

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA (LOTTO 5)

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 CL VI0305 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Approvato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vittozzi		Novembre 2019

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

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3	MATERIALI	9
3.1	VERIFICA S.L.E.	10
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	10
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	10
4	ANALISI E VERIFICHE PILA	12
4.1	GENERALITÀ	12
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE	12
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	12
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	16
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA	17
4.6	ANALISI DEI CARICHI	18
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	18
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	18
4.6.3	<i>Azione del Vento</i>	21
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	23
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i>	24
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	24
4.6.7	<i>Azione sismica</i>	26
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	30
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i>	30
4.7	SOLLECITAZIONI	32

4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i>	33
4.8	PALI DI FONDAZIONE	34
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	35
4.9.1	<i>Pila</i>	38
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i>	44
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m</i>	47

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 **VI03** della tratta ferroviaria Dittaino-Catenanuova, 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 18** che presenta l'**altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcati afferenti**.

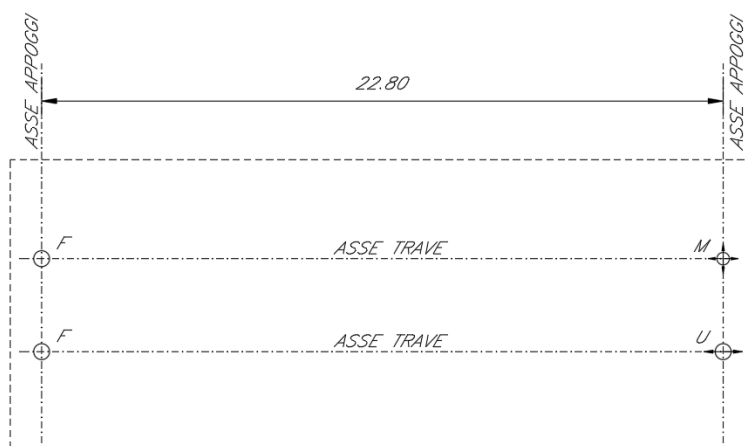
Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto ferroviario VI03 ha una lunghezza totale di circa 780 m, è costituito da 18 impalcati in c.a.p da 25m, 7 in sezione mista acciaio/cls di luce 40m ed 1 in sezione mista acciaio/cls di luce 50m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

Pile e spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.



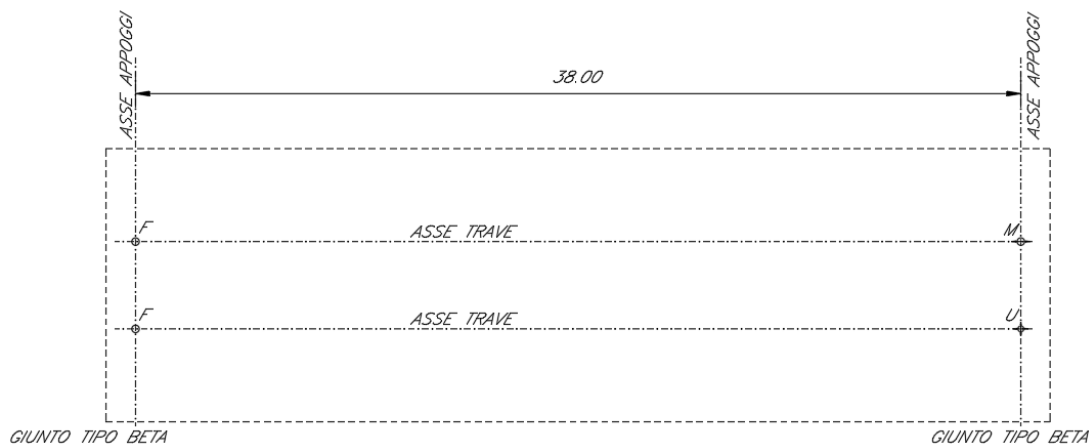
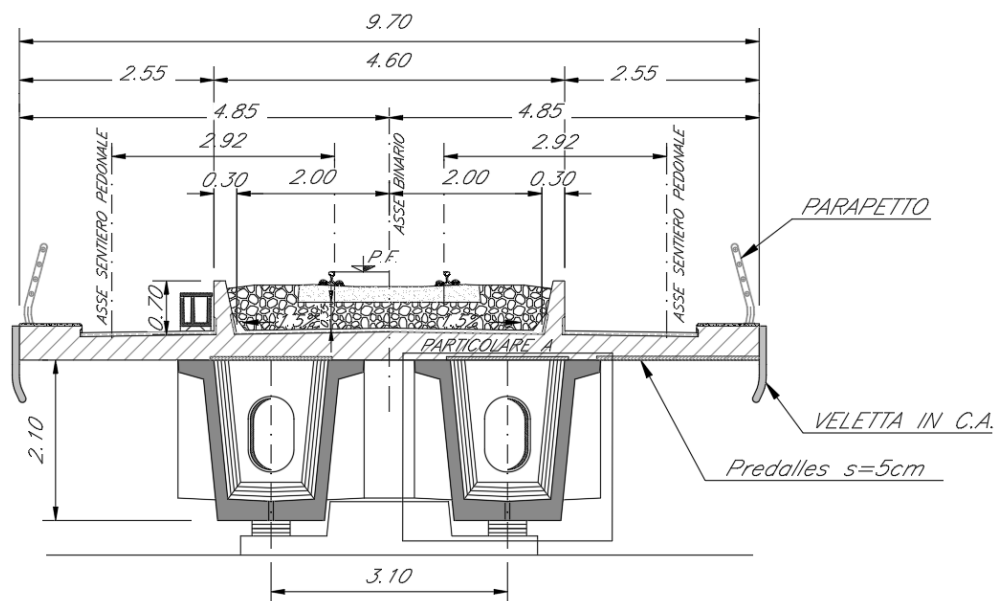


