1435
Vento su pila dir.y			13.79940016	0.00	0.00	10.90	150	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		1150		0.00	0.00	1.25	0.00	1438
Plinto sisma y			1150	0.00	0.00	1.25	1438	0
Plinto sisma z	575			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro sisma z	156			0.00	0.00	0.00	0	0

4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	17452	450	834	10160	3983
A2 - SLU - MT max gr.1	16767	450	834	19117	3983
A2 - SLU - ML max gr.1	13716	553	823	8289	4846
A2 - SLU - N max gr.2	16107	450	834	9715	3983
A2 - SLU - MT max gr.2	15798	450	834	15141	3983
A2 - SLU - ML max gr.2	13716	553	823	8289	4846
A2 - SLU - N max gr.3	16107	450	834	9715	3983
A2 - SLU - MT max gr.3	15798	450	834	15141	3983
A2 - SLU - ML max gr.3	13716	553	823	8289	4846
A2 - SLU - Vento ponte scarico	13716	505	710	6995	4390
A2 - SLU - N max gr.1	16710	373	757	9479	3302
A2 - SLU - MT max gr.1	16025	373	757	18436	3302
A2 - SLU - ML max gr.1	12975	476	746	7608	4164
A2 - SLU - N max gr.2	15366	373	757	9034	3302
A2 - SLU - MT max gr.2	15057	373	757	14460	3302
A2 - SLU - ML max gr.2	12975	476	746	7608	4164
A2 - SLU - N max gr.3	15366	373	757	9034	3302
A2 - SLU - MT max gr.3	15057	373	757	14460	3302
A2 - SLU - ML max gr.3	12975	476	746	7608	4164
A2 - SLU - Vento ponte scarico	12975	428	633	6314	3708
A1 - SLU - N max gr.1	22271	522	964	11779	4616
A1 - SLU - MT max gr.1	21468	522	964	22294	4616
A1 - SLU - ML max gr.1	17887	640	952	9585	5612
A1 - SLU - N max gr.2	20693	522	964	11257	4616
A1 - SLU - MT max gr.2	20331	522	964	17627	4616
A1 - SLU - ML max gr.2	17887	640	952	9585	5612
A1 - SLU - N max gr.3	20693	522	964	11257	4616
A1 - SLU - MT max gr.3	20331	522	964	17627	4616
A1 - SLU - ML max gr.3	17887	640	952	9585	5612
A1 - SLU - Vento ponte scarico	17887	719	956	9282	6275
A1 - SLU - N max gr.1	17360	393	836	10644	3481
A1 - SLU - MT max gr.1	16556	393	836	21159	3481
A1 - SLU - ML max gr.1	12975	512	824	8450	4476
A1 - SLU - N max gr.2	15781	393	836	10121	3481
A1 - SLU - MT max gr.2	15781	393	836	10121	3481
A1 - SLU - ML max gr.2	15419	512	824	16387	4476
A1 - SLU - N max gr.3	12975	393	836	8554	3481
A1 - SLU - MT max gr.3	15781	393	836	10121	3481
A1 - SLU - ML max gr.3	15419	512	824	16387	4476
A1 - SLU - Vento ponte scarico	12975	591	844	8624	5140
SLE Rara - N max gr.1	12975	257	679	6832	2271
SLE Rara - MT max gr.1	16223	358	653	8097	3167
SLE Rara - ML max gr.1	15627	437	645	15817	3831
SLE Rara - N max gr.2	12975	358	653	6549	3167
SLE Rara - MT max gr.2	15054	358	653	7710	3167
SLE Rara - ML max gr.2	14785	437	645	12359	3831
SLE Rara - N max gr.3	12975	358	653	6549	3167
SLE Rara - MT max gr.3	15054	358	653	7710	3167
SLE Rara - ML max gr.3	14785	437	645	12359	3831
SLE Rara - Vento ponte scarico	12975	490	658	6596	4273
SLE Freq. - N max gr.1	15411	333	333	4104	2943
SLE Freq. - MT max gr.1	14964	333	333	9946	2943
SLE Freq. - ML max gr.1	12975	333	333	2943	2943
SLE Freq. - N max gr.2	14534	333	333	3814	2943
SLE Freq. - MT max gr.2	14333	333	333	7353	2943
SLE Freq. - ML max gr.2	12975	333	333	2943	2943
SLE Freq. - N max gr.3	14534	333	333	3814	2943
SLE Freq. - MT max gr.3	14333	333	333	7353	2943
SLE Freq. - ML max gr.3	12975	333	333	2943	2943
SLE Freq. - Vento ponte scarico	12975	283	315	2893	2492
SLE Q.P. - ML max gr.3	12975	358	358	3167	3167
SLV -dir X_1	13338	277	1546	16726	2450
SLV -dir X_2	12611	277	1546	16726	2450
SLV -dir Y_1	13869	277	4507	51905	2450
SLV -dir Y_2	13142	277	4507	51905	2450
SLV -dir Z+	14836	277	1546	17036	2450
SLV -dir Z-	12412	277	1546	17036	2450
SLV -dir X_1	13338	277	1676	18196	2450
SLV -dir X_2	12611	277	1676	18196	2450
SLV -dir Y_1	13869	277	4942	56803	2450
SLV -dir Y_2	13142	277	4942	56803	2450
SLV -dir Z+	14836	277	1676	18305	2450
SLV -dir Z-	12412	277	1676	18305	2450
SLV -dir X_1	13338	277	2180	23864	2450
SLV -dir X_2	12611	277	2180	23864	2450
SLV -dir Y_1	13869	277	6622	75699	2450
SLV -dir Y_2	13142	277	6622	75699	2450
SLV -dir Z+	14836	277	2180	24174	2450
SLV -dir Z-	12412	277	2180	24174	2450

