

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

OPERE D'ARTE MAGGIORI

VI-01 PONTE SUL TORRENTE FUORNI
 RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

SCALA:

-

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

N	N	1	X	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	1	0	4	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polastri	Sett.2020	S Di Spigno	Sett.2020	M. Di Vito	Sett.2020	Vitozzi	

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Vitozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno
 N° 420785

INDICE

1	GENERALITÀ.....	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
1.3	MATERIALI.....	8
1.3.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e pali.....</i>	8
1.3.2	<i>Calcestruzzo per elevazione sottostrutture.....</i>	9
1.3.3	<i>Acciaio B450C.....</i>	10
1.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
2	ANALISI DEI CARICHI.....	11
2.1	PERMANENTI (G1).....	11
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	12
2.3	AZIONI TERMICHE – (TEMP SLU).....	13
2.4	VENTO (Wk).....	13
2.5	AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO (LM71-SW2).....	13
2.6	SERPEGGIO (SERP).....	15
2.7	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (RPV).....	15
2.8	INTERAZIONE BINARIO – STRUTTURA.....	15
2.9	AZIONE SISMICA (E).....	16
2.9.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	16
2.9.2	<i>Sovraspinta sismica.....</i>	19
2.9.3	<i>Inerzia terrapieno.....</i>	21
2.9.4	<i>Inerzie strutturali.....</i>	21
3	CRITERI DI VERIFICA.....	22
3.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	22
3.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione.....</i>	22
3.1.2	<i>Verifica di resistenza a taglio.....</i>	22
3.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D’ESERCIZIO.....	22

3.2.1	Verifica a fessurazione	22
3.2.2	Verifica per le tensioni in esercizio	23
4	CALCOLO SPALLA B.....	24
4.1.1	Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....	33
4.1.2	Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato	33
4.1.3	Combinazioni manuali statiche	33
4.1.4	Azioni caratteristiche statiche	34
4.1.5	Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:	34
4.1.6	Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato.....	35
4.1.7	Combinazioni Manuali sismiche	35
4.1.8	Azioni Caratteristiche sismiche	35
4.2	COMBINAZIONI	36
4.3	SOLLECITAZIONI.....	40
4.3.1	Sollecitazioni base plinto.....	40
4.3.2	Sollecitazioni in testa palo.....	42
4.3.3	Sollecitazioni muro frontale	47
4.3.4	Sollecitazioni paraghiaia.....	49
4.3.5	Sollecitazioni muro di risvolto.....	51
4.4	VERIFICHE	53
4.4.1	Verifiche palo di fondazione.....	53
4.4.2	Verifiche plinto di fondazione.....	61
4.4.3	Verifiche muro frontale	69
4.4.4	Verifiche paraghiaia.....	75
4.4.5	Verifiche muro di risvolto.....	80
5	INCIDENZE.....	84



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	4 di 86

6	APPENDICE	85
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	85

1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla B del Ponte sul torrente Fuorni al km.1+593.73, previsto nell'ambito del progetto definitivo per A.I. del Prolungamento della Metropolitana di Salerno, in particolare della tratta Salerno- Battipaglia. L'opera in questione è individuata con la WBS VI01.

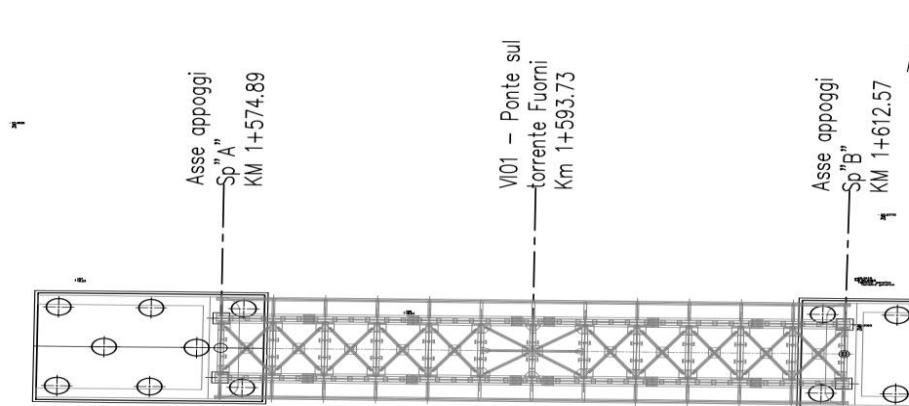


Figura 1: Inquadratura Planimetrica- ubicazione opera d'arte

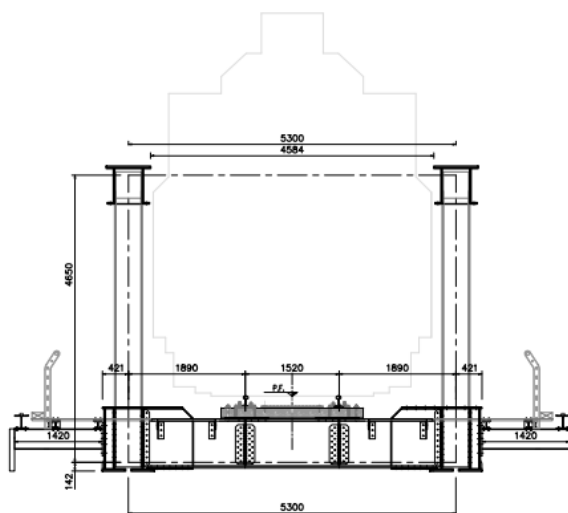


Figura 2: Sezione trasversale impalcato

Il viadotto è composto da un'unica travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con portata teorica pari a 37.68m, ad attacco diretto, come riportato in Figura 2.

La spalla B alloggia n°2 appoggi e poggia su 4 pali di diametro Ø 1500.

L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 2.8 m, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 0.40m per un'altezza di 1.66 m.

Le sezioni più significative e la pianta della spalla in esame sono riportate rispettivamente in Figura 3 e Figura 4; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

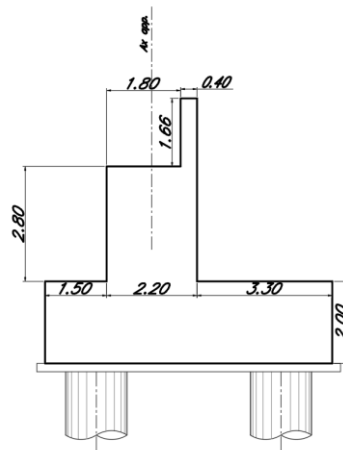


Figura 3: Spalla B – sezioni

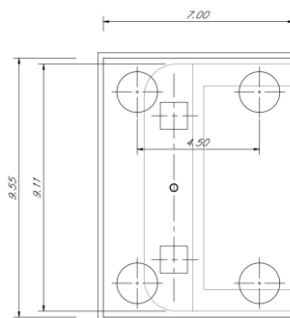


Figura 4: Spalla B – Pianta

Al fine di mitigare il rischio di corrosione indotta da cloruri rilevati nelle acque di falda, le sottostrutture (pali e plinti di fondazione) saranno realizzate con una classe di resistenza del calcestruzzo C32/40, coerentemente con l'adozione della classe di esposizione XD2 (cfr UNI-11104-2017).

Si sottolinea che tutte le verifiche sono effettuate, a favore di sicurezza, considerando comunque una classe di resistenza del calcestruzzo C25/30. Infine, si rimanda alle fasi progettuali successive per quanto concerne ulteriori indagini atte ad accertare l'effettiva presenza e concentrazione di cloruri nelle acque di falda.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 01 04 002	REV. A	FOGLIO 7 di 86

1.1 Normativa di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

- [N1] Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- [N2] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [N3] CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N4] RFI DTC SICS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N5] RFI DTC SICS SP IFS 001 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N6] Eurocodice EN 1997-1: Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [N7] Eurocodice EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazione, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [N8] 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° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.

1.2 Documenti di riferimento

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni – NN1X00D09RBVI0103001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLIV0109001A

1.3 Materiali

1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30: $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

Tabella 1: Caratteristiche calcestruzzo fondazione e pali

1.3.2 Calcestruzzo per elevazione sottostrutture

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4+XS1

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

Tabella 2: Caratteristiche calcestruzzo strutture in elevazione

1.3.3 Acciaio B450C

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC18 ([N2]), per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ MPa};$

Tensione di progetto: $f_{yk} = 450 \text{ MPa};$

Tensione di progetto: $f_{yk} = f_{yd} / \gamma_m$

in cui $\gamma_m = 1.15$ $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa};$

Modulo Elastico $E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

1.4 Inquadramento Geotecnico

Si rimanda alla Relazione geotecnica (Rif. [1]) la trattazione completa dei parametri geologici e geotecnici del terreno di fondazione. Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

2 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti globalmente sulla struttura.

2.1 Permanti (G1)

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m^3 , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$.

La normativa NTC'18 ricorda anche di considerare la spinta a tergo della spalla come azione permanente. L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico γ , su una parete di altezza H , risulta:

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

L'utilizzo di K_0 è determinato dall'impossibilità di subire spostamenti da parte della spalla; dove $K_0 = 1 - \text{sen } \varphi$.

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ($1/3 H$ rispetto alla base della parete).

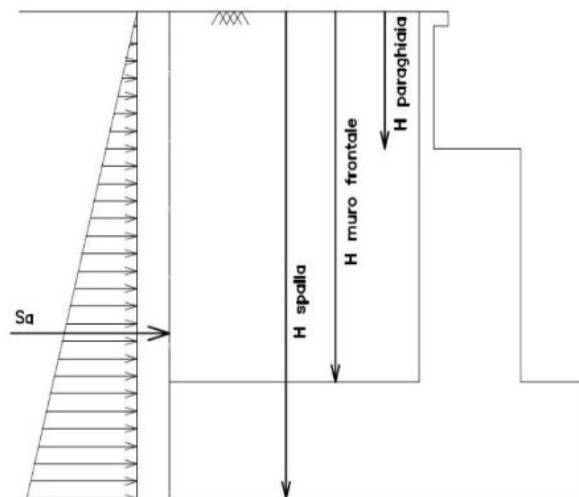


Figura 5: Spinta in quiete del terreno

2.2 Permanenti Portati (G2)

Si riporta una tabella riassuntiva dei carichi permanenti portati presenti sull'impalcato:

Analisi sovraccarichi permanenti portati

Voce	Area	Lungh	Volume	Peso	Peso	Peso	Elemento
-	m ²	m	m ³	kN/m ²	kN/m ³	kN/m	-
Veletta	0.10				25	2.50	Briglia inf
Marcia piede		1.00			5	5.00	Briglia inf
Canaletta	0.08				25	2.00	Briglia inf
varie						0.00	Briglia inf
Barriere Fono assorbenti		4.00		4		16.00	Briglia inf
Grigliato Keller	3.14	1.00	3.14		0.3	0.94	Traverso
Armamento		1.00		2		2.00	Longherina

In aggiunta ai carichi derivanti dall'impalcato, si considera un sovraccarico permanente dovuto dal peso del ballast a tergo del muro, che viene applicato su una larghezza di 3.0 m, pari a $Q_b = (0.8 \times 18) = 14.4 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa.

La presenza del sovraccarico Q_b genera una spinta pari a: $S_b = Q_b H K_0$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a $H/2$.

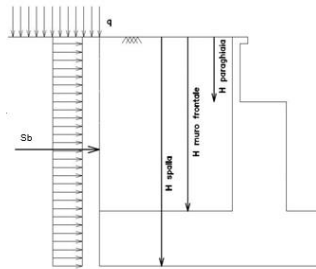


Figura 6: Spinte Sovraccarico Permanente

Nel caso in esame, non si è fatta distinzione tra permanenti portati e carico del ballast, ma si è riunito tutto all'interno di uno stesso caso (Permanent Portati) al quale è stato applicato il coefficiente 1.50 nelle verifiche allo SLU.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	13 di 86

2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l’impalcato in acciaio pari a $\pm 25^{\circ}\text{C}$. In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a 5°C tra intradosso ed estradosso di impalcato.

Nel modello SAP2000 è stata creata la combinazione Temp SLU che fornisce i valori massimi delle varie condizioni.