Figura 1: schema appoggi impalcati sx e dx



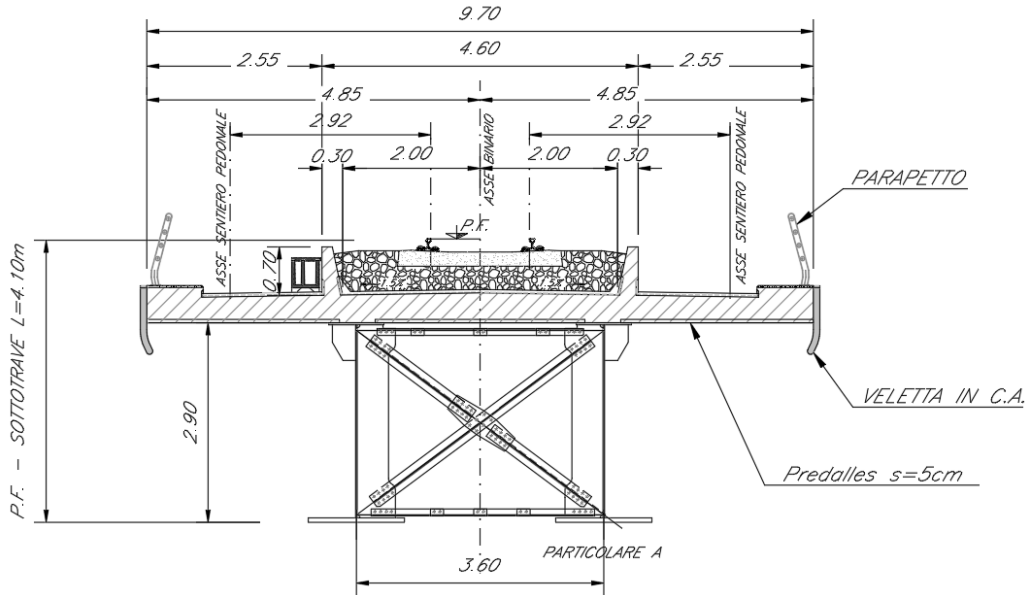
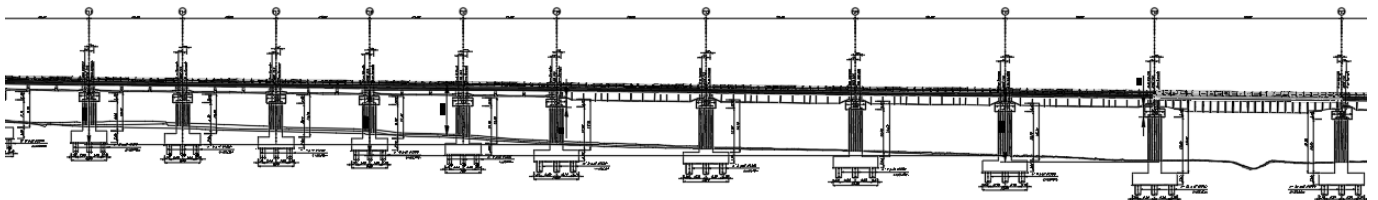
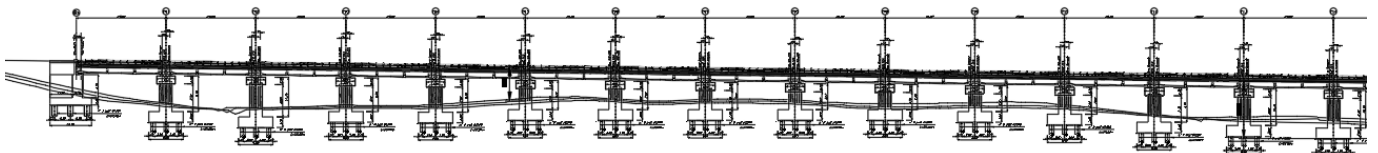


Figura 2: sezione trasversale impalcato sx edx

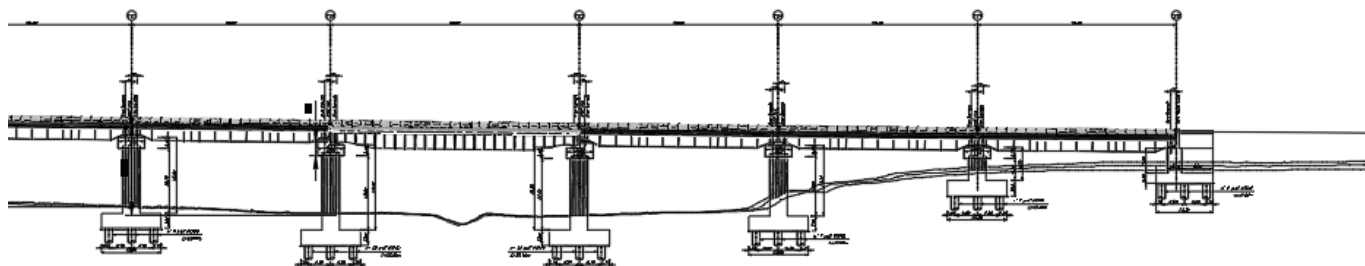
1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.



RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	7 di 52



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 003	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- o 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 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 ELETTRISALDATE

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", 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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	11 di 52

		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 14.1.2008, 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. 617/09.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	12 di 52

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **circolare** di diametro 4.5m, una altezza complessiva di 11.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 5.3x 8.00m ed altezza 2.50m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50 m collegate in testa da una platea di spessore 3.00m.

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 NTC08, 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	EQU ⁽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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 003 A 16 di 52

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	0.00	0.40	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	0.00	0.80	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	0.00	0.80	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	0.00	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	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_{sp}	0.45	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	14.95	m
Pulvino			
Altezza	H_p	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	5.3	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	8.00	m
Area Sezione		42.40	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	0.00	m
Pila			
Altezza	H_m	11.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	4.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	4.50	m
Area Sezione		15.90	m ²
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	x_{m1}	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse pila (dx)	x_{m2}	1.20	m
Plinto			
Altezza	H_f	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.20	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	<input type="checkbox"/>	$K_0 = 0.426$	<input type="checkbox"/>
Sisma			
S_s		1.477	
a_g		0.145	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.214	

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	40	m
Peso Proprio	G ₁	131	kN/m
Permanenti portati	G ₂	120	kN/m
Ballast	G ₂	0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n	R _i	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n	R _i	1200.0	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 impalcati venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 09 CL VI 03 05 003 A 19 di 52

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	1875	1.1	1	1.20	1638	2254
2	0.470	-1.55	1239	1875	1.1	1	1.20	1638	2254
dx									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
2	0.470	-1.8	1841	1925	1.1	1	1.09	2212	2102
dx ML max									
SEZIONE MISTA 40 ML SINGOLO BINARIO									
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α SW2	$\phi 3$	REAZ. LM71	REAZ. SW2
1	0.530	1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960
2	0.470	-1.8	2137	2710	1.1	1	1.09	2567	2960