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
Cavalcaferrovia pk 13+400

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	29 di 48

4.7.1 Plinto di fondazione

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	25244	450	834	12244	5108
A2 - SLU - MT max gr.1	24559	450	834	21201	5108
A2 - SLU - ML max gr.1	21508	553	823	10346	6227
A2 - SLU - N max gr.2	23899	450	834	11799	5108
A2 - SLU - MT max gr.2	23591	450	834	17225	5108
A2 - SLU - ML max gr.2	21508	553	823	10346	6227
A2 - SLU - N max gr.3	23899	450	834	11799	5108
A2 - SLU - MT max gr.3	23591	450	834	17225	5108
A2 - SLU - ML max gr.3	21508	553	823	10346	6227
A2 - SLU - Vento ponte scarico	21508	505	710	8771	5651
A2 - SLU - N max gr.1	24033	373	757	11370	4234
A2 - SLU - MT max gr.1	23348	373	757	20328	4234
A2 - SLU - ML max gr.1	20298	476	746	9473	5354
A2 - SLU - N max gr.2	22689	373	757	10925	4234
A2 - SLU - MT max gr.2	22380	373	757	16352	4234
A2 - SLU - ML max gr.2	20298	476	746	9473	5354
A2 - SLU - N max gr.3	22689	373	757	10925	4234
A2 - SLU - MT max gr.3	22380	373	757	16352	4234
A2 - SLU - ML max gr.3	20298	476	746	9473	5354
A2 - SLU - Vento ponte scarico	20298	428	633	7897	4778
A1 - SLU - N max gr.1	32392	522	964	14190	5920
A1 - SLU - MT max gr.1	31588	522	964	24705	5920
A1 - SLU - ML max gr.1	28007	640	952	11965	7212
A1 - SLU - N max gr.2	30814	522	964	13667	5920
A1 - SLU - MT max gr.2	30452	522	964	20037	5920
A1 - SLU - ML max gr.2	28007	640	952	11965	7212
A1 - SLU - N max gr.3	30814	522	964	13667	5920
A1 - SLU - MT max gr.3	30452	522	964	20037	5920
A1 - SLU - ML max gr.3	28007	640	952	11965	7212
A1 - SLU - Vento ponte scarico	28007	719	956	11673	8073
A1 - SLU - N max gr.1	24683	393	836	12734	4464
A1 - SLU - MT max gr.1	23879	393	836	23249	4464
A1 - SLU - ML max gr.1	20298	512	824	10509	5756
A1 - SLU - N max gr.2	23105	393	836	12211	4464
A1 - SLU - MT max gr.2	23105	393	836	12211	4464
A1 - SLU - ML max gr.2	22742	512	824	18446	5756
A1 - SLU - N max gr.3	20298	393	836	10644	4464
A1 - SLU - MT max gr.3	23105	393	836	12211	4464
A1 - SLU - ML max gr.3	22742	512	824	18446	5756
A1 - SLU - Vento ponte scarico	20298	591	844	10734	6617
SLE Rara - N max gr.1	20298	257	679	8529	2912
SLE Rara - MT max gr.1	23546	358	653	9730	4062
SLE Rara - ML max gr.1	22950	437	645	17428	4923
SLE Rara - N max gr.2	20298	358	653	8182	4062
SLE Rara - MT max gr.2	22377	358	653	9343	4062
SLE Rara - ML max gr.2	22108	437	645	13971	4923
SLE Rara - N max gr.3	20298	358	653	8182	4062
SLE Rara - MT max gr.3	22377	358	653	9343	4062
SLE Rara - ML max gr.3	22108	437	645	13971	4923
SLE Rara - Vento ponte scarico	20298	490	658	8242	5497
SLE Freq. - N max gr.1	22734	333	333	4935	3774
SLE Freq. - MT max gr.1	22287	333	333	10777	3774
SLE Freq. - ML max gr.1	20298	333	333	3774	3774
SLE Freq. - N max gr.2	21857	333	333	4645	3774
SLE Freq. - MT max gr.2	21656	333	333	8184	3774
SLE Freq. - ML max gr.2	20298	333	333	3774	3774
SLE Freq. - N max gr.3	21857	333	333	4645	3774
SLE Freq. - MT max gr.3	21656	333	333	8184	3774
SLE Freq. - ML max gr.3	20298	333	333	3774	3774
SLE Freq. - Vento ponte scarico	20298	283	315	3679	3199
SLE Q.P. - ML max gr.3	20298	358	358	4062	4062
SLV -dir X_1	20881	1427	1891	21022	4579
SLV -dir X_2	19715	1427	1891	21022	4579
SLV -dir Y_1	21411	622	5657	64609	3573
SLV -dir Y_2	20245	622	5657	64609	3573
SLV -dir Z+	22891	622	1891	21332	3573
SLV -dir Z-	19004	622	1891	21332	3573
SLV -dir X_1	20881	1427	2021	22818	4579
SLV -dir X_2	19715	1427	2021	22818	4579
SLV -dir Y_1	21411	622	6092	70597	3573
SLV -dir Y_2	20245	622	6092	70597	3573
SLV -dir Z+	22891	622	2021	23128	3573
SLV -dir Z-	19004	622	2021	23128	3573
SLV -dir X_1	20881	1427	2525	29746	4579
SLV -dir X_2	19715	1427	2525	29746	4579
SLV -dir Y_1	21411	622	7772	93691	3573
SLV -dir Y_2	20245	622	7772	93691	3573
SLV -dir Z+	22891	622	2525	30056	3573
SLV -dir Z-	19004	622	2525	30056	3573