2.4 Vento (Wk)

L’azione del vento è stata distinta in:

- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;
- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

Per l’azione del vento cautelativamente si prevedono 2.5 kN/mq applicati sulle superfici esposte della travata metallica e dei treni di carico (ripartendo con i coefficienti c_p da norma tra le due superfici).

2.5 Azioni verticali da traffico ferroviario (LM71-SW2)

L’analisi delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture è stata svolta eseguendo l’analisi delle condizioni di traffico sull’impalcato, secondo quelle che sono le prescrizioni delle istruzioni Italferr, utilizzando i tre modelli di carico LM71, SW/0 e SW/2.

Le analisi svolte prevedono due condizioni di traffico: normale (1 o 2 binari carichi con il modello LM71 o SW0) e pesante (1° binario caricato con LM71 o SW0 + 2° binario caricato con il modello SW/2). Le seguenti possibili combinazioni hanno lo scopo di massimizzare :

- La reazione verticale
- Il momento flettente trasversale.
- Il momento flettente longitudinale

I valori caratteristici sono stati amplificati tramite il coefficiente di adattamento α , che per i ponti di categoria “A” come in questo caso, valgono:

	LM71	SW0	SW2
α	1.1	1.1	1.0

Per la spalla e per le pile, il coefficiente dinamico viene assunto pari ad 1.

Tutto quanto sopra è stato sviluppato implementando un modello di calcolo agli elementi finiti di trave con il codice di calcolo SAP2000, che riproduce fedelmente la geometria reale delle campate con le varie eccentricità degli assi appoggi delle travi rispetto all'asse della spalla.

Ai fini dell'applicazione dei carichi sono state individuate due linee di carico (una delle quali con eccentricità di 8cm) sulle quali il codice di calcolo provvede a fra percorrere i modelli di treno prescritti dalla normativa (condizione di carico pesante e normale), posizionandoli nel modo più sfavorevole secondo le linee di influenza delle varie sollecitazioni in tutte le sezioni del modello.

Tabella 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1,0 SW/2
≥ 3	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Altri	-	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-

⁽¹⁾ LM71⁺⁺+SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Procedendo in questo modo è stato possibile individuare le massime sollecitazioni agenti con associate le altre caratteristiche di sollecitazione congruenti. In aggiunta ai carichi derivanti dall'impalcato, si considera un sovraccarico accidentale q gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di esse. Per il calcolo del carico q si è presa la condizione più sfavorevole tra il modello di carico LM71 e SW2, ipotizzando questi ripartiti su una striscia di 3.0 m:

$$LM71 \quad q = (250 \times 4 \times 1.1) / (6.4 \times 3) = 57.29 \text{ kN/m}$$

$$SW2 \quad q = (150 / 3) = 50 \text{ kN/m}$$

La presenza del sovraccarico q genera una spinta pari a $Sq = q H k_o$, tale spinta è applicata ad una altezza pari a $H/2$.

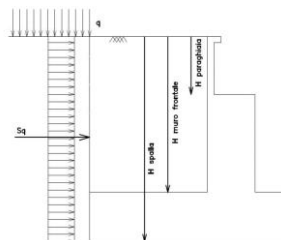


Figura 7: Spinta statica sovraccarico accidentale



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	15 di 86

2.6 Serpeggio (Serp)

Viene applicata a livello del binario, una forza orizzontale trasversale per ciascun binario caricato pari a 100kN, e combinata con i coefficienti previsti dalle norme.

2.7 Resistenze parassite nei vincoli (RPV)

E' stata portata in conto la resistenza parassita dei vincoli applicando un coefficiente di attrito pari al 3% dei carichi verticali agenti agli appoggi.

2.8 Interazione binario – struttura

Gli effetti dell'interazione vengono trascurati in favore di sicurezza. Trascurare tale effetto equivale a trasferire per intero le forze orizzontali di frenatura ed avviamento alle sottostrutture, rinunciando quindi all'effetto favorevole di ripartizione di una quota delle stesse ai rilevati mediante la continuità della rotaia.

Le azioni di frenatura ed avviamento dei treni si assumono uniformemente distribuite su tutta la lunghezza dell'impalcato.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	16 di 86

2.9 Azione Sismica (E)

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

2.9.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica conduce alla determinazione delle azioni sismiche di progetto da applicare sulla struttura in esame.

A tal fine è necessario definire la localizzazione geografica del sito, la classe d'uso e la vita nominale dell'opera strutturale (VN), quest'ultima intesa come il numero di anni nel quale la struttura, soggetta ad una manutenzione ordinaria, assolva alla funzione per la quale è stata progettata.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h") ed una classe d'uso III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R calcolato come il prodotto tra la vita nominale V_N ed il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

Altri parametri che concorrono alla valutazione delle azioni sismiche sono riportati di seguito:

- Categoria sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T1**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:



I valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica (a_g , F_0 , T_C^*) per gli stati limite di normativa sono riportati in Tabella 3:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.052	2.436	0.343
SLD	113	0.063	2.504	0.370
SLV	1068	0.128	2.721	0.476
SLC	2193	0.153	2.809	0.518

Tabella 3: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica

In cui:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno al piano campagna, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S coefficiente che contempla l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

In Tabella 3 si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_0	0.128 g
F_0	2.721
T_c	0.476 s
S_s	1.492
C_c	1.341
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.492
η	1.000
T_B	0.213 s
T_C	0.639 s
T_D	2.111 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.190
T_B ←	0.213	0.518
T_C ←	0.639	0.518
	0.709	0.467
	0.779	0.425
	0.849	0.390
	0.919	0.360
	0.989	0.335
	1.059	0.312
	1.129	0.293
	1.200	0.276
	1.270	0.261
	1.340	0.247
	1.410	0.235
	1.480	0.224
	1.550	0.214
	1.620	0.204
	1.690	0.196
	1.760	0.188
	1.830	0.181
	1.900	0.174
	1.970	0.168
	2.040	0.162
T_D ←	2.111	0.157
	2.200	0.144
	2.290	0.133
	2.380	0.123
	2.470	0.114
	2.560	0.107

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

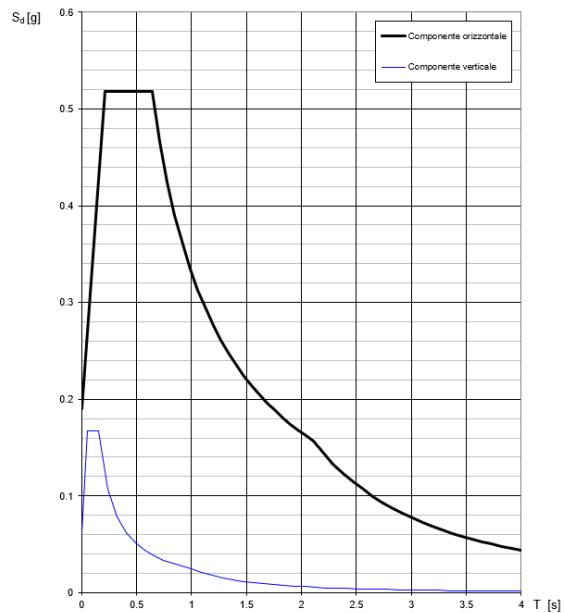






Tabella 4: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura 1.5. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

2.9.2 Sovrappinta sismica

Per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla seguente tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures):

Table C.1 — Ratios v_d/h

Kind of wall movement	v_d/h	
	loose soil %	dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
 v_d is the wall motion to mobilise active earth pressure
 h is the height of the wall

In condizioni sismiche, l'entità degli spostamenti è influenzata fortemente dall'entità dell'azione sismica in relazione alla rigidità del sistema pali-terreno; pertanto, la possibilità di ammettere la mobilitazione della spinta attiva è subordinata alla valutazione degli spostamenti dell'opera e potrà essere valutata caso per caso. Cautelativamente, la valutazione degli spostamenti, da effettuarsi calcolando le spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche, sarà riferita alla base dell'opera (i.e. alla sommità della palificata) e il confronto con i valori di riferimento per la mobilitazione della spinta attiva sarà effettuato in accordo con lo schema b) della tabella estratta dall'EC7 per terreni addensati (rilevati stradali e ferroviari). L'altezza h rispetto alla quale effettuare la verifica corrisponde all'altezza totale dell'opera su cui agisce la spinta del terreno, comprensiva dello spessore della fondazione.

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, non ricorressero le condizioni di spinta attiva, si procederà al calcolo delle spinte considerando la somma della spinta statica a riposo e dell'incremento di spinta sismica valutata con la teoria di Wood, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 "Force due to earth pressure for rigid structures"):

$$\Delta S = k_h \gamma H^2 \quad \text{con } k_h = a_g S$$

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, ricorressero le condizioni di spinta attiva, si confermerà la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche si farà in generale riferimento alla formulazione di Muller – Breslau:

$$k_a = \frac{\cos^2(\alpha + \phi)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche si farà riferimento alla formulazione di Mononobe-Okabe:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove θ = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici k_h e k_v :

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nella determinazione dei coefficienti sismici k_h e k_v , per le spalle di ponti e viadotti ferroviari fondate su pali si porrà $\beta_m = 1$ in accordo con l'EC8-5.

A seguito della verifica della entità degli spostamenti, pari a 2.1cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione $v/h = 2.1/646 \cdot 100 = 0.32\% > 0.05\%$, si conferma la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	21 di 86

Nel caso delle spalle connesse all'impalcato mediante appoggi scorrevoli, le forze di inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno presente sulla sua fondazione saranno valutate applicando l'accelerazione massima al suolo $a_g S$.

2.9.3 Inerzia terrapieno

Si valutano le inerzie legate alla massa del terrapieno confinato a tergo:

$F_{i,T} = k_h \cdot W_{terr}$ (si rimanda alle tabelle seguenti "azioni sulla spalla")

2.9.4 Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = k_h \cdot W_{str}$$

3 CRITERI DI VERIFICA

Il metodo di verifica adottato è quello agli Stati Limite Ultimo (SLU-SLV) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE), secondo quanto previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018.

3.1 Criteri di verifica allo stato limite ultimo

3.1.1 Verifica di resistenza a presso-flessione

Allo Stato Limite Ultimo le verifiche per tensioni normali vengono condotte confrontando per ogni sezione le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza secondo la nota relazione:

$$M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

3.1.2 Verifica di resistenza a taglio

In assenza di armature trasversali a taglio, la verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio è condotta secondo la relazione:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

Dove:

- V_{Rd} è il valore di resistenza a taglio dell'elemento verificato
- V_{Ed} è il valore di calcolo della componente di taglio.

3.2 Criteri di verifica allo stato limite d'esercizio

3.2.1 Verifica a fessurazione

La normativa vigente prevede, per la verifica, in ordine di severità decrescente i seguenti stati limite:

Stato limite di decompressione: la tensione normale è ovunque nella sezione di compressione ed al più uguale a 0.

Stato limite di formazione delle fessure: la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è pari a

$$\sigma_t = f_{ctm}/1.2$$

Stato limite di apertura delle fessure: il valore della dimensione delle fessure è pari ad uno dei seguenti valori nominali

$$w_1 = 0.2\text{mm} \quad w_2 = 0.3\text{mm} \quad w_3 = 0.4\text{mm}$$

Lo stato di fessurazione è fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

L'ampiezza caratteristica è calcolata come il prodotto della deformazione media delle barre d'armatura per la distanza media tra le fessure

$$w_k = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo si devono essere utilizzati criteri riportati in documenti di comprovata validità. Nel caso specifico si rimanda al punto 7.8-EC2.

Nel Manuale di Progettazione ([N4]) è imposto il limite $w_1 = 0.2\text{mm}$ per le opere a permanente contatto con il terreno.

3.2.2 Verifica per le tensioni in esercizio

Le verifiche tensionali agli stati limite di esercizio consistono nel controllare che, per le combinazioni caratteristiche (rare) e quasi permanenti delle azioni, le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature, valutate adottando una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare, siano contenute nei limiti di seguito indicati:

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente}$$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

$$\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

4 CALCOLO SPALLA B

Il calcolo della spalla viene eseguito utilizzando un foglio di calcolo Excel. Nel foglio vengono inseriti dei dati input di geometria e sollecitazioni esterne come le reazioni agli appoggi dell'impalcato. Nel foglio in base alla geometria, alle caratteristiche del terreno, e alle condizioni al contorno, il foglio calcola le spinte applicate sul manufatto. Successivamente tutte le azioni caratteristiche vengono combinate secondo le combinazioni definite nel relativo paragrafo.