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	1195			1059			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		3.30
Comb. Nmax Q centrifuga			119			119	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			165			165	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						0	3.30
Vento Ponte Scarico			111			111	3.30
Vento Ponte Carico			184			184	3.65
Attrito permanente		53	53		53	53	0.00
Attrito carichi mobili		36	36		32	32	0.00
q=1.5	Sisma longitudinale						2.50
	Sisma trasversale			1247		1247	2.50
	Sisma verticale	364			364		0.00
q=1.36	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1375		1375	2.50
	Sisma verticale	364			364		0.00
q=1	Sisma longitudinale		0			0	2.50
	Sisma trasversale			1871		1871	2.50
	Sisma verticale	364			364		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	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1114			988			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MTmax Qv	1172			1040			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga			217			217	4.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	3.00
Comb. MLmax Qv	1569			1391			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga			142			142	4.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			178			178	3.15
Vento Ponte Carico			295			295	3.50
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		47	47		42	42	0.00
q=1,5	Sisma longitudinale		2762		2762		2.30
	Sisma trasversale			1247		1247	2.30
	Sisma verticale	364			364		0.00
q=1,36	Sisma longitudinale		3046		3046		2.30
	Sisma trasversale			1375		1375	2.30
	Sisma verticale	364			364		0.00
q=1	Sisma longitudinale		4143		4143		2.30
	Sisma trasversale			1871		1871	2.30
	Sisma verticale	364			364		0.00

4.6.3 Azione del Vento

Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005					
Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico		
Altitudine sul livello del mare	as	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	
	aR	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	$qb=0.5*ρ*vb^2$	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	18	18	m	
Coefficiente di topografia	ct	1	1		
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.74	2.74		
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m	
Altezza impalcato	h1	4.5	5.2	m	
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m	
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	6	9.2	m	
Rapporto di forma	b/dtot	1.62	1.05		
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.02	2.18		
Riepilogo					
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq	
Coefficiente di esposizione	ce	2.74	2.74		
Coefficiente di forza	cfx	2.02	2.18		
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	9.2	m	
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	17.7	29.5	kN/m	
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.96	3.20	kN/mq	
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq	
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	17.7	29.5	kN/m	
Vento impalcato a ponte scarico					
		sx	dx		
Forza statica equivalente	f	17.7	17.7	kN/m	
Luce impalcato	L	25	40	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	222	355	kN/m	
Vento impalcato a ponte carico					
Forza statica equivalente	f	29.5	29.5	kN/m	
Luce impalcato	L	25	40	m	
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	368	589	kN/m	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	22 di 52

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	14.00	14	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.57	2.57	
		dir.x	dir.x	
Altezza (dir.z)	h	2.50	11.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.00	4.50	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	5.3	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	0.66	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.38	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	3.28	1.48	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	20	51.75	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	66	77	kN
		dir.y	dir.y	
Altezza (dir.z)	h	2.50	11.50	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	5.3	4.5	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8	4.5	m
Rapporto di forma	d/b	1.51	1.00	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.86	2.15	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	0	2.25	m
Rapporto di forma II	r/b	0.00	0.50	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	Ψ	1.00	0.50	
Pressione di riferimento	$q=\Psi*cfx*ce*qb$	2.56	1.48	kN/mq
Area investita dal vento	$A=b*h$	13.25	51.75	mq
Forza statica equivalente	$F=q*A$	34	77	kN
Riepilogo				
Vento x				
Pulvino	F	66	kN	
Pila	F	77	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	14.00	m	
Forza totale	F Tot	142	kN	
Vento y				
Pulvino	F	34	kN	
Pila	F	77	kN	
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	14.00	m	
Forza totale	F Tot	110	kN	

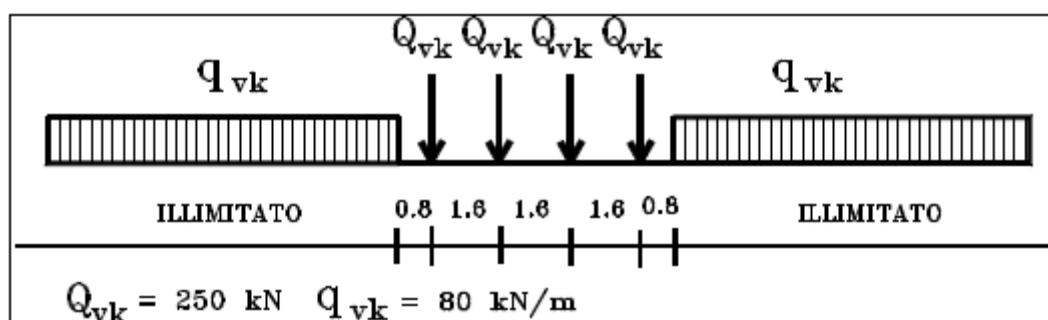
4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 2008 (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

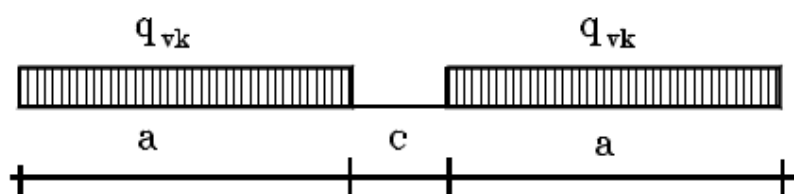
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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 2008 (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 14.1.2008 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	40	m
Lcalc	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Qlb,k	880	per Treno LM 71
Qlb,k	660	per Treno SW/0
Qlb,k	1155	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	880	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	660	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1155	kN

Aviamento		
L	40	m
Lcalc	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Qla,k	1452	per Treno LM 71
Qla,k	1089	per Treno SW/0
Qla,k	1089	per SW/2
Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	1000	kN
Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	25 di 52

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	750	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	80	kN/m	qvk	133	kN/m			
α	1	Per V>120 km/h	α	1.1				
α	1.1	Per V<120 km/h			qvk	150	kN/m	
					α	1		
Qtk	265	Per V>120 km/h						
	200	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	265							
qtk	21	Per V>120 km/h	qtk	18	Per V=100 km/h	qtk	19	Per V=100 km/h
	16	Per V<120 km/h						
qtk scelto	21							
L calc= L-6.4m	18.6	m	L calc	19.7	m	L calc	25	m
qtk*Lcalc	394	kN	qtk*Lcalc	364	kN	qtk*Lcalc	473	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	329	kN	FT= qtk*Lcalc /2	182		FT= qtk*Lcalc /2	237	

Forza centrifuga dx

L	40	m	L ₀	38	m
velocità di progetto	160	km/h	ø3 Coeff. Dinamico	1.092	
raggio planimetrico	750	m			
f	0.80	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	80	kN/m	qvk	133	kN/m			
α	1	Per V>120 km/h	α	1.1				
α	1.1	Per V<120 km/h			qvk	150	kN/m	
					α	1		
Qtk	235	Per V>120 km/h						
	182	Per V<120 km/h						
Qtk scelto	235							
qtk	19	Per V>120 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h	qtk	17	Per V=100 km/h
	15	Per V<120 km/h						
qtk scelto	19							
L calc= L-6.4m	33.6	m	L calc	30	m	L calc	33	m
qtk*Lcalc	631	kN	qtk*Lcalc	503	kN	qtk*Lcalc	568	kN
FT= (qtk*Lcalc + qtk)/2	433	kN	FT= qtk*Lcalc /2	252		FT= qtk*Lcalc /2	284	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 003	REV. A