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	32392	522	964	14190	5920	4530	2668	122
AI - SLU - MT max gr.1	31588	522	964	24705	5920	4928	2092	122
AI - SLU - ML max gr.1	28007	640	952	11965	7212	4000	2224	127
AI - SLU - N max gr.2	30814	522	964	13667	5920	4331	2517	122
AI - SLU - MT max gr.2	30452	522	964	20037	5920	4585	2182	122
AI - SLU - ML max gr.2	28007	640	952	11965	7212	4000	2224	127
AI - SLU - N max gr.3	30814	522	964	13667	5920	4331	2517	122
AI - SLU - MT max gr.3	30452	522	964	20037	5920	4585	2182	122
AI - SLU - ML max gr.3	28007	640	952	11965	7212	4000	2224	127
AI - SLU - Vento ponte scarico	28007	719	956	11673	8073	4026	2198	133
AI - SLU - N max gr.1	24683	393	836	12734	4464	3539	1946	103
AI - SLU - MT max gr.1	23879	393	836	23249	4464	3936	1370	103
AI - SLU - ML max gr.1	20298	512	824	10509	5756	3008	1502	108
AI - SLU - N max gr.2	23105	393	836	12211	4464	3339	1795	103
AI - SLU - MT max gr.2	23105	393	836	12211	4464	3339	1795	103
AI - SLU - ML max gr.2	22742	512	824	18446	5756	3647	1406	108
AI - SLU - N max gr.3	20298	393	836	10644	4464	2955	1556	103
AI - SLU - MT max gr.3	23105	393	836	12211	4464	3339	1795	103
AI - SLU - ML max gr.3	22742	512	824	18446	5756	3647	1406	108
AI - SLU - Vento ponte scarico	20298	591	844	10734	6617	3059	1452	114
						4928	1370	133

Tabella 5 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	20881	1427	2021	22818	4579	3589	1052	275
SLV -dir.X 2	19715	1427	2021	22818	4579	3459	922	275
SLV -dir.Y 1	21411	622	6092	70597	3573	5813	-1055	680
SLV -dir.Y 2	20245	622	6092	70597	3573	5683	-1184	680
SLV -dir.Z+	22891	622	2021	23128	3573	3780	1307	235
SLV -dir.Z-	19004	622	2021	23128	3573	3348	875	235
						5813	-1184	680