Le azioni provenienti dal calcolo agli elementi finiti dell'impalcato, vengono proiettate lungo gli assi principali degli elementi costituenti la spalla. Ad esse va opportunamente integrato il contributo in termini di peso e di spinta del terrapieno che interagisce con la spalla. In Tabella 5 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 8:

CLS			TERRENO	
g [m/sec ²]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]
9.81	25.00	2.55	19.00	1.94

PLINTO												
l [m]	h [m]	t [m]	θ plinto [°]	p [m]	f [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
7.00	2.00	9.50	0.00	3.30	1.50	3.500	0.00	1.00	0.00	133.00	3'325	339

MURO FRONTALE												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	e [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
2.20	2.80	2.20	9.15	1.00	0.00	2.600	0.00	3.40	0.00	56.36	1'409	144

PARAGHIAIA												
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.40	1.75	0.00	9.15	0.00	0.00	3.50	0.00	5.68	0.00	6.41	160	16

MURO D'ALBA												
l [m]	h [m]	t [m]	el [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.00	0.00	0.00	0.00	0	sym	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RIEMPIMENTO												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
3.30	4.55	3.30	7.90	0.00	sym	5.35	0.00	4.54	0.00	118.62	2'254	230

MURI LATERALI DI RISVOLTO													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
3.30	4.550	3.300	0.800	0.00	2	sym	5.35	0.00	4.54	0.00	24.02	601	61

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RICOPRIMENTO												
l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]				
1.50	2.30	9.50	0.75	3.15	0.00	32.78	623	63				

Tabella 5: Geometria Sezione

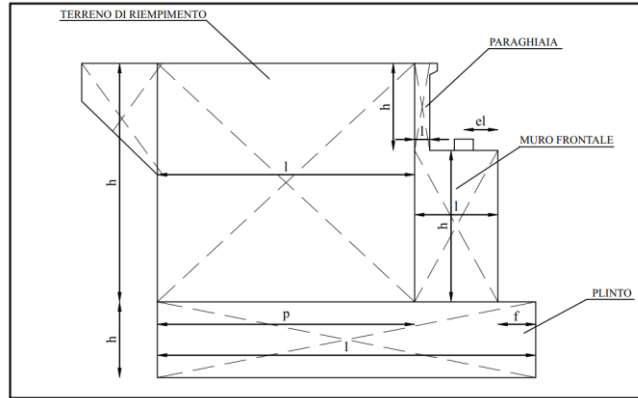


Figura 8: Sezione tipo spalla

In Tabella 6 vengono riportati i parametri dei materiali unitamente al calcolo dei sovraccarichi permanenti, dovuti al peso del terrapieno, ed accidentali, dovuti all'azione da traffico:

CLS		TERRA									
γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	ϕ [°]	λ_0	λ_a	f	δ [°]	K [kNm ³]	ϕ [rad]	δ [rad]
25	2.55	19	1.94	35	0.426	0.27	0.5	0	30000	0.61	0
SISMA											
g [m/sec ²]	a_{g0} [g]	σ_H [g]	σ_v [g]	a_H [m/sec ²]	a_v [m/sec ²]						
9.81	0.128	0.19	0.04	1.87	0.38						
SOVRACCARICO PERMANENTE -BALLAST						SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO					
B(q) [m]	q [KN/m ²]	b _i [m]	Fv [kN]	B(q) [m]	q [KN/m ²]	Fq [kN]	L(fr) [m]	$\lambda(fr)$ [kN/m]			
3	14.4	8.7	432	3	57.3	1719	11.34	35			

Tabella 6: Parametri dei materiali e calcolo sovraccarichi

In Tabella 7 vengono riportati i parametri caratteristici e i valori della spinta sia in condizioni di riposo che in condizioni attiva di rottura, entrambi connessi al relativo calcolo della sovraspinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.

Direzione Longitudinale

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
6.55	4.55	0.00	9.15	0.00

	SPINTA RIPOSO				
	λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
TERRENO	0.426	1'590	0	1'590	2.18
PERM	0.426	121	0	121	3.28
ACC	0.426	480	0	480	3.28

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
TERRENO	0.271	1'011	1'011	2.18	0.442	1'650	639	0.341	1'271	261
PERM	0.271	77	77	3.28	0.442	125	49	0.341	96	20
ACC	0.271	305	305	3.28	0.442	498	193	0.341	384	79

Direzione Trasversale

	SPINTA RIPOSO									
	n°	pos	segno	H [m]	l [m]	λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	4.55	3.30	0.426	0	0	0	3.52
bandiere	2	sym	0	0.45	0.00	0.426	0	0	0	6.25
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	4.28
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	6.33

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir trasversale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
risvolti	0.271	0	0	3.52	0.442	0	0	0.341	0	0
bandiere	0.271	0	0	6.25	0.442	0	0	0.341	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	4.28	0.442	0	0	0.341	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	6.33	0.442	0	0	0.341	0	0

Tabella 7: Parametri caratteristici delle azioni



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	27 di 86

Il calcolo dei coefficienti di spinta, in condizioni attive/passive di rottura, viene riportato all'interno della Tabella 8:

Spinta sismica del terreno - NTC 2018

Terreno tipo	C
Categoria topografica	1 ▼
F_0	F_0 2.718
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	a_g 0.128 g
	S_S 1.491258
	S_T 1
	S 1.491258
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$ 0.190881
spostamenti del muro ammessi	no ▼
	β_m 1 ▼
coefficiente sismico orizzontale	$k_h=\beta_m*a_{max}$ 0.190881
coefficiente sismico verticale	$k_v=0.5*k_h$ 0.09544
	verso basso verso l'alto
Verso dell'azione sismica	(-1/+1) 1 ▼ -1
	$k_h/(1 \pm k_v)$ 0.211021 0.17425
Angolo di attrito del terreno	φ 35 °
Coefficiente parziale per l'angolo di attrito	γ_φ 1
Angolo di attrito di progetto del terreno	φ_d 35 °
inclinazione della parete del muro rivolta a monte	$\psi=\alpha$ 90 ▼ °
inclinazione della superficie del terrapieno	β 0 ▼ °
Angolo di attrito tra muro e terreno	δ 0 °
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	δ_d 0 °
	θ (°) 11.91579 9.884569
	$\varphi_d - \theta$ (°) 23.08421 25.11543
Coefficiente di spinta attiva	K_a 0.271
Coefficiente di spinta passiva	K_p 3.690
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	K_{AE} 0.403876 0.376891
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$ 0.442422 0.34092
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	K_{PE} 3.26177 3.340248
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$ 3.573075 3.021453

Tabella 8: Coefficienti di spinta

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SB	0.1	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	Wk	Combination	Max	0	0	298	0	919	0	SB-1	0
SB	0.1	Wk	Combination	Max	0	0	298	0	889	0	SB-1	0.1
SB	0	Wk	Combination	Min	0	0	133	0	389	0	SB-1	0
SB	0.1	Wk	Combination	Min	0	0	133	0	376	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-LM71	Combination	Max	13	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-LM71	Combination	Max	13	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-LM71	Combination	Min	-13	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-LM71	Combination	Min	-13	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-SW2	Combination	Max	16	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-SW2	Combination	Max	16	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-SW2	Combination	Min	-16	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-SW2	Combination	Min	-16	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min P	-2678	0	-3	0	213	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min P	-2678	0	-3	0	213	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min V2	-2678	0	-3	0	213	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min V2	-2678	0	-3	0	213	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max V3	-1301	0	18	0	-834	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max V3	-1301	0	18	0	-835	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min V3	-1104	0	-18	0	919	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min V3	-1104	0	-18	0	921	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max T	-1339	0	-15	0	1118	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max T	-1339	0	-15	0	1120	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min T	-1339	0	15	0	-1118	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min T	-1339	0	15	0	-1120	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max M2	-1339	0	-15	0	1118	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max M2	-1339	0	-15	0	1120	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min M2	-1339	0	15	0	-1118	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min M2	-1339	0	15	0	-1120	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	Combination	Min M3	-2678	0	-3	0	213	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	Combination	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1

Con il seguente significato

- P = azione normale
- V2 = forza longitudinale
- V3 = forza trasversale
- T = momento torcente
- M2 = momento trasversale
- M3 = momento longitudinale

In generale per gli elementi modellati come monodimensionali, salvo ove diversamente specificato, l'asse 1 coincide con la direzione di prevalente sviluppo dell'elemento stesso, gli assi 2 e 3 con le direzioni ad esso ortogonali. Per il plinto di fondazione, l'asse 2 è quello coincidente con la direzione di sviluppo longitudinale del viadotto, l'asse 3 è quello relativo alla direzione ad esso trasversale.

In Tabella 9 vengono illustrati i pesi del terreno e della spalla unitamente ai valori di spinta in condizioni di riposo e attiva agenti su entrambe le direzioni principali, con il seguente significato:

- Fv, forza verticale;
- Fl, forza longitudinale;
- Ft, forza trasversale;
- bl, braccio delle forze verticali, rispetto al piede anteriore della fondazione;
- bh, braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;
- Msl, momento stabilizzante, rispetto al piede anteriore della fondazione;
- Mrl, momento ribaltante, rispetto al piede anteriore della fondazione;
- et, braccio trasversale delle forze verticali, rispetto al baricentro della fondazione;
- Mt, momento trasversale, rispetto al baricentro della fondazione, riportato alla quota intradosso plinto;

AZIONI NON FATTORIZZATE (rispetto allo spigolo all'INTRADOSSO a valla anteriore plinto)
PESO PROPRIO SPALLA

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	3'325			3.50	1.00	11'638			0	0	
MURO FRONTALE	1'409			2.60	3.40	3'664		0.00	0	1'268	
PARAGHIAIA	160			3.50	5.68	560		0.00	0	0	
MURO D'ALA	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
MURI LATERALI DI RISVOLTO	601			5.35	4.54	3'213		0.00	0	-1'111	
BANDIERA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	5'495					19'075			0	157	

PESO TERRENO

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	et [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO	2254			5.35	4.54	12'058		0.00	0	-4'169	
RICOPRIMENTO	623			0.75	-3.15	467		0.00		1'712	
TOTALE	2'876					12'525			0	-2'457	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - ATTIVA

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA ATTIVA		1'011			2.18		2'206			2'206	
SOVRACCARICO PERMANENTE	143	77		5.35	3.28	762.70	251			-13	
FRENATURA		397			3.28		1'300			1'300	
SOVRACCARICO ACC	189.06	305		5.35	3.28	1011	999			649	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - RIPOSO

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA RIPOSO	0	1'590			2.18	0	3'472			3'472	
SOVRACCARICO PERMANENTE	143	121		5.35	3.28	763	395			131	
FRENATURA		397			3.28		1'300			1'300	
SOVRACCARICO ACC	189.06	480		5.35	3.28	1011	1'572			1'222	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		3.52				0	0	
BANDIERE			0		6.25				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	2.70	3.52				0	0	
BANDIERE	0		0	3.50	6.25				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA sovraccarico

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.28				0	0	
BANDIERE			0		6.33				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	2.70	4.28				0	0	
BANDIERE	0		0	3.50	6.33				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SISMA LONGITUDINALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO		635			1.00		635		635	
M FRONTALE		269			3.40		914		914	
PARAGHIAIA		31			5.68		173		173	
MURO LATERALE DI CHIUSURA		0			2.00		0		0	
RISVOLTI		115			4.54		520		520	
BANDIERE		0			0.00		0		0	
TOTALE		1'049					2'243		2'243	

SISMA TRASVERSALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO			635		1.00			635	0	
M FRONTALE			269		3.40			914	0	
PARAGHIAIA			31		5.68			173	0	
MURO LATERALE DI CHIUSURA			0		2.00			0	0	
RISVOLTI			115		4.54			520	0	
BANDIERE			0		0.00			0	0	
TOTALE			1'049					2'243	0	