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. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

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, a "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

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

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 $S_B = 1.477$ $C_C = 1.286$ info

Categoria topografica info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=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_i Regol. in altezza info

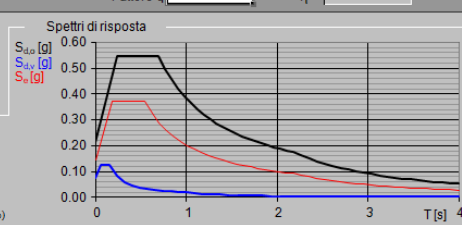
Compon. verticale

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

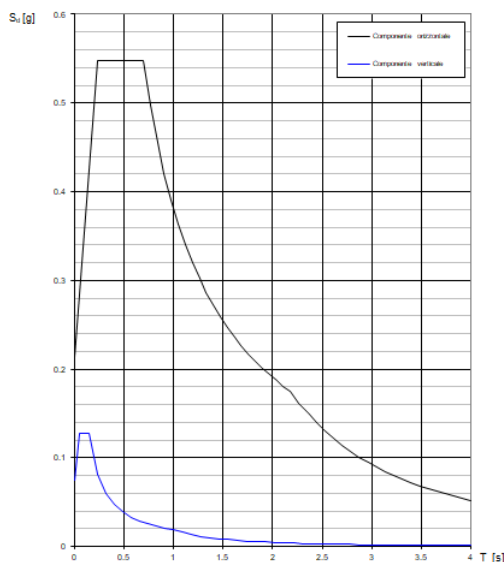
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.145 g
F_n	2.564
T_c^*	0.541 s
S_s	1.477
C_c	1.286
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.477
η	1.000
T_B	0.232 s
T_c	0.696 s
T_D	2.179 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.

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

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	10881	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	4174	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	15055	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2176	kN
Verifica requisito dir x		no	
Massa sismica impalcato dir. y	mi _y	9416	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp _y	4174	kN
Massa complessiva dir. Y	mi _y + mp _y	13590	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi _y /5	1883	kN
Verifica requisito dir. Y		no	
Massa sismica impalcato dir. z	mi _z	9416	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp _z	4174	kN
Massa complessiva dir. Z	mi _z + mp _z	13590	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	mi _z /5	1883	kN
Verifica requisito dir. Z		no	
Inerzia Pila asse y	J _{yy}	20.1	m ⁴
Inerzia Pila asse x	J _{xx}	20.1	m ⁴
Area Pila	A _p	15.90	m ²
Rigidità Pila asse y	K _y	443612030.8	N/m
Rigidità Pila asse x	K _x	443612030.8	N/m
Rigidità Pila asse z	K _z	37488737335	N/m
Periodo x	T _x	0.37	s
Periodo y	T _y	0.35	s
Periodo z	T _z	0.04	s
Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a _g x	0.55	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a _g y	0.55	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a _g z	0.11	
q=1.5			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.37	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.37	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.11	
q=1.36			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.40	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.40	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.11	
q=1			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a _g x	0.6	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a _g y	0.6	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a _g z	0.1070825	
Condizione Sismica - Taglianti Totali			
q=1.5			
Tagliante direzione x	F x	5524	kN
Tagliante direzione y	F y	4987	kN
Tagliante direzione z	F z	1455	kN
q=1.36			
Tagliante direzione x	F x	6093	kN
Tagliante direzione y	F y	5500	kN
Tagliante direzione z	F z	1455	kN
q=1			
Tagliante direzione x	F x	8286	kN
Tagliante direzione y	F y	7480	kN
Tagliante direzione z	F z	1455	kN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 003	REV. A

4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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.

4.6.9 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	31 di 52

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	7222			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		142		0.00	0.00	14.00	0	1990
Vento su pila dir. y			110.5	0.00	0.00	14.00	1547	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	7222			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	10800			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2475			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		142		0.00	0.00	17.00	0	2416
Vento su pila dir. y			110.5	0.00	0.00	17.00	1878	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		2313		0.00	0.00	1.50	0.00	3469
Plinto sisma y			2313	0.00	0.00	1.50	3469	0
Plinto sisma z	1156			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	265			0.00	0.00	0.00	0	0

4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	22382	1174	2000	35489	21027
A2 - SLU - MT max gr.1	21750	1174	2303	41286	22116
A2 - SLU - ML max gr.1	20637	1285	869	14854	27247
A2 - SLU - N max gr.3	22382	1897	1643	28614	33635
A2 - SLU - MT max gr.3	21750	1897	1794	31483	34724
A2 - SLU - ML max gr.3	20637	2008	661	10892	39855
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16937	256	1151	18983	5822
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	17312	1174	2000	35489	19623
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	16680	1174	2303	41286	20712
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	15567	1285	869	14854	25843
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	17312	1897	1643	28614	32231
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	16680	1897	1794	31483	33320
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	15567	2008	661	10892	38451
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	11867	256	1151	18983	4418
A1 - SLU - N max gr.1	28187	1411	2364	41781	25222
A1 - SLU - MT max gr.1	27454	1411	2715	48506	26486
A1 - SLU - ML max gr.1	26163	1539	1057	17935	32428
A1 - SLU - N max gr.3	28187	2250	1949	33806	39867
A1 - SLU - MT max gr.3	27454	2250	2125	37133	41131
A1 - SLU - ML max gr.3	26163	2378	815	13339	47073
A1 - SLU - Vento ponte scarico	21871	346	1379	22630	7585
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	18184	1411	2364	41781	23353
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	17450	1411	2715	48506	24616
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	16159	1539	1057	17935	30558
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	18184	2250	1949	33806	37998
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	17450	2250	2125	37133	39261
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	16159	2378	815	13339	45203
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	11867	256	1289	21333	4418
SLE rara - N max gr.1	20123	991	1626	28681	17662
SLE rara - MT max gr.1	19617	991	1868	33319	18533
SLE rara - ML max gr.1	18727	1076	747	12624	22590
SLE rara - N max gr.3	20123	1569	1340	23181	27748
SLE rara - MT max gr.3	19617	1569	1461	25476	28620
SLE rara - ML max gr.3	18727	1654	580	9455	32677
SLE rara - Vento ponte scarico	15767	256	945	15457	5498
SLE freq. - N max gr.1	19252	844	839	14662	15229
SLE freq. - MT max gr.1	18847	844	1033	18373	15926
SLE freq. - ML max gr.1	18135	844	649	10840	18217
SLE freq. - N max gr.3	19252	1306	610	10263	23298
SLE freq. - MT max gr.3	18847	1306	707	12098	23995
SLE freq. - ML max gr.3	18135	1306	515	8305	26286
SLE freq. - Vento ponte scarico	15767	256	545	8807	5498
SLE quasi permanente	15767	256	256	3704	5498
q = 1.5					
SLV - N max	18095	2048	1770	29806	35854
SLV - MT max gr.1	16974	2048	5310	89567	36028
SLV - ML max gr.1	16796	5915	1723	28851	101370
SLV - MT max gr.3	16101	2048	5310	89567	36028
SLV - ML max gr.3	15923	5915	1723	28851	101370
SLV - N min	15183	2048	1770	29806	35854
q = 1.36					
SLV - N max	18095	2218	1924	32359	38712
SLV - MT max gr.1	16974	2218	5824	98189	38886
SLV - ML max gr.1	16796	6483	1877	31446	110895
SLV - MT max gr.3	16101	2218	5824	98189	38886
SLV - ML max gr.3	15923	6483	1877	31446	110895
SLV - N min	15183	2218	1924	32359	38712
q = 1					
SLV - N max	18095	2876	2518	42413	49733
SLV - MT max gr.1	16974	2876	7804	131591	49908
SLV - ML max gr.1	16796	8677	2471	41458	147634
SLV - MT max gr.3	16101	2876	7804	131591	49908
SLV - ML max gr.3	15923	8677	2471	41458	147634
SLV - N min	15183	2876	2518	42413	49733