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	20881	1427	2525	29746	4579	3909	731	322
SLV -dir.X 2	19715	1427	2525	29746	4579	3780	601	322
SLV -dir.Y 1	21411	622	7772	93691	3573	6882	-2124	866
SLV -dir.Y 2	20245	622	7772	93691	3573	6752	-2253	866
SLV -dir.Z+	22891	622	2525	30056	3573	4100	986	289
SLV -dir.Z-	19004	622	2525	30056	3573	3669	555	289
						6882	-2253	866

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	20298	257	679	8529	2912	2785	1726	81
SLE Rara - MT max gr.1	23546	358	653	9730	4062	3255	1978	83
SLE Rara - ML max gr.1	22950	437	645	17428	4923	3585	1515	87
SLE Rara - N max gr.2	20298	358	653	8182	4062	2822	1688	83
SLE Rara - MT max gr.2	22377	358	653	9343	4062	3107	1866	83
SLE Rara - ML max gr.2	22108	437	645	13971	4923	3331	1582	87
SLE Rara - N max gr.3	20298	358	653	8182	4062	2822	1688	83
SLE Rara - MT max gr.3	22377	358	653	9343	4062	3107	1866	83
SLE Rara - ML max gr.3	22108	437	645	13971	4923	3331	1582	87
SLE Rara - Vento ponte scarico	20298	490	658	8242	5497	2891	1619	91
						3585	1515	91

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	33 di 48

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	11.3	11.3	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	γ_{Rd}	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	277	6622	kN
Momento agente (q=1)	M	2450	75699	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	277	4507	kN
Momento agente (con q)	MEd	2450	51905	kN*m
Momento Resistente	MRd	17336	126308	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	7.08	2.43	
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	277	6622	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	1959	10967	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	277	6622	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	277	6622	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.00	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	34 di 48

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	250.0	100.0
2	321.0	71.0
3	351.0	0.0
4	321.0	-71.0
5	250.0	-100.0
6	-250.0	-100.0
7	-321.0	-71.0
8	-350.0	0.0
9	-321.0	71.0
10	-250.0	100.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	248.2	91.0	26
2	314.2	64.1	26
3	341.2	0.0	26
4	314.2	-64.1	26
5	248.2	-91.0	26
6	-248.2	-91.0	26
7	-314.1	-64.1	26
8	-340.3	0.0	26
9	-314.1	64.1	26
10	-248.2	91.0	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	1	2	5	26
2	2	3	6	26
3	3	4	6	26
4	4	5	5	26
5	5	6	48	26
6	6	7	5	26
7	7	8	6	26
8	8	9	6	26
9	9	10	5	26
10	10	1	48	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	35 di 48

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 6.5 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
	N	Mx	My	Vy	Vx
	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				
1	22271.00	4616.00	11779.00	522.00	964.00
2	21468.00	4616.00	22294.00	522.00	964.00
3	17887.00	5612.00	9585.00	640.00	952.00
4	20693.00	13395.00	11257.00	1302.00	964.00
5	20331.00	4616.00	17627.00	522.00	964.00
6	17887.00	5612.00	9585.00	640.00	952.00
7	20693.00	4616.00	11257.00	522.00	964.00
8	20331.00	4616.00	17627.00	522.00	964.00
9	17887.00	5612.00	9585.00	640.00	952.00
10	17887.00	6275.00	9282.00	719.00	956.00
11	17360.00	3481.00	10644.00	393.00	836.00
12	16556.00	3481.00	21159.00	393.00	836.00
13	12975.00	4476.00	8450.00	512.00	824.00
14	15781.00	12259.00	10121.00	1174.00	836.00
15	15781.00	12259.00	10121.00	1174.00	836.00
16	15419.00	4476.00	16387.00	512.00	824.00
17	12975.00	3481.00	8554.00	393.00	836.00
18	15781.00	3481.00	10121.00	393.00	836.00
19	15419.00	4476.00	16387.00	512.00	824.00
20	12975.00	5140.00	8624.00	591.00	844.00
21	13338.00	2450.00	16726.00	277.00	1546.00
22	12611.00	2450.00	16726.00	277.00	1546.00
23	13869.00	2450.00	51905.00	277.00	6622.00
24	13142.00	2450.00	51905.00	277.00	4507.00
25	14836.00	3750.00	17036.00	392.00	1546.00
26	12412.00	3750.00	17036.00	392.00	1546.00

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	12975.00	2271.00	6832.00
2	16223.00	3167.00	8097.00
3	15627.00	3831.00	15817.00
4	12975.00	3167.00	6549.00
5	15054.00	9670.00	7710.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	36 di 48