SISMA VERTICALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	213				3.50		745		0	
M FRONTALE	90				2.60		234		81	
PARAGHIAIA	10				3.50		36		0	
MURO LATERALE DI CHIUSURA	0				0.00		0		0	
RISVOLTI	38				5.35		206		-71	
BANDIERE	0				0.00		0		0	
TOTALE	352						1'221		10	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(+)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
TERRENO		726			3.28		2'505		2'505	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
TERRENO		296			3.28		1'022		1'022	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(+)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.28			0	0	
BANDIERE			0		6.33			0	0	
TOTALE			0					0	0	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.28			0	0	
BANDIERE			0		6.33			0	0	
TOTALE			0					0	0	

SISMA LONGITUDINALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO		430			4.54		1'952		1'952	

SISMA TRASVERSALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO			430		4.54			1952	0	

SISMA VERTICALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO	144				5.35		772		-267	

Tabella 9: Calcolo delle spinte del terrapieno

4.1.4 Azioni caratteristiche statiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Pt	Mt	T	FV	Msl	Mri	Sigla
Peso proprio	G1'	1590	2248	0	0	0	9447	34290	3472	G1
Carichi permanenti portati	G2	0	1066	0	0	0	1066	2665	0	G2
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2'	480	4307	0	0	0	3273	8722	1572	SW2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	480	3900	3	226	0	2867	7707	1572	LM71
Avviamento e frenatura (SW2)	AF-SW2'	397	1317	0	0	0	16	40	1300	AFSW2
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	397	1314	0	0	0	13	34	1300	AFLM71
Serpeggio(SW2)	Serp_SW2	0	0	99	542	0	0	0	0	SSW2
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	109	596	0	0	0	0	SLM71
Azione del vento	Wk	0	0	298	2336	0	0	0	0	Wk
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	157	753	0	0	0	0	0	0	RPV

4.1.5 Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Pt	Mt	T	FV	Msl	Mri	Load Type	ϕ / ψ
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	157	0	0	0	5495	19075	0		1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-2457	0	0	0	2876	12525	0		1
Spinta attiva long.	SA-L	1011	2206	0	0	0	0	0	2206		1
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	77	-13	0	0	0	143	763	251		1
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	1049	2243	0	0	0	0	0	2243		1
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	1049	2243	0	0	0	0		1
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	10	0	0	0	352	1221	0		1
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	726	2505	0	0	0	0	0	2505		1
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale -	S-SIS-L_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Sovraspinta sismica trasv. con sisma verticale	S-SIS-T_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Sovraspinta sismica trasv. con sisma verticale	S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	430	1952	0	0	0	0	0	1952		1
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	430	1952	0	0	0	0		1
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-267	0	0	0	144	772	0		1
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico ACC	305	649	0	0	0	189	1011	999		1
Frenatura	FR	397	1300	0	0	0	0	0	1300		1

4.1.6 Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	Load Type	ϕ / ψ
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	1076	0	0	0	1076	2690	0		1
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	1066	0	0	0	1066	2665	0		1
Traffico Carico Verticale (SW2)	LM71	0	0	0	1	0	0	0	0	moving	1
Avviamento e Frenatura	AF-LM71	0	13	0	0	0	13	34	0	env	1
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	-1	-3	0	0	0	0	env	1
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0	env	1
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Azione Sismica Longitudinale	EX	0	343	1	6	0	343	857	0	max	0.7
Azione Sismica Trasversale	EY	0	2	631	4397	0	2	4	0	max	0.7
Azione Sismica Verticale	EZ	0	121	0	3	0	121	303	0	max	0.7

4.1.7 Combinazioni Manuali sismiche

	MANUALI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	
Permanenti	G1'	1011	983	0	0	0	9447	34290	2206	
Permanenti Portati	G2	0	1066	0	0	0	1066	2665	0	
Traffico Carico Verticale (SW2)	LM71'	305	649	0	1	0	189	1011	999	
Avviamento e Frenatura	AF-LM71'	397	1314	0	0	0	13	34	1300	
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistenze Parassite	RPV	64	308							0.03
Azione Sismica Longitudinale	SX'	2205	7043	1	6	0	343	857	6700	
Azione Sismica Trasversale	SY'	0	2	2110	8592	0	2	4	0	
Azione Sismica Verticale	SZ'	0	-136	0	3	0	617	2295	0	

4.1.8 Azioni Caratteristiche sismiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	Sigla
Peso proprio	G1'	1011	983	0	0	0	9447	34290	2206	G1
Carichi permanenti portati	G2	0	1066	0	0	0	1066	2665	0	G2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	305	649	0	1	0	189	1011	999	LM71
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	397	1314	0	0	0	13	34	1300	AFLM71
Serpeggio (LM71)	Serp_LM71	0	0	-1	-3	0	0	0	0	SLM71
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	64	308	0	0	0	0	0	0	RPV
Azione Sismica SX	SX'	2205	7043	1	6	0	343	857	6700	SX
Azione Sismica SY	SY'	0	2	2110	8592	0	2	4	0	SY
Azione Sismica SZ	SZ'	0	-136	0	3	0	617	2295	0	SZ



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	36 di 86

4.2 Combinazioni

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NTC.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

SLU di tipo strutturale (STR): raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 2", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

combinazione (A1+M1+R3) generalmente dimensionante per STR

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

STR) $\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$ ($\phi_d' = \phi_k'$)

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara) $G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

Frequente) $G1 + G2 + \sum_i \psi_{1i} Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

Quasi permanente) $G1 + G2 + \psi_{21} Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

STR) $E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$ ($\phi_d' = \phi_k'$)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$G1 + G2 + 0.2 Q_{ki}$

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

Tabella 10: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU

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

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

Tabella 11: Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti ferroviari

Il numero di combinazioni analizzate per ogni stato limite è dato dal prodotto del numero di combinazioni riportato nelle tabelle, per il numero delle sollecitazioni trasmesse dall'impalcato, pari a 6 (P,V2,V3,M2,M3,T) e raddoppiato considerando sia la condizione massima e minima di ciascuna sollecitazione:

SLE-RARA= 72 combinazioni

SLE-FREQ= 72 combinazioni

SLE-QP= 24 combinazioni

SLU= 288 combinazioni

SLV= 576 combinazioni

Sigla	SLER1	SLER2	SLER3	SLER4	SLER5	SLER6
G1	1	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	0.8	0	0	0
LM71	0	0	0	1	1	0.8
AFSW2	0.5	1	0.8	0	0	0
AFLM71	0	0	0	0.5	1	0.8
SSW2	1	0.5	0.8	0	0	0
SLM71	0	0	0	1	0.5	0.8
Wk	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Twk	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
RPV	1	1	1	1	1	1

Tabella 12: Combinazione SLE-RARA

Sigla	SLEFR1	SLEFR2	SLEFR3	SLEFR4	SLEFR5	SLEFR6
G1	1	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	0.8	0	0	0
LM71	0	0	0	1	1	0.8
AFSW2	0.5	1	0.8	0	0	0
AFLM71	0	0	0	0.5	1	0.8
SSW2	1	0.5	0.8	0	0	0
SLM71	0	0	0	1	0.5	0.8
Wk	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Twk	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
RPV	1	1	1	1	1	1

Tabella 13: Combinazione SLE-FREQ

Sigla	SLEQP1	SLEQP2
G1	1	1
G2	1	1
Twk	0.5	0
RPV	1	0

Tabella 14: combinazione SLE-QP



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI 01 04 002 A 39 di 86

Sigla	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
G1	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1	1	1
G2	1.5	1.5	1.5	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0	0	0
SW2	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0
LM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFSW2	0.725	0.58	0	0.725	0.58	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0
AFLM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW2	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	0.725	0.58	0	0.725	0.58	0
SLM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wk	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5
Twk	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9
RPV	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1.35	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1	1	1
1.5	1.5	1.5	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.725	0.58	0	0.725	0.58	0	1.45	1.16	0	1.45	1.16	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.45	1.16	0	1.45	1.16	0	0.725	0.58	0	0.725	0.58	0
0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5
0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabella 15: combinazione SLU

Sigla	SIS1	SIS2	SIS3	SIS4	SIS5	SIS6	SIS7	SIS8	SIS9	SIS10	SIS11	SIS12	SIS13	SIS14	SIS15	SIS16	SIS17	SIS18	SIS19	SIS20	SIS21	SIS22	SIS23	SIS24
G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LM71	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AF LM71	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
SLM71	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Twk	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
RPV	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
SX	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3
SY	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1
SZ	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3

SIS25	SIS26	SIS27	SIS28	SIS29	SIS30	SIS31	SIS32	SIS33	SIS34	SIS35	SIS36	SIS37	SIS38	SIS39	SIS40	SIS41	SIS42	SIS43	SIS44	SIS45	SIS46	SIS47	SIS48
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3
1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3
0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1

Tabella 16: combinazione SLV

4.3 Sollecitazioni

4.3.1 Sollecitazioni base plinto

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori delle sollecitazioni a base plinto per ogni condizione massima e minima studiata:

COMB. SLU											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	19337	14114	2513	3835	341	0	64138	9445	FVmax	SLU7	7
Fvmin	9661	2908	-1542	1868	-200	0	35434	4065	FVmin	SLU6	150
Flmax	19337	14114	2513	3835	341	0	64138	9445	FVmax	SLU7	7
Flmin	9661	2908	-1542	1868	-200	0	35434	4065	FVmin	SLU6	150
Mlmax	19337	14114	2513	3835	341	0	64138	9445	FVmax	SLU7	7
Mlmin	9661	2908	-1542	1868	-200	0	35434	4065	FVmin	SLU6	150
Ftmax	16451	9854	4447	3457	453	0	56926	8503	Ftmax	SLU13	109
Ftmin	9661	2908	-1542	1868	-200	0	35434	4065	FVmin	SLU6	150
Mtmax	17089	10590	4715	3478	437	0	58519	8503	Tmax	SLU1	121
Mtmin	12183	8204	-2735	2921	-145	0	42520	7287	Tmin	SLU4	268
Np max	19337	14114	2513	3835	341	0	64138	9445	FVmax	SLU7	7
Np min	11556	8420	4011	3188	374	0	40951	8230	Ftmax	SLU22	118

COMB. SISMICA											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	11953	5251	2687	1954	645	0	41819	4928	FVmax	SIS41	41
Fvmin	9794	-1561	-2582	-468	-634	0	34405	-1128	FVmin	SIS36	324
Flmax	11761	10276	2689	3497	645	0	40813	9618	FVmax	SIS9	9
Flmin	9986	-4832	-2585	-1504	-634	0	35411	-4065	FVmin	SIS4	292
Mlmax	11761	10276	2689	3497	645	0	40813	9618	FVmax	SIS9	9
Mlmin	10357	-4914	-2583	-1504	-634	0	36788	-4065	FVmin	SIS7	295
Ftmax	11205	4900	8916	1914	2135	0	39425	4798	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	10485	-1397	-8779	-468	-2114	0	36659	-1128	Ftmin	SIS20	500
Mtmax	11252	4947	8953	1914	2135	0	39542	4798	Tmax	SIS17	257
Mtmin	10493	-1389	-8833	-468	-2113	0	36678	-1128	Tmin	SIS20	548
Np max	11761	10276	2689	3497	645	0	40813	9618	FVmax	SIS9	9
Np min	11225	9740	2584	3497	634	0	39474	9618	FVmin	SIS9	297

CARICHI PERMANENTI

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	10656	3446	0	1711	0	0

COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	MsI	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	13945	8521	1684	2348	229	0	46480	5439	FVmax	SLER2	2
Fvmin	10818	4743	-618	2159	-80	0	38554	5125	FVmin	SLER6	42
FImax	13945	8521	1684	2348	229	0	46480	5439	FVmax	SLER2	2
FImin	10818	4743	-618	2159	-80	0	38554	5125	FVmin	SLER6	42
Mmax	13945	8521	1684	2348	229	0	46480	5439	FVmax	SLER2	2
Mmin	10818	4743	-618	2159	-80	0	38554	5125	FVmin	SLER6	42
Ftmax	11956	6243	3018	2288	306	0	41506	5439	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	12065	6371	-1533	2292	-99	0	41779	5439	Ftmin	SLER1	61
Mtmax	12395	6749	3203	2302	295	0	42604	5439	Tmax	SLER1	31
Mtmin	12395	6749	-1865	2302	-97	0	42604	5439	Tmin	SLER1	67
Np max	13937	8513	1958	2348	278	0	46460	5439	FVmax	SLER1	1
Np min	11956	6243	3018	2288	306	0	41506	5439	Ftmax	SLER4	28

COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	MsI	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	13851	7910	1449	2108	199	0	45974	5406	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	10742	4254	-516	1967	-67	0	38149	4805	FVmin	SLEFR6	42
FImax	13851	7910	1449	2108	199	0	45974	5406	FVmax	SLEFR2	2
FImin	10742	4254	-516	1967	-67	0	38149	4805	FVmin	SLEFR6	42
Mmax	13851	7910	1449	2108	199	0	45974	5406	FVmax	SLEFR2	2
Mmin	10742	4254	-516	1967	-67	0	38149	4805	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	11861	5632	2783	2048	277	0	41000	5118	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	11971	5760	-1430	2052	-86	0	41273	5136	Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	12301	6138	2968	2061	266	0	42099	5184	Tmax	SLEFR1	31
Mtmin	12301	6138	-1762	2061	-84	0	42099	5184	Tmin	SLEFR1	67
Np max	13843	7902	1722	2108	249	0	45954	5406	FVmax	SLEFR1	1
Np min	11861	5632	2783	2048	277	0	41000	5118	Ftmax	SLEFR4	28

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	MsI	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	10656	3446	0	1711	0	0	37718	3867	FVmax	SLEQP2	2
FImax	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
FImin	10656	3446	0	1711	0	0	37718	3867	FVmax	SLEQP2	2
Mmax	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
Mmin	10656	3446	0	1711	0	0	37718	3867	FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	10656	3446	0	1711	0	0	37718	3867	FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	10656	3446	0	1711	0	0	37718	3867	FVmax	SLEQP2	2
Np max	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1
Np min	10656	3754	0	1775	0	0	37718	4176	FVmax	SLEQP1	1



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	42 di 86

4.3.2 Sollecitazioni in testa palo

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.