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

4.7.1 Plinto di fondazione

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	36400	1174	2000	41490	24550	
A2 - SLU - MT max gr.1	35767	1174	2303	48195	25639	
A2 - SLU - ML max gr.1	34655	1285	869	17463	31103	
A2 - SLU - N max gr.3	36400	1897	1643	33542	39325	
A2 - SLU - MT max gr.3	35767	1897	1794	36865	40414	
A2 - SLU - ML max gr.3	34655	2008	661	12874	45878	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	30955	256	1151	22437	6591	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	28112	1174	2000	41490	23146	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	27480	1174	2303	48195	24235	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	26367	1285	869	17463	29699	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	28112	1897	1643	33542	37921	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	27480	1897	1794	36865	39010	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	26367	2008	661	12874	44474	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22667	256	1151	22437	5187	
A1 - SLU - N max gr.1	46480	1411	2364	48872	29455	
A1 - SLU - MT max gr.1	45746	1411	2715	56650	30719	
A1 - SLU - ML max gr.1	44456	1539	1057	21107	37045	
A1 - SLU - N max gr.3	46480	2250	1949	39653	46618	
A1 - SLU - MT max gr.3	45746	2250	2125	43507	47881	
A1 - SLU - ML max gr.3	44456	2378	815	15784	54208	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	40164	346	1379	26766	8623	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	28984	1411	2364	48872	27585	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	28250	1411	2715	56650	28849	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	26959	1539	1057	21107	35175	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	28984	2250	1949	39653	44748	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	28250	2250	2125	43507	46011	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	26959	2378	815	15784	52338	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22667	256	1289	25201	5187	
SLE rara - N max gr.1	33398	991	1626	33558	20635	
SLE rara - MT max gr.1	32892	991	1868	38922	21506	
SLE rara - ML max gr.1	32002	1076	747	14865	25819	
SLE rara - N max gr.3	33398	1569	1340	27200	32455	
SLE rara - MT max gr.3	32892	1569	1461	29858	33326	
SLE rara - ML max gr.3	32002	1654	580	11194	37639	
SLE rara - Vento ponte scarico	29042	256	945	18291	6267	
SLE freq. - N max gr.1	32527	844	839	17180	17761	
SLE freq. - MT max gr.1	32122	844	1033	21471	18458	
SLE freq. - ML max gr.1	31410	844	649	12786	20749	
SLE freq. - N max gr.3	32527	1306	610	12093	27217	
SLE freq. - MT max gr.3	32122	1306	707	14220	27914	
SLE freq. - ML max gr.3	31410	1306	515	9850	30205	
SLE freq. - Vento ponte scarico	29042	256	545	10443	6267	
SLE quasi permanente	29042	256	256	4473	6267	
q = 1.5						
SLV - N max	32791	2742	2464	36158	43039	
SLV - MT max gr.1	30676	2742	7623	108967	43213	
SLV - ML max gr.1	30498	8228	2417	35059	122583	
SLV - MT max gr.3	28949	2742	7623	108967	43213	
SLV - ML max gr.3	28771	8228	2417	35059	122583	
SLV - N min	27036	2742	2464	36158	43039	
q = 1.36						
SLV - N max	32791	2912	2618	39173	46408	
SLV - MT max gr.1	30676	2912	8137	119129	46582	
SLV - ML max gr.1	30498	8796	2571	38117	133814	
SLV - MT max gr.3	28949	2912	8137	119129	46582	
SLV - ML max gr.3	28771	8796	2571	38117	133814	
SLV - N min	27036	2912	2618	39173	46408	
q = 1						
SLV - N max	32791	3570	3212	51009	59404	
SLV - MT max gr.1	30676	3570	10117	158473	59578	
SLV - ML max gr.1	30498	10990	3165	49911	177133	
SLV - MT max gr.3	28949	3570	10117	158473	59578	
SLV - ML max gr.3	28771	10990	3165	49911	177133	
SLV - N min	27036	3570	3212	51009	59404	

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	46480	1411	2364	48872	29455	8065	2263	306
AI - SLU - MT max gr.1	45746	1411	2715	56650	30719	8319	1847	340
AI - SLU - ML max gr.1	44456	1539	1057	21107	37045	7093	2786	207
AI - SLU - N max gr.3	46480	2250	1949	39653	46618	8360	1969	331
AI - SLU - MT max gr.3	45746	2250	2125	43507	47881	8468	1698	344
AI - SLU - ML max gr.3	44456	2378	815	15784	54208	7532	2347	279
AI - SLU - Vento ponte scarico	40164	346	1379	26766	8623	5773	3152	158
AI - SLU Gmin - N max gr.1	28984	1411	2364	48872	27585	6052	389	306
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	28250	1411	2715	56650	28849	6306	-28	340
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	26959	1539	1057	21107	35175	5080	911	207
AI - SLU Gmin - N max gr.3	28984	2250	1949	39653	44748	6346	94	331
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	28250	2250	2125	43507	46011	6454	-177	344
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	26959	2378	815	15784	52338	5519	472	279
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22667	256	1289	25201	5187	3644	1393	146
						8468	-177	344