6	14785.00	3831.00	12359.00
7	12975.00	3167.00	6549.00
8	15054.00	3167.00	7710.00
9	14785.00	3831.00	12359.00
10	12975.00	4273.00	6596.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	15411.00	2943.00 (0.00)	4104.00 (0.00)
2	14964.00	2943.00 (209539.97)	9946.00 (708149.68)
3	12975.00	2943.00 (0.00)	2943.00 (0.00)
4	14534.00	7820.00 (30569.60)	3814.00 (14909.52)
5	14333.00	2943.00 (0.00)	7353.00 (0.00)
6	12975.00	2943.00 (0.00)	2943.00 (0.00)
7	14534.00	2943.00 (0.00)	3814.00 (0.00)
8	14333.00	2943.00 (0.00)	7353.00 (0.00)
9	12975.00	2943.00 (0.00)	2943.00 (0.00)
10	12975.00	2492.00 (0.00)	2893.00 (0.00)

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	12975.00	3167.00 (0.00)	3167.00 (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:	7.3 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	-----------

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	37 di 48

1	S	22271.00	4616.00	11779.00	22270.75	36414.51	92773.86	7.88796.4(385.4)
2	S	21468.00	4616.00	22294.00	21468.03	25687.42	122214.30	5.48796.4(385.4)
3	S	17887.00	5612.00	9585.00	17886.75	38242.63	65657.48	6.84796.4(385.4)
4	S	20693.00	13395.00	11257.00	20693.07	43590.61	36693.86	3.26796.4(385.4)
5	S	20331.00	4616.00	17627.00	20331.00	29457.48	111282.78	6.32796.4(385.4)
6	S	17887.00	5612.00	9585.00	17886.75	38242.63	65657.48	6.84796.4(385.4)
7	S	20693.00	4616.00	11257.00	20693.02	36074.46	88930.64	7.89796.4(385.4)
8	S	20331.00	4616.00	17627.00	20331.00	29457.48	111282.78	6.32796.4(385.4)
9	S	17887.00	5612.00	9585.00	17886.75	38242.63	65657.48	6.84796.4(385.4)
10	S	17887.00	6275.00	9282.00	17887.01	39328.18	57827.82	6.24796.4(385.4)
11	S	17360.00	3481.00	10644.00	17359.93	31665.25	96017.17	9.03796.4(385.4)
12	S	16556.00	3481.00	21159.00	16555.74	19465.50	121051.44	5.72796.4(385.4)
13	S	12975.00	4476.00	8450.00	12975.02	34500.50	65434.45	7.73796.4(385.4)
14	S	15781.00	12259.00	10121.00	15780.99	40223.42	33208.90	3.28796.4(385.4)
15	S	15781.00	12259.00	10121.00	15780.99	40223.42	33208.90	3.28796.4(385.4)
16	S	15419.00	4476.00	16387.00	15419.18	27874.68	102383.63	6.25796.4(385.4)
17	S	12975.00	3481.00	8554.00	12975.29	32022.79	79227.67	9.25796.4(385.4)
18	S	15781.00	3481.00	10121.00	15781.15	31467.90	91705.72	9.06796.4(385.4)
19	S	15419.00	4476.00	16387.00	15419.18	27874.68	102383.63	6.25796.4(385.4)
20	S	12975.00	5140.00	8624.00	12974.91	35452.38	58882.09	6.84796.4(385.4)
21	S	13338.00	2450.00	16726.00	13337.99	17336.03	116304.14	6.96796.4(385.4)
22	S	12611.00	2450.00	16726.00	12610.84	17199.03	114747.84	6.86796.4(385.4)
23	S	13869.00	2450.00	51905.00	13869.16	6008.89	126308.48	2.43796.4(385.4)
24	S	13142.00	2450.00	51905.00	13141.99	5980.49	124659.51	2.40796.4(385.4)
25	S	14836.00	3750.00	17036.00	14836.13	24092.46	109437.60	6.42796.4(385.4)
26	S	12412.00	3750.00	17036.00	12411.85	23269.64	104865.24	6.16796.4(385.4)