Il valore del momento in testa al palo viene calcolato secondo l'ipotesi di palo impedito di ruotare in sommità per il quale vale la seguente relazione:

$$M_{max} = H \cdot L_o / 2$$

Dove:

H è il taglio massimo in testa al palo

$L_o = (4EJ / E_s)^{1/4}$ è detta "lunghezza elastica del palo"

EJ è la rigidezza flessionale del palo

$E_s = KB$ = modulo di elasticità del suolo

$B = 1.5 D$

In prima approssimazione K e quindi Es, si ammettono costanti con la profondità del terreno.

$K = 1.67 E / D$ coefficiente di sottofondo

E = Modulo di rigidezza secante del terreno.

Plinto di fondazione

Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	7.00	m
Dimensione trasv. fondazione	9.50	m
Inclinazione plinto	0.0	°
Sbalzo anteriore	1.50	m
Sbalzo posteriore	3.30	m
Altezza terreno ricoprimento	2.30	m
Altezza terreno riempimento	4.55	

Palificata

Diametro dei pali	1500.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	100.20	N/mm ²
Area palo	1.77	m ²
W flessione palo elastico	0.33	m ³
L0	8.41	m
Numero di pali totale	4	
Modulo long.minimo palo	9.00	m
Modulo trasv.minimo palo	14.00	m
elong	0.00	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	0.00	°

Inerzia Palo	3.98E+12	mm ⁴
Modulo Rigidezza Cis E	31447	N/mm ²
Modulo Rigidezza Terreno E	40	N/mm ²
Coefficiente di sottofondo Kh	44533	kN/m ³
Larghezza B	2250.00	mm

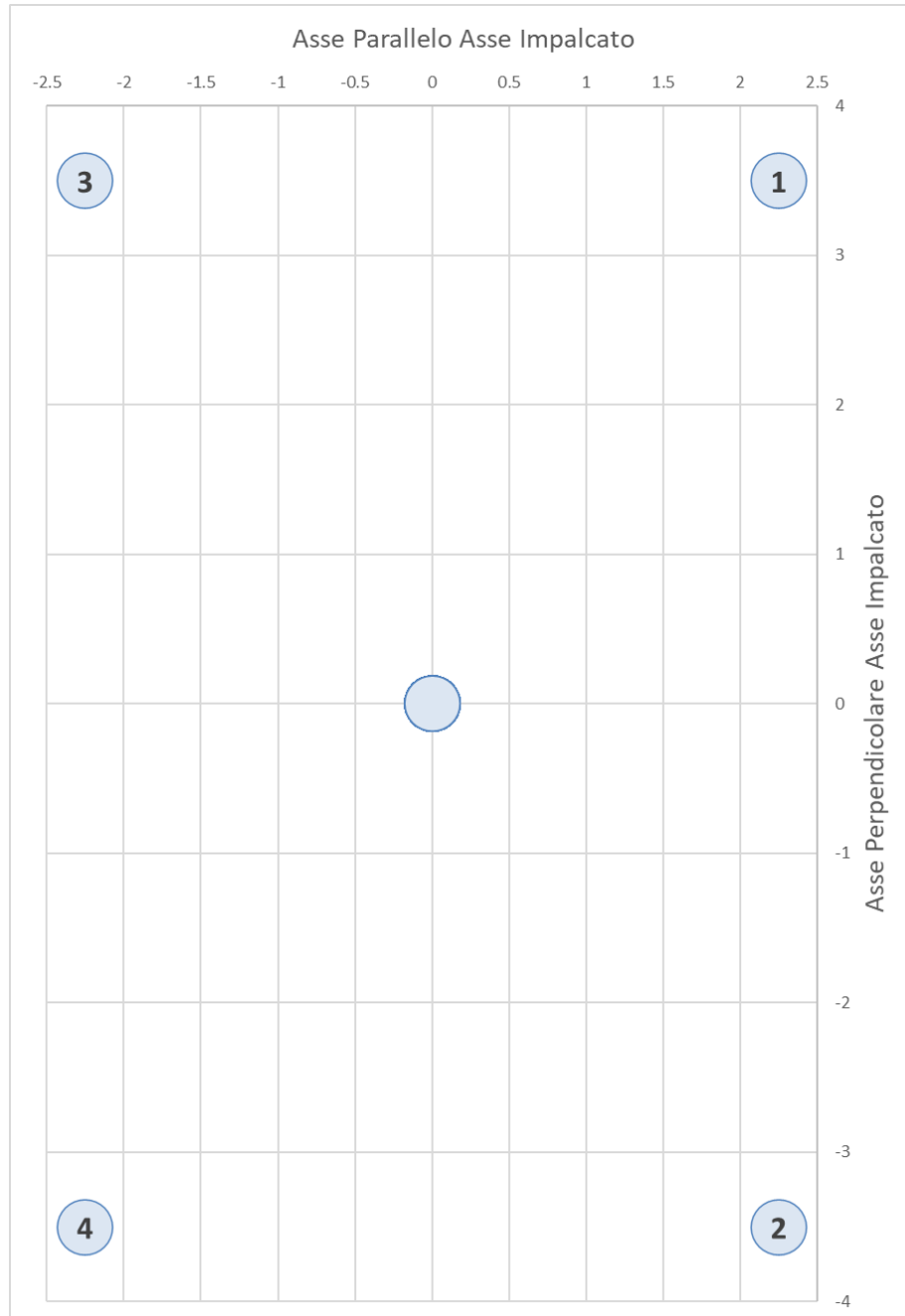


Figura 9: Disposizione pali

SLU

Cond.	Comb	1	2	3	4		
-	-	kN	kN	kN	kN		
Fvmax	SLU7	6582	6223	3445	3086		
Fvmin	SLU6	2628	2849	1982	2202		
Fmax	SLU7	6582	6223	3445	3086		
Fmin	SLU6	2628	2849	1982	2202		
Mlmax	SLU7	6582	6223	3445	3086		
Mlmin	SLU6	2628	2849	1982	2202		
Ftmax	SLU13	5525	4890	3336	2700		
Ftmin	SLU6	2628	2849	1982	2202		
Mtmax	SLU1	5786	5112	3432	2759		
Mtmin	SLU4	3762	4153	1939	2330		
Np max	SLU7	6582	6223	3445	3086		
Np min	SLU22	4111	3538	2240	1667		

SIS

Cond.	Comb	1	2	3	4		
-	-	kN	kN	kN	kN		
Fvmax	SIS41	3763	3380	2597	2213		
Fvmin	SIS36	2091	2460	2438	2807		
Fmax	SIS9	4274	3890	1990	1606		
Fmin	SIS4	1775	2144	2849	3218		
Mlmax	SIS9	4274	3890	1990	1606		
Mlmin	SIS7	1859	2228	2951	3320		
Ftmax	SIS17	3983	2709	2894	1620		
Ftmin	SIS20	1839	3093	2149	3404		
Mtmax	SIS17	4002	2723	2903	1624		
Mtmin	SIS20	1838	3100	2147	3409		
Np max	SIS9	4274	3890	1990	1606		
Np min	SIS9	4073	3704	1909	1539		

SLU

Nmax	Nmin	Hmax
kN	kN	kN
6582	1667	963

SIS

Nmax	Nmin	Hmax
kN	kN	kN
4274	1539	889

Tabella 17: Scarichi dei pali in condizioni di esercizio e in sismica

Le condizioni Npmax e Npmin sono le condizioni che massimizzano e minimizzano il carico assiale sul palo.

SLE-R

Cond.	Comb	1	2	3	4
-	-	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLER2	4553	4313	2660	2419
Fvmin	SLER6	3187	3276	2133	2222
Fimax	SLER2	4553	4313	2660	2419
Fimin	SLER6	3187	3276	2133	2222
Mlmax	SLER2	4553	4313	2660	2419
Mlmin	SLER6	3187	3276	2133	2222
Ftmax	SLER4	3898	3467	2511	2080
Ftmin	SLER1	3615	3834	2199	2418
Mtmax	SLER1	4077	3620	2578	2120
Mtmin	SLER1	3715	3982	2216	2482
Np max	SLER1	4570	4290	2678	2399
Np min	SLER4	3898	3467	2511	2080

SLE-FR

Cond.	Comb	1	2	3	4
-	-	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEFR2	4445	4238	2687	2480
Fvmin	SLEFR6	3121	3195	2176	2250
Fimax	SLEFR2	4445	4238	2687	2480
Fimin	SLEFR6	3121	3195	2176	2250
Mlmax	SLEFR2	4445	4238	2687	2480
Mlmin	SLEFR6	3121	3195	2176	2250
Ftmax	SLEFR4	3790	3392	2538	2141
Ftmin	SLEFR1	3530	3735	2250	2455
Mtmax	SLEFR1	3969	3545	2605	2181
Mtmin	SLEFR1	3631	3883	2267	2519
Np max	SLEFR1	4462	4216	2706	2460
Np min	SLEFR4	3790	3392	2538	2141

SLE-QP

Cond.	Comb	1	2	3	4
-	-	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Fvmin	SLEQP2	3047	3047	2281	2281
Fimax	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Fimin	SLEQP2	3047	3047	2281	2281
Mlmax	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Mlmin	SLEQP2	3047	3047	2281	2281
Ftmax	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Ftmin	SLEQP2	3047	3047	2281	2281
Mtmax	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Mtmin	SLEQP2	3047	3047	2281	2281
Np max	SLEQP1	3081	3081	2247	2247
Np min	SLEQP1	3081	3081	2247	2247

Tabella 18: Scarichi dei pali in condizioni degli Stati Limite di Esercizio

4.3.3 Sollecitazioni muro frontale

Si riportano di seguito le sollecitazioni alla base del muro frontale, calcolate con gli stessi criteri delle forze a intradosso plinto, solo che ora l'altezza di riferimento è a intradosso muro frontale e si considera solo una striscia di metro di sezione su cui si eseguiranno le verifiche:

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1056	676	198	334	37	0		FVmax	SLU7	7
Fvmin	289	132	-125	81	-22	0		FVmin	SLU6	150
FImax	1056	676	198	334	37	0		FVmax	SLU7	7
FImin	289	132	-125	81	-22	0		FVmin	SLU6	150
MImax	1056	676	198	334	37	0		FVmax	SLU7	7
MImin	289	132	-125	81	-22	0		FVmin	SLU6	150
Ftmax	741	611	385	303	50	0		Ftmax	SLU13	109
Ftmin	289	132	-125	81	-22	0		FVmin	SLU6	150
Mtmax	811	624	418	305	48	0		Tmax	SLU1	121
Mtmin	535	491	-267	245	-16	0		Tmin	SLU4	268
Tmax	535	491	418	245	48	0		Tmax	SLU4	124
Tmin	812	630	-267	327	-16	0		Tmin	SLU7	271