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 - N max	32791	2912	2618	39173	46408	6813	474	435
SLV - MT max gr.1	30676	2912	8137	119129	46582	9546	-2729	960
SLV - ML max gr.1	30498	8796	2571	38117	133814	9756	-2979	1018
SLV - MT max gr.3	28949	2912	8137	119129	46582	9354	-2921	960
SLV - ML max gr.3	28771	8796	2571	38117	133814	9565	-3171	1018
SLV - N min	27036	2912	2618	39173	46408	6174	-166	435
						9756	-3171	1018

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 - N max	32791	3570	3212	51009	59404	7733	-446	534
SLV - MT max gr.1	30676	3570	10117	158473	59578	11484	-4668	1192
SLV - ML max gr.1	30498	10990	3165	49911	177133	11798	-5020	1271
SLV - MT max gr.3	28949	3570	10117	158473	59578	11293	-4859	1192
SLV - ML max gr.3	28771	10990	3165	49911	177133	11606	-5212	1271
SLV - N min	27036	3570	3212	51009	59404	7093	-1085	534
						11798	-5212	1271

Tabella 7 – 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	33398	991	1626	33558	20635	5718	1704	212
SLE rara - MT max gr.1	32892	991	1868	38922	21506	5893	1417	235
SLE rara - ML max gr.1	32002	1076	747	14865	25819	5063	2049	146
SLE rara - N max gr.3	33398	1569	1340	27200	32455	5920	1501	229
SLE rara - MT max gr.3	32892	1569	1461	29858	33326	5995	1315	238
SLE rara - ML max gr.3	32002	1654	580	11194	37639	5364	1747	195
SLE rara - Vento ponte scarico	29042	256	945	18291	6267	4137	2317	109
						5995	1315	238

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)

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	22382	1174	2000	35489	21027
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	20637	2008	661	10892	39855
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	21750	1174	2303	41286	22116
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	21750	1174	2303	41286	22116
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	20637	2008	661	10892	39855
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	28187	1411	2364	41781	25222
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	26163	2378	815	13339	47073
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	27454	1411	2715	48506	26486
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	27454	1411	2715	48506	26486
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	26163	2378	815	13339	47073
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	20123	991	1626	28681	17662
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	18727	1654	580	9455	32677
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	19617	991	1868	33319	18533
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	19617	991	1868	33319	18533
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	18727	1654	580	9455	32677
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	19252	844	839	14662	15229
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	19252	1306	610	10263	23298
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	18847	844	1033	18373	15926
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	18847	844	1033	18373	15926
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	18135	1306	515	8305	26286
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	15767	256	256	3704	5498
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	18095	2048	1770	29806	35854
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	16796	5915	1723	28851	101370
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2048	5310	89567	36028
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2048	5310	89567	36028
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	16796	5915	1723	28851	101370
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	18095	2218	1924	32359	38712
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	16796	6483	1877	31446	110895
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2218	5824	98189	38886
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2218	5824	98189	38886
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	16796	6483	1877	31446	110895
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	18095	2876	2518	42413	49733
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	16796	8677	2471	41458	147634
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2876	7804	131591	49908
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	16974	2876	7804	131591	49908
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	15923	8677	2471	41458	147634

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	36400	1174	2000	41490	24550
	Tx,A _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	34655	2008	661	12874	45878
	Ty,A _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	35767	1174	2303	48195	25639
	Mxx _{max}	A2 - SLU - MT max gr.1	35767	1174	2303	48195	25639
	Myy _{max}	A2 - SLU - ML max gr.3	34655	2008	661	12874	45878
SLU STR	Nz,A _{max}	A1 - SLU - N max gr.1	46480	1411	2364	48872	29455
	Tx,A _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	44456	2378	815	15784	54208
	Ty,A _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	45746	1411	2715	56650	30719
	Mxx _{max}	A1 - SLU - MT max gr.1	45746	1411	2715	56650	30719
	Myy _{max}	A1 - SLU - ML max gr.3	44456	2378	815	15784	54208
SLE RARA	Nz,A _{max}	SLE rara - N max gr.1	33398	991	1626	33558	20635
	Tx,A _{max}	SLE rara - ML max gr.3	32002	1654	580	11194	37639
	Ty,A _{max}	SLE rara - MT max gr.1	32892	991	1868	38922	21506
	Mxx _{max}	SLE rara - MT max gr.1	32892	991	1868	38922	21506
	Myy _{max}	SLE rara - ML max gr.3	32002	1654	580	11194	37639
SLE FREQUENTE	Nz,A _{max}	SLE freq.- N max gr.1	32527	844	839	17180	17761
	Tx,A _{max}	SLE freq.- N max gr.3	32527	1306	610	12093	27217
	Ty,A _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	32122	844	1033	21471	18458
	Mxx _{max}	SLE freq.- MT max gr.1	32122	844	1033	21471	18458
	Myy _{max}	SLE freq.- ML max gr.3	31410	1306	515	9850	30205
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	29042	256	256	4473	6267
SLV q=1.5	Nz,A _{max}	SLV - N max	32791	2742	2464	36158	43039
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	30498	8228	2417	35059	122583
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	2742	7623	108967	43213
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	2742	7623	108967	43213
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	30498	8228	2417	35059	122583
SLV q=1.36	Nz,A _{max}	SLV - N max	32791	2912	2618	39173	46408
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	30498	8796	2571	38117	133814
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	2912	8137	119129	46582
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	2912	8137	119129	46582
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.1	30498	8796	2571	38117	133814
SLV q=1	Nz,A _{max}	SLV - N max	32791	3570	3212	51009	59404
	Tx,A _{max}	SLV - ML max gr.1	30498	10990	3165	49911	177133
	Ty,A _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	3570	10117	158473	59578
	Mxx _{max}	SLV - MT max gr.1	30676	3570	10117	158473	59578
	Myy _{max}	SLV - ML max gr.3	28771	10990	3165	49911	177133

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	38 di 52

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv.(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	17.0	17.0	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	8677	7804	kN
Momento agente (q=1)	M	147634	131591	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5915	5310	kN
Momento agente (con q)	MEd	101370	89567	kN*m
Momento Resistente	MRd	138006	133326	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	1.36	1.49	
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	8677	7804	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	8052	7905	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	8052	7804	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	8052	7804	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	γ_{Bd}	1.15	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	39 di 52

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 225.0 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	215.0	120	30
2	0.0	0.0	205.0	120	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 6.9 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	28187.00	25222.00	41781.00	0.00	0.00
2	26163.00	47073.00	13339.00	0.00	0.00
3	27454.00	26486.00	48506.00	0.00	0.00
4	27454.00	26486.00	48506.00	0.00	0.00
5	26163.00	47073.00	13339.00	0.00	0.00
6	18095.00	35854.00	29806.00	0.00	0.00
7	16796.00	101370.00	28851.00	8052.00	0.00
8	16974.00	36028.00	89567.00	0.00	7804.00
9	16974.00	36028.00	89567.00	0.00	0.00
10	16796.00	101370.00	28851.00	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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	40 di 52