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	250.0	100.0	0.00315	248.2	91.0	-0.00825	-248.2	-91.0
2	0.00350	321.0	71.0	0.00323	314.2	64.1	-0.00889	-314.1	-64.1
3	0.00350	250.0	100.0	0.00305	248.2	91.0	-0.00953	-248.2	-91.0
4	0.00350	250.0	100.0	0.00291	248.2	91.0	-0.01115	-248.2	-91.0
5	0.00350	321.0	71.0	0.00319	314.2	64.1	-0.00895	-314.1	-64.1
6	0.00350	250.0	100.0	0.00305	248.2	91.0	-0.00953	-248.2	-91.0
7	0.00350	250.0	100.0	0.00314	248.2	91.0	-0.00851	-248.2	-91.0
8	0.00350	321.0	71.0	0.00319	314.2	64.1	-0.00895	-314.1	-64.1
9	0.00350	250.0	100.0	0.00305	248.2	91.0	-0.00953	-248.2	-91.0
10	0.00350	250.0	100.0	0.00301	248.2	91.0	-0.00997	-248.2	-91.0
11	0.00350	250.0	100.0	0.00315	248.2	91.0	-0.00913	-248.2	-91.0
12	0.00350	321.0	71.0	0.00323	314.2	64.1	-0.01038	-314.1	-64.1
13	0.00350	250.0	100.0	0.00303	248.2	91.0	-0.01038	-248.2	-91.0
14	0.00350	250.0	100.0	0.00284	248.2	91.0	-0.01279	-248.2	-91.0
15	0.00350	250.0	100.0	0.00284	248.2	91.0	-0.01279	-248.2	-91.0
16	0.00350	250.0	100.0	0.00317	248.2	91.0	-0.00988	-248.2	-91.0
17	0.00350	250.0	100.0	0.00309	248.2	91.0	-0.00995	-248.2	-91.0
18	0.00350	250.0	100.0	0.00314	248.2	91.0	-0.00939	-248.2	-91.0
19	0.00350	250.0	100.0	0.00317	248.2	91.0	-0.00988	-248.2	-91.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	38 di 48

20	0.00350	250.0	100.0	0.00299	248.2	91.0	-0.01077	-248.2	-91.0
21	0.00350	321.0	71.0	0.00322	314.2	64.1	-0.01140	-314.1	-64.1
22	0.00350	321.0	71.0	0.00322	314.2	64.1	-0.01158	-314.1	-64.1
23	0.00350	351.0	0.0	0.00325	341.2	0.0	-0.01401	-340.3	0.0
24	0.00350	351.0	0.0	0.00325	341.2	0.0	-0.01426	-340.3	0.0
25	0.00350	321.0	71.0	0.00320	314.2	64.1	-0.01015	-314.1	-64.1
26	0.00350	321.0	71.0	0.00318	314.2	64.1	-0.01072	-314.1	-64.1

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	0.000009430	0.000036928	-0.002550288	----	----
2	0.000014065	0.000025580	-0.002831068	----	----
3	0.000007496	0.000048688	-0.003242723	----	----
4	0.000004654	0.000064583	-0.004121835	----	----
5	0.000012943	0.000031321	-0.002878554	----	----
6	0.000007496	0.000048688	-0.003242723	----	----
7	0.000009376	0.000038434	-0.002687334	----	----
8	0.000012943	0.000031321	-0.002878554	----	----
9	0.000007496	0.000048688	-0.003242723	----	----
10	0.000006765	0.000052868	-0.003477940	----	----
11	0.000011375	0.000036448	-0.002988448	----	----
12	0.000017164	0.000022042	-0.003574704	----	----
13	0.000008468	0.000050592	-0.003676154	----	----
14	0.000004787	0.000072816	-0.004978210	----	----
15	0.000004787	0.000072816	-0.004978210	----	----
16	0.000013733	0.000034248	-0.003357919	----	----
17	0.000010296	0.000043558	-0.003429727	----	----
18	0.000011264	0.000038119	-0.003127761	----	----
19	0.000013733	0.000034248	-0.003357919	----	----
20	0.000007702	0.000054645	-0.003890030	----	----
21	0.000018865	0.000021574	-0.004087463	----	----
22	0.000019100	0.000021843	-0.004181922	----	----
23	0.000025331	0.000008452	-0.005391220	----	----
24	0.000025695	0.000008574	-0.005518786	----	----
25	0.000015372	0.000028804	-0.003479502	----	----
26	0.000016006	0.000029993	-0.003767420	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
Passo staffe: 6.5 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.[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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	39 di 48