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	529	506	177	209	40	0		FVmax	SIS9	9
Fvmin	342	-3	-168	-6	-39	0		FVmin	SIS4	292
FImax	529	506	177	209	40	0		FVmax	SIS9	9
FImin	342	-3	-168	-6	-39	0		FVmin	SIS4	292
MImax	529	506	177	209	40	0		FVmax	SIS9	9
MImin	342	-3	-168	-6	-39	0		FVmin	SIS4	292
Ftmax	455	259	586	123	132	0		Ftmax	SIS17	209
Ftmin	409	34	-576	12	-130	0		Ftmin	SIS20	500
Mtmax	460	259	590	123	132	0		Tmax	SIS17	257
Mtmin	410	34	-582	12	-130	0		Tmin	SIS20	548
Tmax	460	259	590	123	132	0		Tmax	SIS17	257
Tmin	410	38	-582	15	-129	0		Tmin	SIS28	556

Tabella 19: Sollecitazioni muro frontale SLU e SLV

COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	744	461	133	204	25	0	FVmax	SLER2	2
Fvmin	406	399	-50	194	-9	0	FVmin	SLER4	40
Flmax	744	461	133	204	25	0	FVmax	SLER2	2
Flmin	407	357	-50	175	-9	0	FVmin	SLER6	42
Mlmax	744	461	133	204	25	0	FVmax	SLER2	2
Mlmin	407	357	-50	175	-9	0	FVmin	SLER6	42
Ftmax	527	421	261	197	33	0	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	539	423	-146	198	-11	0	Ftmin	SLER1	61
Mtmax	575	430	284	199	32	0	Tmax	SLER1	31
Mtmin	575	430	-183	199	-11	0	Tmin	SLER1	67
Tmax	575	430	284	199	32	0	Tmax	SLER1	31
Tmin	576	430	-182	199	-11	0	Tmin	SLER2	68

COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	744	355	114	157	22	0	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	406	293	-42	147	-7	0	FVmin	SLEFR4	40
Flmax	744	355	114	157	22	0	FVmax	SLEFR2	2
Flmin	407	272	-42	138	-7	0	FVmin	SLEFR6	42
Mlmax	744	355	114	157	22	0	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	407	272	-42	138	-7	0	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	527	315	242	151	30	0	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	539	318	-138	151	-9	0	Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	575	324	265	152	29	0	Tmax	SLEFR1	31
Mtmin	575	324	-174	152	-9	0	Tmin	SLEFR1	67
Tmax	575	324	265	152	29	0	Tmax	SLEFR1	31
Tmin	576	324	-174	152	-9	0	Tmin	SLEFR2	68

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	406	187	0	101	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	406	167	0	94	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Flmax	406	187	0	101	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Flmin	406	167	0	94	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Mlmax	406	187	0	101	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	406	167	0	94	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	406	187	0	101	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	406	167	0	94	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	406	187	0	101	0	0	FVmin	SLEQP1	13
Mtmin	406	167	0	94	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Tmax	406	187	0	101	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Tmin	406	187	0	101	0	0	FVmin	SLEQP1	13

Tabella 20: Sollecitazioni del Muro Frontale per gli stati limite di esercizio

4.3.4 Sollecitazioni paraghiaia

AZIONI

Sovraccarico ferroviario

b _l	6.4	m	larghezza di diffusione longitudinale al piano strada
b _t	3	m	larghezza di diffusione trasversale al piano strada
a	19.2	m ²	area di diffusione trasversale al piano strada
q _{0_1}	52.08	KN/m ²	sovraccarico a m ² a livello strada
σ _{0_1}	22.19	KN/m ²	spinta sovraccarico a livello strada

facendo una diffusione a 30° fino all'intradosso paraghiaia si ha

B _l	7.41	m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B _t	5.02	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	37.2	m ²	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q _{0_2}	26.88	KN/m ²	sovraccarico a m ² all'intradosso paraghiaia
σ _{0_2}	11.45	KN/m ²	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S ₀	115	kN	Spinta totale
M ₀	118	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

Se si suppone collaborante una larghezza di muro pari alla media tra B_t e b_t+2*h

B _{coll}	5.76	m	
S ₀	19.9	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M ₀	20.4	kNm/m	Momento sovraccarico a m/trasversale

Frenatura

Q _l bk	35	kN/m	per modello di carico SW2
L _{fr}	3.03	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q _l bk'=Q _l bk*L _{fr}	106	kN	forza di frenatura totale
M=Q _l bk'*H	186	kNm	momento flettente totale allo spiccato

Partendo dalla dimensione trasversale della traversa pari a 2.4m, e operando una diffusione nel ballast 4:1, si ha

b _t	2.80	m	larghezza di diffusione trasversale all'estradosso paraghiaia
Accettando l'ipotesi di ripartizione del carico nel terreno con un angolo di 30°, le sollecitazioni a metro lineare valgono			
B _t	4.82	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q _l bk'/B _t	22.0	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q _l bk'*H/B _t	38.5	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

Verifica della parete paraghiaia
Calcolo a mensola di una striscia unitaria

peso specifico terreno di riempimento	γ	19	KN/m ³
angolo di attrito rilevato	ϕ	35.00	°
coefficiente di spinta a riposo	λ_0	0.426	
coefficiente di spinta (sismico)	λ_s	0.442	
ordinata dello spettro orizzontale	ag^*S	0.191	
altezza paraghiaia	H	1.75	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	20	20
FRENATURA RILEVATO	1.00	22	39

VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO (SLU gr.3) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.35	17	10
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.35	27	28
FRENATURA RILEVATO	1.35	30	52
TOTALE		73	89

VERIFICA IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [KNm/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	8	5
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	7	6
SPINTA SOVRACCARICO ACCIDENTALE	0.20	3	2
MASSA PARAGHIAIA	1.00	3	3
TOTALE		20	15

VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.3) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	20	20
FRENATURA RILEVATO	1.00	22	39
TOTALE		54	66

VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.4 fessurazione) PARAGHIAIA

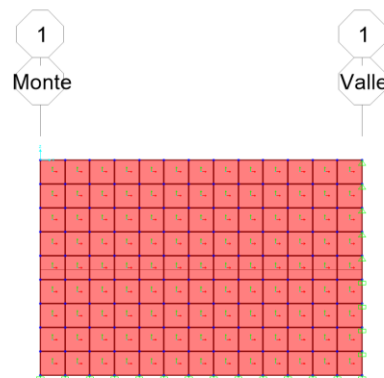
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	12	12
FRENATURA RILEVATO	0.60	13	23
TOTALE		38	43

VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO (SLE q.p.) PARAGHIAIA

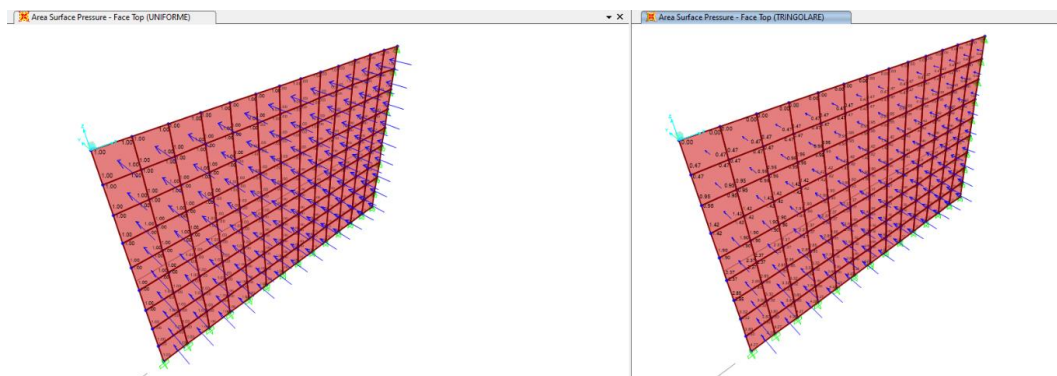
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
TOTALE		12	7

4.3.5 Sollecitazioni muro di risvolto

Per il calcolo delle sollecitazioni sul muro di risvolto, si è modellata la piastra sul programma agli elementi finiti SAP2000. La piastra è vincolata con un incastro perfetto alla fondazione e al muro frontale, mentre con una cerniera nella zona a contatto con il paraghiaia.



Sulla piastra sono applicati i carichi distribuiti indotti dalle spinte del terreno in esercizio e in fase sismica. I load pattern unitari delle distribuzioni principali sono quella uniforme e quella triangolare [applicata con la funzione joint pattern $p(z) = -z$] riportate nella figura sotto:



I valori dei load case sono descritti nella tabella seguente:

TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments			
Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load pattern	DEAD	1.000
So	Load pattern	TRINGOLARE	8.102
Sa	Load pattern	TRINGOLARE	5.149
Sq	Load pattern	UNIFORME	24.431
Sa,e	Load pattern	UNIFORME	5.407
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.850

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovrappinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

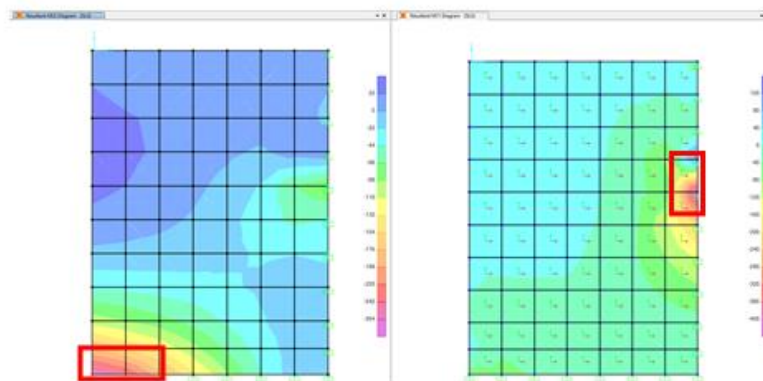
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.45 Sq

SLV : 1 DEAD + 1 Sa + 1 Sa,e + 0.2 Sq

SLE-R : 1 DEAD + 1 So + 1 Sq

Si riporta graficamente la mappa delle sollecitazioni per la combinazione SLU (in rosso le sezioni più sollecitate):



Si riportano di seguito i valori delle sollecitazioni per tutte le combinazioni, M1 in direzione orizzontale M2 in direzione verticale:

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	13.479	-330.537	62.215	128.396	14.0318	233.8117
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-9.984	-127.396	46.085	48.5287	10.394	89.8528
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-9.984	-244.843	46.085	95.1082	10.394	173.1938
VERTICALE	SLU	Combination	3.168	-243.083	138.546	227.4158	2.0524	32.8182
VERTICALE	SLV	Combination	2.347	-96.495	102.626	88.6779	1.5203	12.6222
VERTICALE	SLE-R	Combination	2.347	-180.061	102.626	168.4561	1.5203	24.3098

4.4 Verifiche

Si vuole ricordare che il diametro e passo riportato nelle verifiche di sezione è puramente indicativo di un quantitativo totale di armatura della sezione maggiormente sollecitata che poi, in sede di PE, possa essere effettivamente disposta nella maniera più appropriata (in termine di diametro, passo, n° e ordine degli strati), compatibilmente con le esigenze di ordine costruttivo.

4.4.1 Verifiche palo di fondazione

Il palo viene armato con un area di acciaio pari a $\rho = 2.4\%$ Ac, con 40 ϕ 30 esterni e 20 ϕ 30 interni.

L'armatura a taglio consiste in una spirale Φ 10/15. Si prescrive che tale spirale sia fissata, ad ogni spira, a tutte le armature longitudinali intersecate.