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	20123.00	28681.00	17662.00
2	18727.00	9455.00	32677.00
3	19617.00	33319.00	18533.00
4	19617.00	33319.00	18533.00
5	18727.00	9455.00	32677.00

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	19252.00	14662.00 (56522.25)	15229.00 (58708.05)
2	19252.00	10263.00 (26926.00)	23298.00 (61124.63)
3	18847.00	18373.00 (51610.46)	15926.00 (44736.75)
4	18847.00	18373.00 (51610.46)	15926.00 (44736.75)
5	18135.00	8305.00 (18049.15)	26286.00 (57127.02)

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	15767.00	3704.00 (0.00)	5498.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.5 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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	41 di 52

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	28187.00	25222.00	41781.00	28187.14	81176.08	134464.44	3.221696.5(477.1)	
2	S	26163.00	47073.00	13339.00	26162.71	148904.70	42175.07	3.161696.5(477.1)	
3	S	27454.00	26486.00	48506.00	27453.75	74877.31	137124.71	2.831696.5(477.1)	
4	S	27454.00	26486.00	48506.00	27453.75	74877.31	137124.71	2.831696.5(477.1)	
5	S	26163.00	47073.00	13339.00	26162.71	148904.70	42175.07	3.161696.5(477.1)	
6	S	18095.00	35854.00	29806.00	18094.70	111579.05	92775.38	3.111696.5(477.1)	
7	S	16796.00	101370.00	28851.00	16796.12	138006.20	39279.97	1.361696.5(477.1)	
8	S	16974.00	36028.00	89567.00	16973.78	53634.90	133326.33	1.491696.5(477.1)	
9	S	16974.00	36028.00	89567.00	16973.78	53634.90	133326.33	1.491696.5(477.1)	
10	S	16796.00	101370.00	28851.00	16796.12	138006.20	39279.97	1.361696.5(477.1)	

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
 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	192.6	125.7	0.00322	186.2	107.5	-0.00893	-186.2	-107.5
2	0.00350	61.3	90.7	0.00321	55.6	207.7	-0.00919	-55.6	-207.7
3	0.00350	197.5	170.0	0.00321	186.2	107.5	-0.00902	-186.2	-107.5
4	0.00350	197.5	170.0	0.00321	186.2	107.5	-0.00902	-186.2	-107.5
5	0.00350	61.3	67.8	0.00321	55.6	207.7	-0.00919	-55.6	-207.7
6	0.00350	143.8	173.0	0.00318	135.3	167.1	-0.01034	-135.3	-167.1
7	0.00350	61.6	216.4	0.00318	55.6	207.7	-0.01055	-55.6	-207.7
8	0.00350	208.7	84.0	0.00318	200.7	77.0	-0.01052	-200.7	-77.0
9	0.00350	208.7	84.0	0.00318	200.7	77.0	-0.01052	-200.7	-77.0
10	0.00350	61.6	216.4	0.00318	55.6	207.7	-0.01055	-55.6	-207.7

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	0.000024191	0.000014603	-0.002857791	----	----
2	0.000007863	0.000027748	-0.002989118	----	----
3	0.000024983	0.000013641	-0.002904518	----	----
4	0.000024983	0.000013641	-0.002904518	----	----
5	0.000007863	0.000027748	-0.002989118	----	----
6	0.000020115	0.000024197	-0.003579863	----	----
7	0.000008743	0.000030720	-0.003686418	----	----
8	0.000029572	0.000011895	-0.003671870	----	----
9	0.000029572	0.000011895	-0.003671870	----	----
10	0.000008743	0.000030720	-0.003686418	----	----



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	42 di 52

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
 Passo staffe: 6.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e D_{med} .
 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	0.00	69041.92	5969.74381.8	343.0	391.4	1.000	1.094	0.0	44.5(0.0)
2	S	0.00	68621.69	5993.73382.3	344.4	389.8	1.000	1.088	0.0	44.5(0.0)
3	S	0.00	68961.81	5976.42381.8	343.3	391.4	1.000	1.092	0.0	44.5(0.0)
4	S	0.00	68961.81	5976.42381.8	343.3	391.4	1.000	1.092	0.0	44.5(0.0)
5	S	0.00	68621.69	5993.73382.3	344.4	389.8	1.000	1.088	0.0	44.5(0.0)
6	S	0.00	66474.49	6107.81385.4	351.0	380.0	1.000	1.061	0.0	44.5(0.0)
7	S	7744.44	45593.76	15317.12385.9	352.0	378.3	2.500	1.056	22.5	44.5(0.0)
8	S	7240.21	45607.70	15313.44385.9	352.0	378.3	2.500	1.057	21.0	44.5(0.0)
9	S	0.00	66131.16	6125.38385.9	352.0	378.3	1.000	1.057	0.0	44.5(0.0)
10	S	0.00	66110.95	6126.85385.9	352.0	378.3	1.000	1.056	0.0	44.5(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	4.79	118.0	0.0	-53.7	-117.1	-180.3	11343	381.7
2	S	4.85	216.1	0.0	-60.4	-207.7	-55.6	11809	395.8
3	S	5.46	109.4	0.0	-73.4	-107.5	-186.2	12176	410.0
4	S	5.46	109.4	0.0	-73.4	-107.5	-186.2	12176	410.0
5	S	4.85	216.1	0.0	-60.4	-207.7	-55.6	11809	395.8

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	43 di 52

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	-0.00028	0	0.500	30.0	85	0.00016 (0.00016)	441	0.071 (0.20)	47976.37	29544.25
2	S	-0.00032	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	441	0.080 (0.20)	14968.69	51732.63
3	S	-0.00038	0	0.500	30.0	85	0.00022 (0.00022)	440	0.097 (0.20)	45521.36	25320.31
4	S	-0.00038	0	0.500	30.0	85	0.00022 (0.00022)	440	0.097 (0.20)	45521.36	25320.31
5	S	-0.00032	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	441	0.080 (0.20)	14968.69	51732.63

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	3.05	162.1	0.0	-15.8	-152.0	-152.0	7186	275.7
2	S	3.62	205.9	0.0	-27.8	-196.4	-87.4	9440	332.2
3	S	3.46	147.4	0.0	-25.4	-143.9	-159.8	9208	325.2
4	S	3.46	147.4	0.0	-25.4	-143.9	-159.8	9208	325.2
5	S	3.91	214.5	0.0	-38.1	-204.5	-66.4	10634	367.6

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	-0.00009	0	0.500	30.0	85	0.00005 (0.00005)	422	0.020 (0.20)	56522.25	58708.05
2	S	-0.00015	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	434	0.036 (0.20)	26926.00	61124.63
3	S	-0.00014	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	433	0.033 (0.20)	51610.46	44736.75
4	S	-0.00014	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	433	0.033 (0.20)	51610.46	44736.75
5	S	-0.00020	0	0.500	30.0	85	0.00011 (0.00011)	437	0.050 (0.20)	18049.15	57127.02

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	1.43	186.6	0.0	4.5	-180.3	-117.1	----	----

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILA	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 05 003	REV. A

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 :

$$N_{\max} = 8468 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 9756 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 1018 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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.