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	744.29	28001.67	2587.52190.5	171.0	462.5	2.500	1.092	4.4	15.5(0.0)
2	S	921.88	20436.16	2716.74205.5	179.6	322.5	2.500	1.089	5.2	15.5(0.0)
3	S	777.41	33681.06	2625.78188.3	173.5	557.4	2.500	1.074	4.6	15.5(0.0)
4	S	1367.92	37653.48	2615.98186.8	172.9	618.8	2.500	1.086	8.1	15.5(0.0)
5	S	850.60	22195.09	2630.38197.0	173.9	363.3	2.500	1.084	5.0	15.5(0.0)
6	S	777.41	33681.06	2625.78188.3	173.5	557.4	2.500	1.074	4.6	15.5(0.0)
7	S	735.60	28010.43	2591.40190.0	171.3	464.7	2.500	1.086	4.4	15.5(0.0)
8	S	850.60	22195.09	2630.38197.0	173.9	363.3	2.500	1.084	5.0	15.5(0.0)
9	S	777.41	33681.06	2625.78188.3	173.5	557.4	2.500	1.074	4.6	15.5(0.0)
10	S	834.52	35839.04	2632.31187.9	174.0	591.7	2.500	1.074	4.9	15.5(0.0)
11	S	624.21	24017.14	2603.73192.1	172.1	401.7	2.500	1.072	3.7	15.5(0.0)
12	S	823.72	17891.93	2961.59222.5	195.7	263.9	2.500	1.069	4.3	15.5(0.0)
13	S	641.00	29931.88	2630.56188.2	173.9	504.0	2.500	1.054	3.8	15.5(0.0)
14	S	1226.31	36923.35	2647.82187.2	175.0	611.0	2.500	1.065	7.2	15.5(0.0)
15	S	1226.31	36923.35	2647.82187.2	175.0	611.0	2.500	1.065	7.2	15.5(0.0)
16	S	781.89	21095.48	2637.35195.8	174.3	351.0	2.500	1.064	4.6	15.5(0.0)
17	S	574.76	25590.11	2609.81189.2	172.5	434.4	2.500	1.054	3.4	15.5(0.0)
18	S	613.79	24076.22	2604.63191.3	172.2	405.0	2.500	1.065	3.6	15.5(0.0)
19	S	781.89	21095.48	2637.35195.8	174.3	351.0	2.500	1.064	4.6	15.5(0.0)
20	S	703.01	32459.96	2647.65188.2	175.0	543.1	2.500	1.054	4.1	15.5(0.0)
21	S	1226.20	17096.55	3087.92230.3	204.1	244.9	2.500	1.055	6.1	15.5(0.0)
22	S	1226.20	17016.71	3091.80230.2	204.4	244.2	2.500	1.052	6.1	15.5(0.0)
23	S	6369.22	25720.40	6474.82458.4	427.9	175.4	2.500	1.057	15.2	15.5(0.0)
24	S	4362.96	25522.32	6473.90458.0	427.9	174.5	2.500	1.054	10.4	15.5(0.0)
25	S	1073.72	19004.09	2719.39203.5	179.7	307.3	2.500	1.061	6.1	15.5(0.0)
26	S	1073.72	18417.84	2725.24203.1	180.1	300.0	2.500	1.051	6.1	15.5(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [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	1.74	250.0	100.0	2.3	-248.2	-91.0	----	----
2	S	2.22	250.0	100.0	2.3	-248.2	-91.0	----	----
3	S	2.75	250.0	100.0	-7.2	-248.2	-91.0	2257	58.4
4	S	1.91	250.0	100.0	0.0	-248.2	-91.0	271	5.3
5	S	3.98	250.0	100.0	-33.1	-248.2	-91.0	6667	169.9
6	S	2.49	250.0	100.0	-4.9	-248.2	-91.0	1328	47.8
7	S	1.91	250.0	100.0	0.0	-248.2	-91.0	271	5.3
8	S	2.12	250.0	100.0	1.3	-248.2	-91.0	----	----
9	S	2.49	250.0	100.0	-4.9	-248.2	-91.0	1328	47.8
10	S	2.16	250.0	100.0	-3.6	-248.2	-91.0	443	10.6

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 fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	40 di 48

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	433	0.009 (0.20)	25106.82	103658.19
4	S	0.00000	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	487	0.000 (0.20)	153361.22	317133.76
5	S	-0.00018	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	435	0.043 (0.20)	22427.97	17882.08
6	S	-0.00003	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	385	0.006 (0.20)	32820.72	105881.32
7	S	0.00000	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	487	0.000 (0.20)	153361.22	317133.76
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
9	S	-0.00003	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	385	0.006 (0.20)	32820.72	105881.32
10	S	-0.00002	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	446	0.005 (0.20)	44423.36	68573.95