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:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	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	2100000	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:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	19.4	72.4

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	54 di 86

2	37.5	65.0
3	53.0	53.0
4	65.0	37.5
5	72.4	19.4
6	75.0	0.0
7	72.4	-19.4
8	65.0	-37.5
9	53.0	-53.0
10	37.5	-65.0
11	19.4	-72.4
12	0.0	-75.0
13	-19.4	-72.4
14	-37.5	-65.0
15	-53.0	-53.0
16	-65.0	-37.5
17	-72.4	-19.4
18	-75.0	0.0
19	-72.4	19.4
20	-65.0	37.5
21	-53.0	53.0
22	-37.5	65.0
23	-19.4	72.4

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	18.5	57.1	30
2	35.3	48.5	30
3	48.5	35.3	30
4	57.1	18.5	30
5	60.0	0.0	30
6	57.1	-18.5	30
7	48.5	-35.3	30
8	35.3	-48.5	30
9	18.5	-57.1	30
10	0.0	-60.0	30
11	-18.5	-57.1	30
12	-35.3	-48.5	30
13	-48.5	-35.3	30
14	-57.1	-18.5	30
15	-60.0	0.0	30
16	-57.1	18.5	30
17	-48.5	35.3	30
18	-35.3	48.5	30
19	-18.5	57.1	30
20	10.3	65.2	30
21	20.4	62.8	30
22	30.0	58.8	30
23	38.8	53.4	30
24	46.7	46.7	30
25	53.4	38.8	30
26	58.8	30.0	30
27	62.8	20.4	30
28	65.2	10.3	30
29	66.0	0.0	30
30	65.2	-10.3	30

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	55 di 86

31	62.8	-20.4	30
32	58.8	-30.0	30
33	53.4	-38.8	30
34	46.7	-46.7	30
35	38.8	-53.4	30
36	30.0	-58.8	30
37	20.4	-62.8	30
38	10.3	-65.2	30
39	0.0	-66.0	30
40	-10.3	-65.2	30
41	-20.4	-62.8	30
42	-30.0	-58.8	30
43	-38.8	-53.4	30
44	-46.7	-46.7	30
45	-53.4	-38.8	30
46	-58.8	-30.0	30
47	-62.8	-20.4	30
48	-65.2	-10.3	30
49	-66.0	0.0	30
50	-65.2	10.3	30
51	-62.8	20.4	30
52	-58.8	30.0	30
53	-53.4	38.8	30
54	-46.7	46.7	30
55	-38.8	53.4	30
56	-30.0	58.8	30
57	-20.4	62.8	30
58	-10.3	65.2	30
59	0.0	60.0	30
60	0.0	66.0	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 7.5 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	6582.00	4046.00	0.00	963.00	0.00
2	1667.00	4046.00	0.00	963.00	0.00
3	4274.00	3737.00	0.00	889.00	0.00
4	1539.00	3737.00	0.00	889.00	0.00

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	56 di 86

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	4570.00	2486.00	0.00
2	2080.00	2486.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	4462.00	2231.00 (2177.61)	0.00 (0.00)
2	2141.00	2231.00 (1585.90)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3081.00	1865.00 (1935.99)	0.00 (0.00)
2	2247.00	1865.00 (1694.40)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	57 di 86

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	6582.00	4046.00	0.00	6581.98	9717.33	0.00	2.40	197.9(25.8)
2	S	1667.00	4046.00	0.00	1667.05	8839.97	0.00	2.19	240.3(25.8)
3	S	4274.00	3737.00	0.00	4274.22	9399.03	0.00	2.52	226.2(25.8)
4	S	1539.00	3737.00	0.00	1539.14	8808.83	0.00	2.36	240.3(25.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.463	19.4	72.4	0.00315	0.0	66.0	-0.00406	0.0	-66.0
2	0.00350	0.357	19.4	72.4	0.00304	0.0	66.0	-0.00630	0.0	-66.0
3	0.00350	0.413	19.4	72.4	0.00311	0.0	66.0	-0.00497	0.0	-66.0
4	0.00350	0.355	19.4	72.4	0.00304	0.0	66.0	-0.00637	0.0	-66.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000054613	-0.000456291	0.463	1.000
2	0.000000000	0.000070798	-0.001628770	0.357	0.886
3	0.000000000	0.000061163	-0.000930784	0.413	0.957
4	0.000000000	0.000071314	-0.001666210	0.355	0.883

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	7.51	19.4	72.4	-62.7	0.0	-66.0	1307	70.7
2	S	7.10	19.4	72.4	-112.6	0.0	-66.0	2061	99.0

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	58 di 86

e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00035	0	0.500	30.0	74	0.00018 (0.00018)	347	0.062 (0.20)	2058.24	0.00
2	S	-0.00060	0	0.500	30.0	74	0.00034 (0.00032)	359	0.120 (0.20)	1536.54	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	6.81	19.4	72.4	-50.4	0.0	-66.0	1160	70.7
2	S	6.42	19.4	72.4	-94.8	0.0	-66.0	2004	84.8

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	-0.00029	0	0.500	30.0	74	0.00014 (0.00014)	336	0.048 (0.20)	2177.61	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	30.0	74	0.00027 (0.00027)	373	0.101 (0.20)	1585.90	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.58	19.4	72.4	-53.1	0.0	-66.0	1459	70.7
2	S	5.44	19.4	72.4	-69.4	0.0	-66.0	1782	84.8

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	-0.00030	0	0.500	30.0	74	0.00015 (0.00015)	358	0.054 (0.20)	1935.99	0.00
2	S	-0.00038	0	0.500	30.0	74	0.00020 (0.00020)	359	0.071 (0.20)	1694.40	0.00

Viene di seguito riportato il calcolo del taglio resistente per il palo circolare.

In assenza di calcoli più accurati, per sezioni circolari di calcestruzzo di raggio r in cui l'armatura sia distribuita su una circonferenza di raggio r_s , l'altezza utile della sezione ai fini del calcolo della resistenza a taglio può essere calcolata come:

$$d = r + \frac{2r}{\pi} \quad (7.9.11)$$

Il braccio delle forze interne può essere assunto pari a $z=0,9d$.

Nel caso più sfavorevole di 2 strati di armatura longitudinale, si ha:

$$d = 75 + 2 \cdot 68 / \pi = 118 \text{ cm}$$

In favore di sicurezza, anche la larghezza della sezione viene posta pari a d .

Verifica a Taglio - NTC'18 §4.1.2.3.5

Resistenza Caratteristica Calcestruzzo	R_{ck}	30	M Pa
Resistenza Caratteristica Acciaio	f_{yk}	450	M Pa
Taglio di progetto	V_{Ed}	1.00	kN

Caratteristiche Sezione

Base Sezione	b	118	cm
Altezza Sezione	h	150	cm
Copriferro	c	7	cm
Altezza utile	d	118	cm
Diametro Staffe	\emptyset	10	mm
Passo Staffe	s	15	cm
Bracci	n	2	-

Caratteristiche Materiali

Armatura Longitudinale Superiore	$A_{sl,sup}$	212.06	cm ²
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	212.06	cm ²
Coefficiente sicurezza	γ_c	1.5	-
Resistenza caratteristica	f_{ck}	24.90	M Pa
Resistenza di progetto	f_{cd}	14.11	M Pa
Resistenza a compressione ridotta	f'_{cd}	7.06	M Pa
Carico Assiale	N_{Ed}	0	kN
Tensione di Compressione	σ_{cp}	0	M Pa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391.3	M Pa

Elemento non armato

Coefficiente Maggiorativo	α_c	1	-
Area staffe	A_{sw}	1.6	cm ²
Area staffe	A_{st}	10	cm ² /m
Coefficiente di altezza	k	1.41	-
Rapporto armatura tesa	ρ_l	0.012	-
Resistenza a taglio senza Armatura	V_{Rd1}	735.3	kN

Elemento Armato

Angolo inclinazione puntone di calcolo	$\text{ctg}(\theta)$	4.40	-
Angolo inclinazione puntone assunto	$\text{ctg}(\theta)$	2.50	-
Resistenza a taglio dell'acciaio	V_{Rsd}	1090.6	kN
Resistenza a taglio del calcestruzzo	V_{Rcd}	3063.6	kN



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	60 di 86

Resistneza della sezione a taglio V_{Rd} 1090.6 kN

Coefficiente di sicurezza V_{Rd}/V_{Ed} 1090.6 -

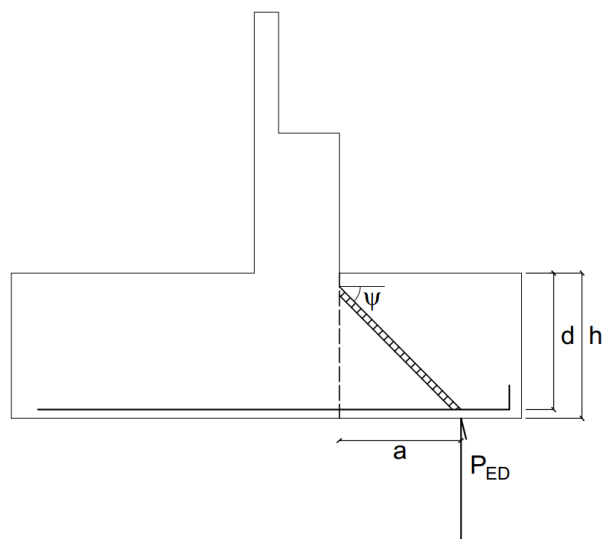
Il taglio massimo sul palo, risulta in condizioni sismiche $V_{sd} = 963$ kN

$V_{sd} = 963$ kN < $V_{rd} = 1090$ kN verifica soddisfatta.

4.4.2 Verifiche plinto di fondazione

4.4.2.1 Sbalzo anteriore

L'elemento, date le dimensioni, è un elemento tozzo, si dimensiona l'elemento secondo il classico modello strut and tie.



Ponte Torrente Fuorni Spalla B

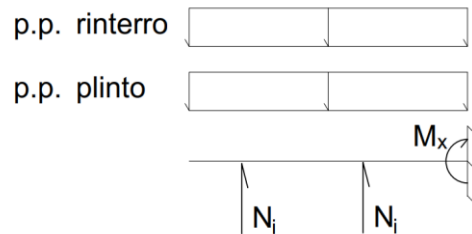
Descrizione (Parametro/Caratteristica)		Formule	Unità	Valore
Meccanismo 1				
1	Diametro armatura resistente	φ	mm	30
2	Area dell'armatura resistente a trazione	A_s	mm ²	707
3	Numero di ferri	n_w	-	10
4	Profondità dell'elemento	b	mm	1000
5	Altezza elemento	h	mm	2000
6	Resistenza caratteristica del calcestruzzo	f_{ck}	Mpa	25
7	Coefficiente di sicurezza sul calcestruzzo	γ_c	-	1.5
8	Coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}		0.85
9	Resistenza caratteristica dell'acciaio	f_{yk}	MPa	450
10	Coefficiente di sicurezza sull'acciaio	γ_a	-	1.15
11	Resistenza di calcolo del calcestruzzo	f_{cd}	MPa	14.17
12	Resistenza di calcolo dell'acciaio	f_{yd}	MPa	391
13	Forza Assiale nel nodo 1	P_{Ed}	kN	6582
14	Forza Orizzontale nel nodo 1	H_{Ed}	kN	0
15	Altezza utile dell'armatura	d	mm	2145
16	Braccio della forza di applicazione	a	mm	250
17	Proiez. Orizz. lunghezza del puntone	l	mm	679
18	Coefficiente di Geometria	λ		0.35
19	Inclinazione del Puntone	ψ	rad	1.23
20	Coefficiente di armatura a taglio	c	-	1
21	Resistenza dell'armatura	$P_{R,s}$	kN	7864
22	Coefficiente di Sicurezza $P_{R,s}$			1.14
23	Verifica 1			OK
24	Resistenza del calcestruzzo	$P_{R,c}$	kN	10817
25	Verifica 2			OK

4.4.2.2 Sbalzo posteriore

Il calcolo dell'armatura viene svolto, in favore di sicurezza, con lo schema di calcolo a trave. Si riporta qui sotto la tabella riassuntiva delle sollecitazioni che minimizzano il coefficiente di sicurezza per ogni verifica eseguita ad ogni stato limite analizzato:

	N	Mx	Vy
	kN	kNm	kN
SLU	0	15	259
SLV	0	1	225
SLE-R	0	189	0
SLE-FR	0	208	0
SLEQP	0	227	0

Questi valori si ottengono dalla differenza dei momenti indotti dal peso proprio del rinterro più il peso proprio della mensola (M1) e le reazioni dei pali che si possono vedere nelle Tabella 17 e Tabella 18 (M2); opportunamente coefficientati per ogni combinazione:



$$M1 = pp \cdot l^2/2 + pr \cdot l^2/2$$

Dove:

$$pp = \text{peso specifico del cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$pr = \text{peso specifico del rinterro} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$l = \text{lunghezza mensola} = 3.3\text{m}$$

$$M2 = \sum N_i B_i$$

I momenti sollecitanti sono molto bassi, quindi si inserisce un minimo di armatura nella sezione con $\phi 24/20$ sopra e due strati $\phi 30/20$.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	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:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
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:		360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.7	30
2	40.0	6.7	30
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24
5	-40.0	12.7	30
6	40.0	12.7	30

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	65 di 86

N°Barre
 \emptyset Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	\emptyset
1	1	2	3	30
2	3	4	3	24
3	5	6	3	30

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	0.00	15.00	0.00	259.00	0.00
2	0.00	1.00	0.00	225.00	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	0.00	189.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	208.00 (2061.07)	0.00 (0.00)

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	66 di 86

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	227.00 (2061.07)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.0 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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 Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	15.00	0.00	0.00	5078.58	0.00	338.57	70.7(28.5)
2	S	0.00	1.00	0.00	0.00	5078.58	0.00	999.00	70.7(28.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.085	-50.0	200.0	0.00213	-40.0	193.6	-0.03774	-40.0	6.7
2	0.00350	0.085	-50.0	200.0	0.00213	-40.0	193.6	-0.03774	-40.0	6.7

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	0.000000000	0.000213326	-0.039165146	0.085	0.700
2	0.000000000	0.000213326	-0.039165146	0.085	0.700



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	67 di 86

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	259.00	640.49	193.0	100.0	0.0037	0.00
2	S	225.00	640.49	193.0	100.0	0.0037	0.00

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	0.38	-50.0	200.0	-15.7	20.0	6.7	2400	70.7

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00008	0	0.500	30.0	52	0.00005 (0.00005)	350	0.016 (0.20)	2061.07	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	0.42	-50.0	200.0	-17.2	20.0	6.7	2400	70.7

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	68 di 86

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	52	0.00005 (0.00005)	350	0.018 (0.20)	2061.07	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.45	-50.0	200.0	-18.8	20.0	6.7	2400	70.7

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	-0.00010	0	0.500	30.0	52	0.00006 (0.00006)	350	0.020 (0.20)	2061.07	0.00

4.4.3 Verifiche muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto. Si verifica la sezione solo per le sollecitazioni più gravose di quelle riportate in Tabella 19 e Tabella 20.

Si prevede di inserire un minimo di armatura verticale dello 0.15% Ac sia a trazione sia a compressione; equivalenti ad uno strato $\phi 26/20$ più un secondo strato $\phi 26/40$. Si riporta però la verifica eseguita con solo il primo strato di armatura, sufficiente a rispettare le verifiche.

La sezione armata con $\phi 26/20$ controterra e $\phi 26/20$ lato esterno.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	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:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	220.0



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	70 di 86

3	50.0	220.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.5	26
2	40.0	6.5	26
3	-40.0	213.5	26
4	40.0	213.5	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	26
2	3	4	3	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe e legature: 30.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale
 N° Legature: 1
 Diam. Legature: 12

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	6	9

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
6	0.0	6.5
9	0.0	213.5

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	1056.00	676.00	0.00	334.00	0.00
2	529.00	506.00	0.00	209.00	0.00
3	175.00	206.00	0.00	-153.00	0.00



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	71 di 86

4 135.00 157.00 0.00 -108.00 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	744.00	461.00	0.00
2	135.00	156.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	744.00	355.00 (14272.76)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	406.00	187.00 (16915.05)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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)

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	72 di 86

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1056.00	676.00	0.00	1055.92	3277.31	0.00	4.85	26.5(38.4)
2	S	529.00	506.00	0.00	529.03	2734.20	0.00	5.40	26.5(38.4)
3	S	175.00	206.00	0.00	174.94	2366.98	0.00	11.49	26.5(38.4)
4	S	135.00	157.00	0.00	134.96	2325.39	0.00	14.81	26.5(38.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00335	0.047	-50.0	220.0	0.00119	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5
2	0.00284	0.040	-50.0	220.0	0.00070	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5
3	0.00250	0.036	-50.0	220.0	0.00037	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5
4	0.00247	0.035	-50.0	220.0	0.00034	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5

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	0.000331827	-0.069656876	0.047	0.700
2	0.000000000	0.000329465	-0.069641522	0.040	0.700
3	0.000000000	0.000327887	-0.069631264	0.036	0.700
4	0.000000000	0.000327707	-0.069630093	0.035	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Diam. Legature: 12 mm
 Passo staffe e legature: 30.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 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 parallele. 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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	73 di 86

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	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	334.00	6133.60	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.026	1.8	11.3(3.8)
2	S	209.00	6054.65	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.013	1.1	11.3(3.8)
3	S	153.00	6001.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.004	0.8	11.3(3.8)
4	S	108.00	5995.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.003	0.6	11.3(3.8)

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	0.91	-50.0	220.0	-4.7	20.0	6.5	1632	26.5
2	S	0.35	-50.0	220.0	-8.5	20.0	6.5	1603	26.5

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

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

Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 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	-0.00003	0	0.500	26.0	52	0.00001 (0.00001)	449	0.006 (0.20)	7139.79	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	52	0.00003 (0.00003)	444	0.011 (0.20)	4019.58	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	0.74	-50.0	220.0	-1.0	20.0	6.5	850	26.5



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	74 di 86

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	-0.00001	0	0.500	26.0	52	0.00000 (0.00000)	318	0.001 (0.20)	14272.76	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.39	-50.0	220.0	-0.4	20.0	6.5	700	26.5

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	0.500	26.0	52	0.00000 (0.00000)	293	0.000 (0.20)	16915.05	0.00

4.4.4 Verifiche paraghiaia

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il paraghiaia, armato con $\phi 20/20$ controterra e $\phi 14/20$ lato esterno.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
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		2100000	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:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.0	20
2	40.0	6.0	20
3	-40.0	33.8	14
4	40.0	33.8	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	76 di 86

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	14

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	0.00	89.00	0.00	73.00	0.00
2	0.00	15.00	0.00	20.00	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	0.00	66.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	43.00 (92.54)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	77 di 86

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
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	0.00	7.00 (92.54)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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 Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	89.00	0.00	0.00	187.19	0.00	2.10	15.7(5.8)
2	S	0.00	15.00	0.00	0.00	187.19	0.00	12.48	15.7(5.8)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00074	0.285	-50.0	40.0	0.00027	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0
2	0.00074	0.285	-50.0	40.0	0.00027	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	78 di 86

1	0.000000000	0.000076649	-0.002323225	0.285	0.796
2	0.000000000	0.000076649	-0.002323225	0.285	0.796

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	73.00	174.56	33.0	100.0	0.0048	0.00
2	S	20.00	174.56	33.0	100.0	0.0048	0.00

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.93	-50.0	40.0	-138.3	20.0	6.0	1000	15.7

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 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	-0.00082	0	0.500	20.0	50	0.00040 (0.00040)	386	0.153 (0.20)	92.54	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.56	-50.0	40.0	-90.1	20.0	6.0	1000	15.7



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	79 di 86

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	-0.00054	0	0.500	20.0	50	0.00026 (0.00026)	386	0.099 (0.20)	92.54	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.42	-50.0	40.0	-14.7	20.0	6.0	1000	15.7

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	-0.00009	0	0.500	20.0	50	0.00004 (0.00004)	386	0.016 (0.20)	92.54	0.00

4.4.5 Verifiche muro di risvolto

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il muro di risvolto, armato con una maglia $2 \times \phi 18/20$ controterra e $\phi 18/20$ lato esterno.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
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:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.1	18
2	40.0	6.1	18
3	-40.0	73.9	18
4	40.0	73.9	18
5	-40.0	9.7	18
6	40.0	9.7	18

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	81 di 86

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	18
2	3	4	3	18
3	5	6	3	18

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 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	0.00	234.00	0.00	-331.00	0.00
2	0.00	90.00	0.00	-127.00	0.00
3	139.00	227.00	0.00	-243.00	0.00
4	103.00	89.00	0.00	-96.00	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	0.00	173.00	0.00
2	103.00	168.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 1.8 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	82 di 86

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 Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	234.00	0.00	0.00	689.53	0.00	2.95	25.4(12.7)
2	S	0.00	90.00	0.00	0.00	689.53	0.00	7.66	25.4(12.7)
3	S	139.00	227.00	0.00	138.94	737.00	0.00	3.23	25.4(14.0)
4	S	103.00	89.00	0.00	102.77	724.68	0.00	8.07	25.4(14.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
2	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
3	0.00350	0.094	-50.0	80.0	0.00044	-40.0	73.9	-0.03362	-40.0	6.1
4	0.00350	0.092	-50.0	80.0	0.00038	-40.0	73.9	-0.03434	-40.0	6.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
2	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
3	0.000000000	0.000502254	-0.036680311	0.094	0.700
4	0.000000000	0.000512105	-0.037468365	0.092	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	30.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 002	A	83 di 86

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	331.00	2053.69	430.75	73.0	100.0	2.500	1.000	5.2	6.7(0.0)
2	S	127.00	2053.69	430.75	73.0	100.0	2.500	1.000	2.0	6.7(0.0)
3	S	243.00	2073.37	430.75	73.0	100.0	2.500	1.010	3.8	6.7(0.0)
4	S	96.00	2068.28	430.75	73.0	100.0	2.500	1.007	1.5	6.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.44	-50.0	80.0	-106.7	20.0	6.1	1968	25.4
2	S	2.46	-50.0	80.0	-84.4	20.0	6.1	1890	25.4

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
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	-0.00059	0	0.500	18.0	52	0.00032 (0.00032)	413	0.132 (0.20)	374.50	0.00
2	S	-0.00047	0	0.500	18.0	52	0.00025 (0.00025)	404	0.102 (0.20)	409.09	0.00

5 INCIDENZE

Sulla base del dimensionamento delle sezioni maggiormente sollecitate di cui ai capitoli precedenti, si riporta il prospetto sintetico relativo al quantitativo di armatura adottata per i singoli elementi strutturali.

Elemento Strutturale	Dimensione sezione [m]		Incidenza di progetto [kg/mc]
	H	B / ϕ	
- Pali	0.00	1.50	200
Fondazione Spalle	2.00	1.00	60
Elevazione Spalle	var	1.00	50

6 APPENDICE

6.1 Validazione del modello

Si riportano i controlli effettuati confrontando modelli semplificati analitici di calcolo e risultati ottenuti dal foglio di calcolo utilizzato per le analisi, in accordo a quanto prescritto al paragrafo 10.2 del “DM 14/01/2018”, di seguito riportato:

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità.

[...]

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

Carichi elementari:

Si considerano tre condizioni di carico elementare, due permanenti e uno accidentale.

Dove:

$H = 6.55\text{m}$ altezza totale della spalla

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso specifico del terreno

$k_0 = 0.426$ coefficiente di spinta a riposo

$t = 9.15\text{m}$ larghezza muro frontale

$b = 3.0\text{m}$ impronta di carico del binario

G1:

La presenza del terreno a tergo del muro genera un taglio alla base del plinto pari a:

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 1590\text{kN}$$

G2:

La presenza del sovraccarico permanente $Q_b = 14.4 \text{ kN/m}^2$ genera un taglio alla base del plinto pari a:

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 121 \text{ kN}$$

TRENO DI CARICO:

La presenza del sovraccarico accidentale $Q = 57.29 \text{ kN/m}^2$ + l'azione di frenatura Fr genera un taglio alla base del plinto pari a:

$$S_q = [q H k_0] b + Fr = 480 \text{ kN} + 397 \text{ kN} = 877 \text{ kN}$$

Il taglio complessivo calcolato manualmente dall'analisi dei carichi, risulterà pertanto:

$$G1 \gamma_{G1} + G2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 1590 \cdot 1.35 + 121 \cdot 1.5 + 877 \cdot 1.45 = 3560 \text{ kN}$$

Output taglio alla base del plinto da foglio di calcolo

Il foglio di calcolo restitisce un taglio alla base in condizioni di esercizio pari a:

$$F_l = 3835 \text{ kN}$$