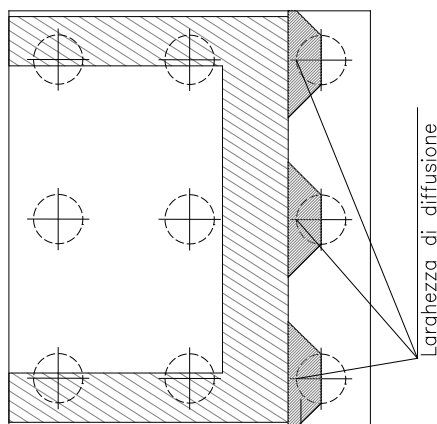
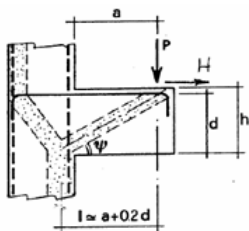


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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° 617 del 02-02-09.

VERIFICA MENSOLE TOZZE - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE secondo Circ 617-09/ C4.1.2.1.5

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	46 di 52

Dati di progetto

$b(m) =$	5.30	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	9756.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	1018.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	4.30	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	3.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	4.88	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.87		$\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$

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

Registro tipo	R1				
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	26.0	$p1(cm) =$	10.0
$A\phi i (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 1 =$	53.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	28139.22
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	28139.22
Registro tipo	R2				
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	24.0	$p2(cm) =$	10.0
$A\phi i (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 2 =$	53.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	23976.61
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	23976.61
Registro tipo	R3				
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0
$A\phi i (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A\phi\ TOT (mm^2) =$	0.00
				$A\phi\ CAL(mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ 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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 11798 \text{ kN} \quad T = 1271 \text{ kN} \quad M = 1271 * 3.2 = 4119 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -5212 \text{ kN} \quad T = 1271 \text{ kN} \quad M = 1271 * 3.2 = 4119 \text{ kNm}$$

$$N = -5212 \text{ kN} \quad T = 1271 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1271 * 3.2 = 4119 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

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

$$A_s = 36 + 36 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI03 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	48 di 52

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate 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	65.0	36	26
2	0.0	0.0	59.0	36	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	8468.00	1101.00	0.00	344.00	0.00
2	-177.00	1101.00	0.00	344.00	0.00
3	11798.00	4119.00	0.00	1271.00	0.00
4	-5212.00	4119.00	0.00	1271.00	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	5995.00	762.00	0.00
2	1315.00	762.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	49 di 52

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	5130.00	519.00 (1977.98)	0.00 (0.00)
2	2007.00	519.00 (5856.70)	0.00 (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:	3.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 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	8468.00	1101.00	0.00	8468.01	9044.56	0.00	8.21	382.3(53.0)
2	S	-177.00	1101.00	0.00	-177.18	7430.46	0.00	6.75	382.3(53.0)
3	S	11798.00	4119.00	0.00	11798.15	9037.90	0.00	2.19	382.3(53.0)
4	S	-5212.00	4119.00	0.00	-5211.97	5473.00	0.00	1.33	382.3(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	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	75.0	0.00301	0.0	65.0	-0.00332	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00273	0.0	65.0	-0.00729	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00307	0.0	65.0	-0.00250	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00236	0.0	65.0	-0.01240	0.0	-65.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	50 di 52

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	0.000048723	-0.000154230	----	----
2	0.000000000	0.000077051	-0.002278824	----	----
3	0.000000000	0.000042889	0.000283312	----	----
4	0.000000000	0.000113594	-0.005019520	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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 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	344.00	3915.20	3596.14117.3	93.9	136.7	2.500	1.250	3.7	39.2(0.0)
2	S	344.00	3420.54	4039.06119.6	105.4	132.9	2.500	1.000	3.3	39.2(0.0)
3	S	1271.00	3736.29	3461.76117.3	90.4	135.5	2.500	1.250	14.4	39.2(0.0)
4	S	1271.00	3355.45	4384.52124.5	114.5	120.1	2.500	1.000	11.4	39.2(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	4.15	0.0	0.0	17.7	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.47	0.0	0.0	-22.8	0.0	-65.0	1503	63.7

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 03 05 003	A	51 di 52

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

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
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 $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa 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	-0.00043	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2018.06	0.00
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	87	0.00007 (0.00007)	400	0.027 (0.20)	1893.51	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	3.28	0.0	0.0	18.8	0.0	-65.0	----	----
2	S	1.95	0.0	0.0	-1.5	0.0	-65.0	346	5.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1977.98	0.00
2	S	-0.00002	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	584	0.003 (0.20)	5856.70	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					SOLLECITAZIONI									
viadot to	spalla pila	D[m m]	npali[-]	Lpalo [m]	SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE		TAGLI E MOMENTI					
					Nmax,c [kN]	Nmin[k N]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]	senza scalzamento			con scalzamento		
									Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax ax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax ax
VI03	spalla 1	1500	9	31.0	7614	-	5351	-	1553	3.3	5094	-	-	-
VI03	spalla 2	1500	9	30.0	7510	-	5279	-	1369	3.3	4490	-	-	-
VI03	Pila 5	1200	9	32.0	6537	-1941	4084	-	896	2.6	2348	-	-	-
VI03	Pila 17	1200	9	36.0	7836	-3199	4544	-	917	2.6	2403	-	-	-
VI03	Pila 18	1500	9	35.0	9756	-3171	5995	-	1271	3.2	4118	-	-	-
VI03	Pila 21	1500	9	37.0	10558	-3504	6470	-	1284	3.2	4160	-	-	-
VI03	Pila 22	1500	9	37.0	10893	-3102	8010	6577	1224	3.2	3966	160	3.2	518. 4

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1932.6	1.24	7989	-	1.05	-	-
1648.2	1.20	8404	-	1.12	-	-
960.5	1.07	7082	-	1.08	5838	3.01
960.5	1.05	8169	-	1.04	6784	2.12
1470.2	1.16	10322	-	1.06	8370	2.64
1470.2	1.15	11022	-	1.04	8972	2.56
1470.2	1.20	11022	11019	1.01	8972	2.89