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	1.92	250.0	100.0	5.0	-248.2	-91.0	----	----
2	S	2.17	250.0	100.0	0.2	-248.2	-91.0	0	0.0
3	S	1.69	250.0	100.0	3.3	-248.2	-91.0	----	----
4	S	3.05	250.0	100.0	-15.2	-248.2	-91.0	4311	143.4
5	S	2.00	250.0	100.0	1.5	-248.2	-91.0	----	----
6	S	1.69	250.0	100.0	3.3	-248.2	-91.0	----	----
7	S	1.84	250.0	100.0	4.3	-248.2	-91.0	----	----
8	S	2.00	250.0	100.0	1.5	-248.2	-91.0	----	----
9	S	1.69	250.0	100.0	3.3	-248.2	-91.0	----	----
10	S	1.59	250.0	100.0	4.6	-248.2	-91.0	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	0	0.002 (0.20)	209539.97	708149.68
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	-0.00009	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	395	0.018 (0.20)	30569.60	14909.52
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.74	250.0	100.0	2.5	-248.2	-91.0	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	41 di 48

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 :

$$N_{\max} = 4928 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5813 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 680 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

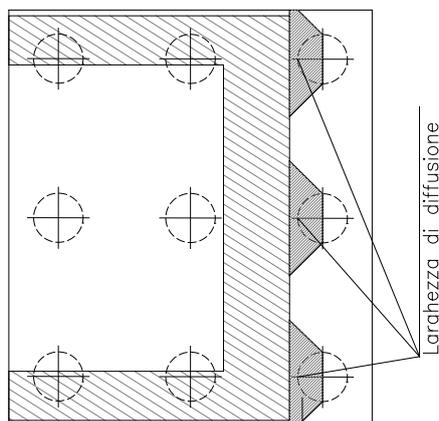


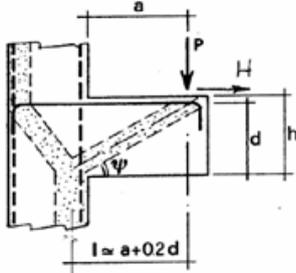
Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	42 di 48

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

P_{Rc} : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

- 1 $P_R \geq P_{Ed}$
- 2 $\quad \geq P_{R_s}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	43 di 48

Dati di progetto

$b(m) =$	3.60	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	5813.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	680.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	2.85	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.50	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.40	m	altezza utile
$l(m) =$	3.33	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.54		$\lambda = ctg\psi \geq l/(0,9d)$

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

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	$nb\ tot\ 1 =$	36.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	16286.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	16286.00
Registro tipo	R2						
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 2 =$	36.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	16286.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	16286.00
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	$nb\ tot\ 3 =$	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 $L=35.0m$

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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 6882 \text{ kN} \quad T = 866 \text{ kN} \quad M = 866 * 2.7 = 2339 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -2253 \text{ kN} \quad T = 866 \text{ kN} \quad M = 866 * 2.7 = 2339 \text{ kNm}$$

$$N = -2253 \text{ kN} \quad T = 866 \text{ kN} \quad M_{\max} = 866 * 2.7 = 2339 \text{ kNm}$$

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 $L = 35.00m$

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

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	45 di 48

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 equidistanti disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	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	6882.00	2339.00	0.00	866.00	0.00
2	-2253.00	2339.00	0.00	866.00	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	3585.00	246.00	0.00
2	1515.00	246.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x 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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	46 di 48

N°Comb.	N	Mx	My
1	3150.00	141.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	1803.00	141.00 (0.00)	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 [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6882.00	2339.00	0.00	6881.89	4917.54	0.00	2.10	276.1(33.9)
2	S	-2253.00	2339.00	0.00	-2252.95	3574.75	0.00	1.53	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	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione 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	0.00300	0.0	51.0	-0.00270	0.0	-51.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00248	0.0	51.0	-0.00911	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	0.000055833	0.000149996	----	----
2	0.000000000	0.000113561	-0.003313677	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	47 di 48

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	866.00	2392.85	2762.19	92.8 72.3	108.4	2.500	1.250	12.2	39.0(0.0)
2	S	866.00	2150.32	3316.18	96.3 86.8	101.4	2.500	1.000	10.2	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	3.30	0.0	0.0	22.3	0.0	-51.0	----	----
2	S	1.96	0.0	0.0	2.2	0.0	-51.0	----	----

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

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

Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
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]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 CL	IV 01 05 001	B	48 di 48

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.60	0.0	0.0	23.4	0.0	-51.0	----	----
2	S	1.73	0.0	0.0	10.3	0.0	-51.0	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

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]
IV01	spalla A	1500	12	27.0	5038	-878	3260	-
IV01	spalla B	1500	12	28.0	5301	-	4245	-
IV01	Pila	1200	9	35.0	5813	-1184	3585	-

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
883	3.4	3002	1179.8	1.34	6500.0	1.29	4916.0	5.60	7600.8	2.33
602	3.4	2047	883.4	1.47	6818.0	1.29	-	-	8052.8	1.90
866	2.7	2338	880.7	1.02	6550.0	1.13	-	-	8976.0	2.50